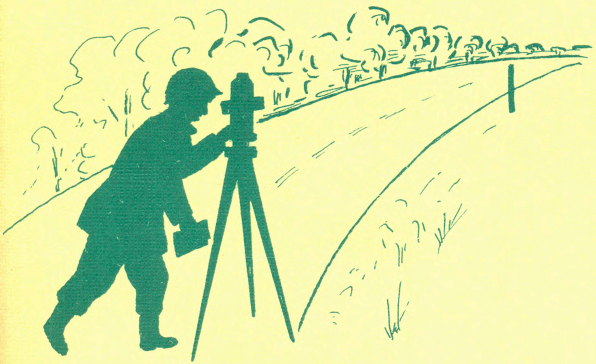
РОССИЙСКОЕ АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО
КОНЦЕРН "РОСАВТОДОР"

МЕТОДИЧЕСКОЕ ПОСОБИЕ МАСТЕРУ ПО ГЕОДЕЗИЧЕСКИМ РАБОТАМ ПРИ РЕКОНСТРУКЦИИ, РЕМОНТЕ, СОДЕРЖАНИИ И ВОССТАНОВЛЕНИИ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ И ИСКУССТВЕННЫХ СООРУЖЕНИЙ НА НИХ



МОСКВА 1995

gost.e-ecolog.ru

Настоящее пособие ставит своей целью осветить в необходимом объеме основные практические сведения по инженерной геодезии при содержании, ремонте и восстановлении автомобильных дорог и помочь, в случае надобности, организовать обучение персонала строительных бригад основным приемам инженерно-геодезических работ.

Пособие не заменяет нормативную документацию, действующую в Российской Федерации, а предназначено лишь для оказания практической помощи дорожным мастерам и другим техническим работникам при выполнении инженерно-геодезических работ.

В нем не приводятся теоретические аспекты и положения общей геодезии, а даны только основные понятия и практические приемы работ, необходимые мастерам-дорожникам и другим линейным работникам.

Геодезические работы при содержании, ремонте и восстановлении автомобильных дорог и искусственных сооружений на них позволяют получить полную информацию о ровности и деформациях дорог, объемах работ, вынести в натуру или проконтролировать проектно-строительные решения.

При составлении пособия были использованы положения нормативно-инструкционных и учебных материалов, обобщенные в наиболее простой форме с учетом ранее накопленного опыта производства геодезических работ на автомобильных дорогах и искусственных сооружениях.

Список литературы, использованной для составления пособия и рекомендуемой для более глубокого и квалифицированного изучения затронутой темы и приемов работ, приведен в конце пособия.

Д-р техн. наук, профессор, академик
Академии транспорта России
Б.Ф.Перевозников, инж. М.Л.Мурафер

1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Инженерно-геодезические работы являются неотъемлемой составной частью всего производственно-технологического комплекса содержания, ремонта, восстановления и строительства автомобильных дорог и сооружений на них.

В зависимости от степени сложности и объема геодезических работ линейный персонал подрядных (строительных, ремонтных, эксплуатационных) организаций должен предусматривать выполнение следующих организационных мероприятий: обеспечение геодезической службы приборами, инструментами, оборудованием, инвентарем и транспортными средствами, а также помещениями, специально оборудованными для проведения камеральных работ и безопасного хранения приборов, инструментов и документов; обеспечение в пределах района обслуживания (стройплощадки) сохранности знаков планово-высотной геодезической основы; передача заказчику по акту комплекта исполнительной геодезической документации, установленной нормативами; обеспечение подготовки и повышение квалификации кадров рабочих и ИТР.

В зависимости от конструктивных и природных особенностей объекта необходимо соблюдать требования к производству геодезических работ, приведенных в СНиП 3.01.03-84 [1] и в других строительных нормах и правилах, государственных стандартах системы обеспечения точности геометрических параметров в строительстве, а также в других ведомственных нормативных документах. Необходимо также соблюдать дополнительные требования, предусмотренные проектной документацией.

Разбивочные работы должны выполняться в соответствии с "Инструкцией по разбивочным работам при строительстве, реконструкции и капитальном ремонте автомобильных дорог и искусственных сооружений", разработанной кафедрой геодезии МАДИ.

Все инженерно-геодезические работы выполняются линейным инженерно-техническим персоналом строительных, ремонтно-строительных и эксплуатационных организаций.

При больших объемах и сложности работ по реконструкции, капитальному ремонту и восстановлению дорог, мостов и тоннелей в строительных и ремонтно-строительных организациях может

© Информационный центр по автомобильным дорогам "Информавтодор", 1995

быть создана геодезическая служба или привлечены специализированные организации. Производители работ и мастера не должны приступать к строительно-монтажным работам до окончания основных разбивочных работ и оформления их актом, утвержденным главным инженером строительной организации.

В основу организации разбивочных работ должен быть положен принцип "от общего к частному".

Технология разбивочных работ должна обеспечивать заданную точность, надежность, простоту исполнения и максимальную производительность труда.

Перед началом разбивочных работ мастер должен детально ознакомиться с проектными материалами, содержащими исходные данные для разбивки, а также с проектом производства (организации) строительства и на их основе составить разбивочные схемы.

Разбивочные работы состоят из восстановления трассы, развития опорной сети, перенесения проектов сооружений на местность, детальной разбивки сооружений, геодезического управления работой строительных механизмов, геодезического контроля за производством строительных работ и исполнительных съемок законченных сооружений или их элементов.

Разбивочные работы при реконструкции и восстановлении дорог и искусственных сооружений проводят в такой последовательности:

- подготовительные работы;
- восстановление трассы и осей сооружений;
- создание опорных сетей строительства и перенесение на местность основных осей запроектированных инженерных сооружений;
- детальные разбивочные работы;
- геодезическое управление работой строительных машин;
- геодезический контроль за работами;
- исполнительные съемки и приемка инженерчых сооружений в эксплуатацию;
- передача копий исполнительной документации территориальным геодезическим службам.

Детальной разбивке подлежат все основные элементы земляного полотна, искусственных сооружений и их подмостей,

временных эстакад и аванбеков, регуляционных и берегоукрепительных сооружений, водоотводных сооружений, оснований и покрытий дорожной одежды, виражей и их отгонов, уширений на кривых и на подходах к мостам, съездов и пересечений, автобусных остановок; площадок отдыха, под автопавильоны, здания эксплуатационной и автотранспортной служб, АБЗ и ЦБЗ, специальных инженерных сооружений, трасс подключаемых линий электро-, водо- и теплоснабжения, канализации, газификации, телефона, водосточной сети и других сооружений.

Подготовительные работы включают в себя: выбор способа производства работ, изучение проекта, выбор методики, измерений, составление схем, чертежей, журналов разбивки, календарного плана геодезических работ на объекте, и конечно, визуального обследования местности.

Исполнительные съемки и нивелировки производят с составлением продольных и поперечных профилей, планов и схем размещения элементов сооружений, с выполнением контрольных промеров уклонов, рабочих отметок, параметров сооружений и элементов дорожного полотна.

2. ОБЩИЕ ПОНЯТИЯ И ПРИЕМЫ РАБОТЫ

Основные геодезические инструменты и приспособления

Геодезический инструмент, имеющийся в распоряжении мастера,должен быть исправен, выверен и отъюстирован. Работа неисправным инструментом не допускается, так как он не может обеспечить требуемой точности.

При приемке инструмента должна быть установлена комплектность и годность к работе всех инструментов и инвентаря.

При приемке к работе теодолита детальным осмотром устанавливается наличие всех его частей, их исправность и пригодность для измерений.

Поле зрения зрительной трубы должно быть чистым. Вращение кольца фокусирующей линзы должно происходить плавно, без усилий, фокусирующая линза не должна иметь колебаний и при движении не должна давать смещения креста с точки, на которую он наведен.

Диафрагма с сеткой нитей должна быть прочно закреплена специальными винтами внутри трубы. Уровни должны быть прочно соединены с инструментом.

При работе подъемными винтами пузырьки уровней должны перемещаться плавно. Винты (подъемные, зажимные, наводящие, становой) должны плавно вращаться в гнездах и не быть погнутыми. Необходимо, чтобы зажимные винты надежно закрепляли соответствующие части инструмента, а наводящие винты не имели мертвого хода и скачков. Лимб, алидада, зрительная труба должны иметь мягкое и плавное вращение.

Технический теодолит ТЗО (рис.2.1.) является повторительным теодолитом, у которого горизонтальный круг может свободно вращаться относительно подставки прибора. Он имеет зрительную трубу с внутренней фокусировкой, которая переводится через зенит.

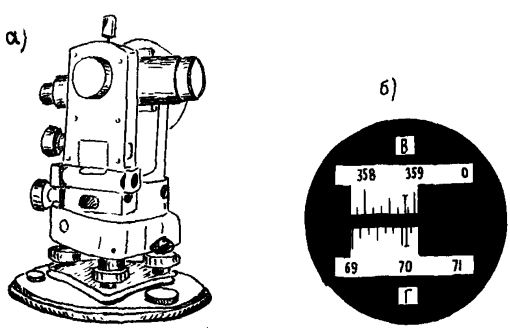


Рис. 2.1. Теодолит технический ТЗО:
а - общий вид; б - поле зрения микроскопа

На зрительной трубе теодолита установлены оптические визиры для наведения трубы на предмет. При необходимости один из визиров может быть заменен цилиндрическим уровнем для нивелирования горизонтальным лучом.

Теодолит [2] снабжен окулярной насадкой для удобства

визирования трубы при больших углах наклона. Насадка имеет светофильтр для наблюдения Солнца. Окуляр отсчетного микроскопа расположен рядом с окуляром зрительной трубы.

В нижней части поля зрения микроскопа (рис. 2,1,б) получается изображение делений горизонтального круга, а в верхней - вертикального. Цена делений обоих кругов равна 10', точность отсчетов минут по штриху микроскопа на глаз 1'. На рис. 2.1,б отсчет в микроскоп по горизонтальному кругу (лимбу) равен $70^{\circ}5'$, а по вертикальному кругу - $358^{\circ}48'$.

Части штативов не должны иметь трещин и погнутостей, наконечники ног, служащие для втыкания в землю при установке инструмента,необходимо хорошо закреплять на концах ног. Крепление ног к головке штатива посредством зажимных винтов должно быть надежным.

Теодолит должен быть укомплектован буссолью, крышкой к объективу, солнечной блендой, шпильками, отвертками, гаечным ключом, флаконом с маслом, кисточкой, брезентовым чехлом, отвесом на шнуре. Штатив должен иметь становой винт.

Кроме того.для работы с теодолитом надо иметь топор, кольшки или штыри, заменки, журналы угломерные и тахеометрической съемки, таблицы для разбивки круговых и переходных кривых, тахеометрические, прямоугольных координат, электронный калькулятор с тригонометрическими функциями, транспортир обычный или специальный тахеометрический, готовальню и другие чертежные и канцелярские принадлежности.

Нивелиры (рис. 2.2) должны удовлетворять следующим требованиям: становой и подъемный винты, а также зажимной и микрометренный или элевационный (в зависимости от типа нивелира) винты должны плавно вращаться в гнездах и не быть погнутыми.

Труба нивелира должна свободно и плавно вращаться вокруг вертикальной оси, уровень должен быть прочно соединен с инструментом, а его винты быть исправными. Зрительное поле трубы должно быть чистым с резко видимой сеткой нитей, изображения должны быть четкими, ясными, правильными и не иметь радужного ореола. Диафрагма с сеткой нитей должна быть прочно закреплена исправительными винтами.

При наведении на резкость изображение рейки не должно перемещаться в вертикальной плоскости, окулярная трубочка должна плавно вращаться в окулярном колене.

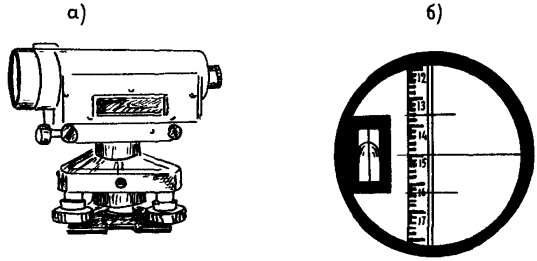


Рис. 2.2. Нивелир НЗ: а - общий вид; б - поле зрения трубы

Наблюдателю в поле зрения трубы одновременно видны рейка и концы половинок пузырька уровня. В коробке уровня со стороны окуляра имеются четыре исправительных винта, закрытые подвижной пластинкой. Зрительная труба имеет внутреннюю фокусировку, которая производится кремальерным винтом.

Для точной установки визирной оси в горизонтальное положение нивелир снабжен элевационным винтом. Установка визирной оси в горизонтальное положение элевационным винтом производится перед каждым отсчетом по рейке.

Нивелир должен иметь в ящике: крышку к объективу, солнечную бленду, шпильки, отвертки, конусный ключ, кисточку, салфетку, флакон с маслом и светофильтр на объектив. Для нивелировочных работ надо иметь журналы технического и поперечного нивелирования, ватерпасовки; бланки ведомостей реперов, высотной увязки реперов, невязок между связующими точками нивелировочного хода.

В распоряжении мастера должен постоянно находиться следующий геодезический инструмент: теодолит, нивелир, штативы к теодолиту и нивелиру, нивелировочная рейка (лучше две), три вешки, два металлических нивелировочных башмака, рулетка, экер, плотничий уровень.

Поверки теодолита

Для обеспечения точности работ теодолит должен удовлетворять ряду требований, которые могут быть вызваны изменением в процессе работы, при транспортировке, толчках и при разных случайностях (удары, падение). В связи с этим требуется перед началом работы выполнять поверки теодолита.

Каждая поверка состоит из двух частей: выявление нарушений, их исправление.

Разработаны следующие правила и приемы поверок теодолита:

1. Ось цилиндрического уровня, скрепленного с корпусом теодолита, должна быть перпендикулярна к вертикальной оси прибора. Поворотом верхней части теодолита устанавливают ось уровня в направлении двух любых подъемных винтов подставки (тригера) и, вращая их в противоположные стороны, приводят пузырек уровня на середину (в нуль-пункт). Затем поворачивают верхнюю часть прибора на 90°, ориентируя ось уровня по направлению третьего подъемного винта, и вращением его вновь приводят пузырек цилиндрического уровня в нуль-пункт. После этого поворачивают верхнюю часть теодолита на 180°.

Условие поверки выполнено, если пузырек уровня смещается от нуль-пункта не более чем на 0,2-0,3 деления ампулы. Если нет, то половину смещения пузырька устраняют вращением подъемного винта, а юстировочными винтами уровня приводят пузырек в нуль-пункт. Затем поверку повторяют.

2. Визирная ось зрительной трубы должна быть перпендикулярна к оси вращения трубы. Методика поверки зависит от особенностей отсчетной системы прибора. Теодолиты с односторонним отсчетным устройством (ТЗО, Т15/Т5К, 2Т5 и др.) устанавливают по цилиндрическому уровню. Зрительную трубу переводят в положение КП (вертикальный круг справа от окуляра) и визируют на удаленную, четко видимую точку, расположенную приблизительно в горизонтальном направлении.

Наведя вертикальную нить на точку, берут отсчет $П_1$ по горизонтальному кругу. Отпустив закрепительный винт, переводят трубу через зенит. Освободив алидаду, наводят трубу на ту же точку

и при втором положении вертикального круга КЛ (круг слева) берут отсчет $Л_1$ по горизонтальному кругу. Отпустив закрепительный винт подставки теодолита, поворачивают его верхнюю часть вместе с лимбом на 180°. После этого повторяют указанные наведения и берут новые отсчеты $П_2$ и $Л_2$. Вычисляют угловую величину с неперпендикулярности осей. Угол с называют коллимационной погрешностью

$$c = \frac{(П1 - Л1 \pm 180^{\circ}) + (П2 - Л2 \pm 180^{\circ})}{4}. \qquad (1)$$

Допустимое значение "с" равно $2'$ для теодолита ТЗО, $1'$ - для теодолита ТТ5, $30''$ - для теодолита Т5.

Для устранения недопустимой коллимационной погрешности в теодолитах Т30, Т15, Т5 вращением винта горизонтальной наводки устанавливают на лимбе горизонтального круга отсчет, вычисленный по формуле П=П2-с, затем снимают крышку с окулярной части зрительной трубы, ослабляют один из вертикальных юстировочных винтов сетки нитей и вращением боковых (горизонтальных) смещают диафрагму с сеткой нитей в горизонтальном направлении, добиваясь совмещения вертикальной нити с изображением наблюдаемой точки. Вращать юстировочные винты следует осторожно, не ослабляя их от затяжки после исправления во избежание разъюстировки теодолита и не перетягивая во избежание срыва резьбы винтов. После исправления поверку повторяют.

В теодолитах 2Т, 2Т5, 2Т5К сетка закреплена неподвижно, и для устранения коллимационной погрешности поворачивают всю зрительную трубу или оптический клин перед объективом при помощи специального ключа, входящего в комплект прибора. Методика поверки и исправления приводится в описании к прибору.

3. Место нуля вертикального круга должно быть постоянным и равным или близким к нулю. В теодолите Т2 поверяется место зенита. Его величина должна быть равна 90°.

В теодолите Т30 сначала приводят в нуль-пункт пузырек цилиндрического уровня. Затем визируют зрительной трубой на

удаленную, четко видимую точку местности, совмещают с ее изображением среднюю горизонтальную нить сетки. Берут отсчет по вертикальному кругу. После этого переводят зрительную трубу через зенит, проверяют положение пузырька цилиндрического уровня, визируют на ту же точку и берут второй отсчет по вертикальному кругу. Место нуля вычисляют по формуле:

$$МО = \frac{П + Л \pm 180^{o}}{2}, \qquad (2)$$

где П и Л - отсчеты по вертикальному кругу в положении теодолита при КП и КЛ соответственно.

В теодолитах Т15, Т5, Т2 после визирования на цель приводят в нуль-пункт пузырек цилиндрического уровня при вертикальном круге, затем берут отсчет по вертикальному кругу при КП и КЛ.

4. Ось вращения зрительной трубы должна быть перпендикулярна к вертикальной оси вращения теодолита. Для поверки теодолит устанавливают на 10-15 метров от стены здания, приводят его в рабочее положение и по уровню визируют зрительной трубой на верхнюю часть стены под углом 40-50°, наводят вертикальную нить на хорошо видимую точку. Затем трубу переводят в горизонтальное положение, и по сигналам наблюдателя помощник отмечает на стене точку, совпадающую с вертикальной нитью сетки. После этого переводят трубу через зенит и при втором положении вертикального круга визируют на верхнюю точку. Снова переводят зрительную трубу в горизонтальное положение, и если изображение отмеченной точки не совпадает с вертикальной нитью менее чем на ширину биссектора, то юстировка оси не требуется. При необходимости теодолит исправляют в мастерской.

5. Ось оптического визира должна быть параллельна визирной оси зрительной трубы. Для поверки зрительной трубой визируют на хорошо видимый предмет местности, отстоящий от теодолита не менее чем на 150 м. Затем наблюдают тот же предмет через перекрестие визира. При необходимости положение визира регулируют закрепительными винтами.

Способы и точность измерения горизонтальных углов

Измерять углы можно только выверенным теодолитом. Теодолит должен быть отцентрирован над точкой и приведен в горизонтальное положение (установлен по уровню).

Центрирование осуществляется при помощи отвеса, подвешенного на крюк станового винта. Острие отвеса должно располагаться над точкой (вершиной угла).обозначаемой или пятном краски, углублением от шпильки, вешки или шляпкой гвоздя. Совмещение можно достигнуть, нажимая ногой на шпоры ножек штатива и, затем, более точного, перемещая теодолит на головке штатива. Чем меньше расстояние от одной точки (вершины угла) до другой, тем тщательнее должно быть центрирование. Некоторые теодолиты имеют оптические "отвесы". Их центрирование более совершенно.

Для измерения угла на концах линий, образующих угол, устанавливают вешки.Если стороны угла короче 50 метров, то концы их обозначают шпильками от ленты. Крест сетки нитей наводят на изображение вешки, шпильки у их основания.

Чаще всего горизонтальные углы измеряют способом приемов применительно к схеме, приведенной на рис. 2.3.

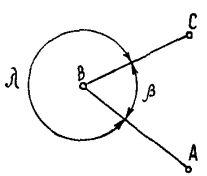


Рис. 2.3. Схема измерения горизонтальных углов: A,B,C-вешки; λ и β внешний и внутренний углы

Чтобы получить величину измеряемого горизонтального угла β =ABC (рис. 2.3.) закрепляют лимб теодолита, освобождают алидаду, наводят зрительную трубу сначала на правую точку A и берут отсчет, затем - на левую точку c, делая соответствующий отсчет. Угол β вычисляют как разность двух отсчетов - правый минус левый, т.к. подписи делений на лимбе возрастают по ходу часовой стрелки. Если, например отсчет при визировании на точку A оказался равным $126^{o}\ 47'30''$, а при визировании на точку C - $38^{o}\ 51'00''$, то $\beta = 126^{o}\ 47'30'' - 38^{o}\ 51'00'' = 87^{o}56'30''$.

Вычисленное таким образом значение является результа-

том,измеренным одним полуприемом. Для измерения угла вторым полуприемом лимб поворачивают на произвольный угол (90°), затем его закрепляют, трубу переводят через зенит и повторяют наблюдение в той же последовательности. Пусть были получены результаты: отсчет на точку А равен $31^{o}14'00''$, а на точку С - $303^{o}18'00''$. В этом случае к отсчету на точку А надо прибавить 360°, тогда $\beta = 391^{o}14'00'' - 303^{o}18'00'' = 87^{o}56'00''$.

Расхождение результатов первого и второго полуприемов не должно быть больше двойной точности отсчитывания по лимбу. Из двух полученных в полуприемах значений углов вычисляют среднее арифметическое,которое и принимается за окончательное значение угла, измеренного двумя полуприемами или одним приемом: $\beta = 87^{o}56'' + (30'' + 00'') : 2 = 87^{o}56'15''$.

Результат измерения угла полным приемом свободен от коллимационной ошибки. Точка В является вершиной углов β и λ, дополняющих друг друга до 360°.

При необходимости более высокой точности измерений можно или увеличить число приемов,или применить способ повторений.

При способе повторений угол измеряют несколько раз как в первом, так и во втором полуприеме. При этом, чтобы уменьшить погрешность собственно отсчитывания по кругу, поступают следующим образом.

Наблюдение на первую точку и отсчет осуществляют также, как и в способе приемов. Так же выполняют и наведение трубы на вторую точку, однако без отсчитывания по лимбу (иногда его делают только в контрольных целях), после чего открепляют лимб и вращением его наводят трубу снова на первую точку. Закрепив лимб,вращением алидады наводят трубу на вторую точку.Таким образом, измеряемый угол будет отложен на лимбе дважды. Затем, вращая лимб назад - на первую точку, а алидаду на вторую точку, откладывают таким же путем угол на лимбе в третий раз. Это повторяют столько раз, сколько необходимо согласно заданной точности измерений. Второй отсчет по лимбу берут лишь после последнего наведения трубы на вторую точку (после последнего повторения

измерения угла). Чтобы получить значение угла, разность отсчетов делят на число повторений.

Измерение угла по способу повторений выполняют не меньше чем двумя полуприемами. Чтобы уменьшить систематическую погрешность увлекания лимба при вращении алидады, измеряют вторым полуприемом угол $л$.

Точность измерения горизонтального угла зависит, главным образом.от погрешностей самого прибора (за счет эксцентриситета алидады, коллимационной ошибки и др.), от точности установки прибора и вех, от точности визирования и отсчитывания.

Измерение вертикальных углов

Вертикальный круг многих существующих теодолитов состоит из лимба, алидады и цилиндрического уровня при алидаде. У некоторых новых оптических теодолитов такого уровня нет. Деления вертикального круга современных теодолитов нанесены по всей окружности и оцифрованы также, как и на лимбе горизонтального круга. Рекомендуется отсчитывать градусы по верньеру, ближайшему к окуляру зрительной трубы. В этом случае углы наклона вычисляют по формулам:

$$V = (П - Л) : 2 ; \quad (3)$$

$$V = П - МО ; \quad (4)$$

$$V = МО - Л , \quad (5)$$

где П и Л - отсчеты соответственно при КП и КЛ;

МО - место нуля вертикального круга, под которым понимается отсчет при горизонтальном положении визирной оси и оси цилиндрического уровня на алидаде вертикального круга (пузырек уровня в нуль-пункте).

Необходимо помнить, что отсчеты по вертикальному кругу берут только после приведения в нуль-пункт пузырька уровня на алидаде вертикального круга с помощью наводящего устройства.

У теодолита Т15 место нуля вертикального круга устанавливается на нуль автоматически с помощью специального оптико-механического приспособления, называемого компенсатором. Уровня при алидаде вертикального круга у таких теодолитов нет.

Визируя на одну и ту же точку при КП и КЛ и делая отсчеты П и Л, значение МО определяют по формуле

$$МО = (П+Л) : 2 . \qquad (6)$$

При вычислениях угла по формуле (3) и МО по формуле (6) необходимо к меньшему отсчету прибавить 360°. Это следует делать и в некоторых случаях при вычислениях по формулам (4) и (5), руководствуясь тем, что угол наклона не может быть больше 90°.

Если угол наклона измеряется для вычисления превышений, то перед полученным значением следует поставить знак (+) или (-). Угол наклона,измеренный для вычисления поправки за наклон линии к горизонту, сопровождать знаком не обязательно, т.к. поправка вводится всегда со знаком (-). В процессе измерения вертикальных углов необходимо следить за постоянством МО.

Вешение линий на местности

Линии местности,подлежащие измерению,обозначаются в двух крайних точках (рис. 2.4) теми или иными знаками в зависимости от необходимости срока их сохранности (колышками, обрезками труб, арматуры, деревянными или железобетонными столбами и т.д.).

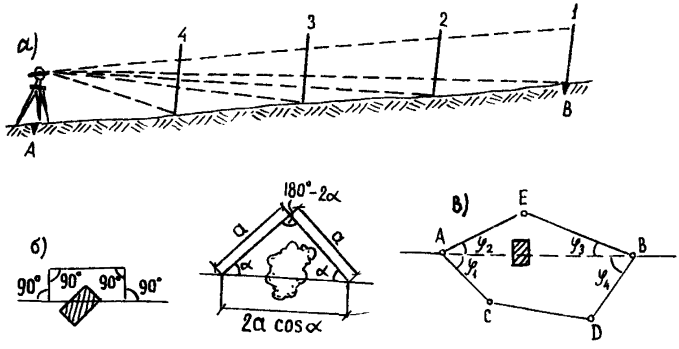


Рис. 2.4. Схемы вешения линий:
а-по прямому направлению; б,в-при обходе препятствия

Перед измерением (3) линию обозначают примерно через каждые 100 м вехами, устанавливаемыми между точками А и В в створе,т.е. в отвесной плоскости, в которой располагается данная линия АВ.Если на таком расстоянии смежные вехи взаимно не видимы, то его сокращают до таких размеров, чтобы с каждой вехи были видны смежные вехи.

Провешивают линии либо на глаз, с помощью бинокля, если наблюдателю из точки А видна веха в точке В, которая устанавливается первой, либо при помощи зрительной трубы геодезического прибора. Вешение на глаз менее точно, но для измерения линий штриховой лентой со шпильками эта точность вполне достаточна.

Второй устанавливают веху, ближайшую к точке В, а затем ставят вехи, постепенно приближаясь к точке А, над которой либо стоит наблюдатель с вехой, либо установлен теодолит, если вешение производится с его помощью. При установке веху ставят так, чтобы ее основание было в створе линии, а затем выправляют ее до вертикального положения, совпадающего со створом линии.

При отсутствии видимости между точками А и В вешение осложняется.

В зависимости от требуемой точности и препятствия могут применять различные способы обносок (рис.4,б) или прокладывают теодолитный ход (рис.4,в) через точки А,С,О,В,Е и вычисляют условные координаты этих точек. Затем по координатам точек А и В вычисляют дирекционные углы (АВ) и (ВА) линий АВ и ВА и других линий, после чего вычисляют горизонтальные углы $\varphi_1 \dots \varphi_n$ по формулам

$$\varphi_1 = (АС) - (ЛВ), \quad (7)$$

$$\varphi_2 = (АВ) - (АЕ), \quad (8)$$

$$\varphi_3 = (ВЕ) - (ВА), \quad (9)$$

$$\varphi_4 = (ВА) - (ВД). \quad (10)$$

По углам φ_1 и φ_2 можно дважды установить при помощи теодолита направление линии АВ, а по углам φ_3 и φ_4 - направление линии ВА. Эта задача усложняется, если точки А и В или одна из них недоступны для установки на них теодолита.

Вешение через речные долины, лощины, овраги удобнее всего выполнять с помощью теодолита. Вешение на глаз в этих

случаях требует последовательного определения точек путем смещения наблюдателя по склону.

Измерение линий

а. Мерными лентами

Стальная измерительная двадцатиметровая лента продолжает оставаться основным инструментом для промера линий при разбивочных работах на строительстве, ремонте, реконструкции и восстановлении автомобильных дорог.

Лента должна иметь клеймо Государственного метрологического учреждения о проведенном компарировании.

При отсутствии клейма о компарировании производится сверка ленты с нормальной (компарированной) лентой. Для этого испытываемую ленту укладывают вместе с эталоном на горизонтальную поверхность и,придав им одинаковое натяжение,определяют разность длины как полную, так и частную, на всех промежуточных делениях. В случае,если получаемая лента окажется неверной и ее невозможно заменить, то в измерение расстояний вводится систематическая поправка,и длина линии будет определяться по формуле:

$$\ell = (20 \pm \Delta\ell)n \ , \qquad (11)$$

где ℓ - длина ленты;

n - число целых лент, уложенных при измерении линии. По абсолютной величине $\Delta\ell$ не должна превышать - ± 3 мм.

Кроме длины, проверяют правильность нумерации метровых делений ленты (рис. 2.5.),наличие пластинок полуметровых делений и дециметровых отверстий (4). Лента должна быть прямолинейной, чистой, не погнутой, без трещин, ржавчины и других изъянов. Проверяется также исправность металлического кольца,на которое наматывается лента, правильность ввертывания и закрепления стопорных винтов.

Шпильки должны быть прямые с заостренными концами, длиной 30-40 см и диаметром 5-6 мм (в зависимости от ширины вырезов в латунных концах ленты).

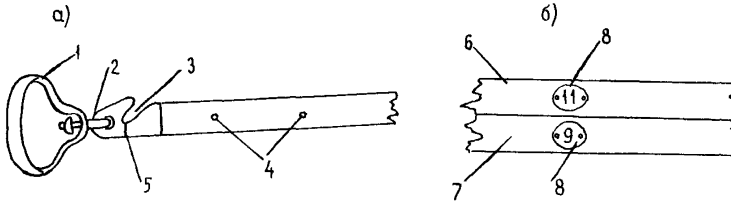


Рис. 2.5. Измерительная лента:
а - оформление конца ленты; б - нумерация лицевой и оборотной сторон ленты; 1 - ручка; 2 - шарнирное соединение; 3 - вырез для постановки шпильки; 4 - дециметровые отверстия; 5 - нулевой штрих; 6 - лицевая сторона; 7 - оборотная сторона; 8 - метровые бляхи с цифрами

Стальные ленты легко ломаются от небрежного обращения с ними, поэтому при разматывании ленты с кольца нельзя допускать образования петель. Разматывание производят два человека, находящиеся друг против друга (рис. 2.6). Один из них берется за конец ленты, а другой удерживает на весу кольцо с намотанной лентой, и оба постепенно расходятся.



Рис. 2.6. Схема разматывания ленты (стрелками указано движение исполнителей)

При измерениях по существующим дорогам ленту необходимо убирать в сторону, не допуская проезда по ней транспорта. При переходах рабочие должны все время держать концы ленты в руках не отпуская их. При приостановке промеров ленту надо убирать с дороги и оставлять лежать в натянутом положении. При работе в сырую погоду необходимо по возвращении на базу немедлен-

но развернуть ленту, тщательно ее вытереть и смазать

Измерение расстояний производится по заранее провешенному направлению, закрепленному вешками (заменками) во время трассирования линии При промере количество вешек в створе (спереди или сзади ленты) должно быть не менее двух

Каждую линию измеряют два раза Расхождение между отдельными результатами не должно быть больше

1/3000 - на местности при очень хороших условиях для измерения (например, по бетонному или асфальтовому покрытию),

1/2000 - на местности при достаточно благоприятных условиях для измерений (по ровной поверхности луга),

1/1000 - на местности при неблагоприятных условиях для измерений (местность неровная, заболоченная, заросшая)

Сравнение результатов промеров ведется от одной вершины угла до другой (от начала до конца всей промерной линии), но отнюдь не по пикетам

За окончательное протяжение принимается среднее арифметическое двух измерений, оформляемое составлением ведомости линейного промера (форма дается в приложении)

Лента при промере укладывается по поверхности земли и натягивается между шпильками, вкалываемыми в землю через вырезы на концах ленты Натягивание ленты производится равномерно и с одинаковой силой При укладке по створу ленту встряхивают, при этом нельзя допускать перегибов ленты и закручивания ее в петли и спирали

Промер ведется двумя рабочими в следующей последовательности

- начиная промер, передний рабочий получает пять шпилек, а задний - одну, которую он ставит в начальной точке,

- передний рабочий протягивает ленту вперед по створу на всю ее длину, а задний рабочий зацепляет концевым вырезом ленты за поставленную шпильку в начальной точке и, придерживая ленту одной рукой, движением другой руки подает переднему рабочему сигналы, уточняющие положение ленты в створе линии, передний рабочий сначала втыкает шпильку без ленты, а затем встряхивая и натягивая ленту, устанавливает шпильку в вырезе ленты окончательно При этом он держит остальные шпильки горизон-

тально, остриями от себя (наружу) в той же руке, которой держит ленту;

- по мере продвижения по измеряемой линии передний рабочий ставит шпильку, а задний собирает их;

- поставив последнюю шпильку, передний рабочий сообщает: "пикет". При этом мастер (пикетажист) подходит к переднему концу ленты и наблюдает за последующей передачей шпилек;

- задний рабочий вынимает поставленную шпильку из выреза своего конца ленты, идет к переднему рабочему и передает ему свои пять собранных шпилек, после чего возвращается к заднему концу ленты. Передний рабочий берет свой конец ленты и протягивает ее дальше;

-последняя шпилька, поставленная первым рабочим,снимается и заменяется пикетной "точкой" только после того, как будет окончательно поставлена следующая шпилька.

При измерении линий следует быть внимательным и не путать на ленте цифры 6 и 9, для этого надо проверять соседнюю с ними оцифровку ленты или оборотную,если лента имеет двухстороннюю оцифровку.

При построении плана местности пользуются горизонтальными проекциями линий (горизонтальным проложением). Для этого следует обратиться к схеме определения поправки за наклон линии к горизонту (рис. 2.7).

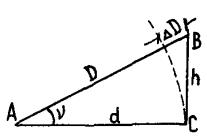


Рис.2.7. Схема к определению поправки за наклон линий к горизонту

Горизонтальное проложение вычисляют по одной из формул

$$d = D \cdot \cos \nu \qquad (12)$$

$$d = D - \Delta D, \qquad (13)$$

где ΔD - поправка за наклон линии к горизонту.

Горизонтальное проложение обычно вычисляют по специальным таблицам (тахеометрические таблицы).

Если известно превышение h концов линии, то поправку ΔD вычисляют по приближенной формуле

$$\Delta D = \frac{h^2}{2D}. \qquad (14)$$

При отношении $h/D > 1/10$ применяют более точную формулу

$$\Delta D = \frac{h^2}{2D} + \frac{h^4}{8D^3} \qquad (15)$$

Причем в этом случае превышение h должно быть определено геометрическим нивелированием

Углы наклона местности к горизонту обычно измеряют вертикальным кругом теодолита Если линейные измерения выполняются с точностью не выше 1/3000, то поправка ΔD вводится при углах наклона, больших 1°

При углах наклона больше 2° следует приподнимать задний конец ленты по приставленной вертикально вешке на нужную высоту и не давая ленте провисать При необходимости промер ведут не целой лентой, а какой-либо ее частью, например, в 10, 5, 3 метра в зависимости от крутизны местности или переходить к измерению длины линии "ватерпасовкой" (горизонтальными уступами) Измерение линий горизонтальными уступами показано на рис 2 8 [4]

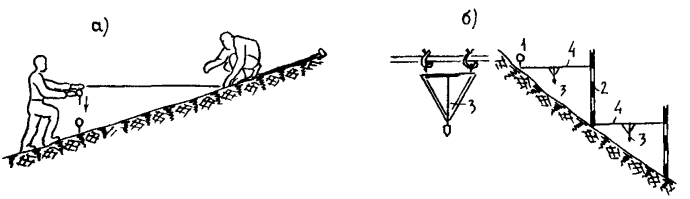


Рис 2 8 Схема измерения линий горизонтальными уступами а-участками ленты, б - с применением треугольника с отвесом, 1 - шпилка, 2 - вешка, 3 - треугольник с отвесом, 4 - шнур

б Измерение расстояний нитяным дальномером

Нитяной дальномер зрительной трубы теодолита (нивелира) состоит из двух крайних нитей (аа, вв) сетки (рис 2 9) и рейки с делениями, устанавливаемой в точке, до которой измеряется расстояние Средняя горизонтальная нить сетки в пересечении с вертикальной нитью дает точку m, служащую для визирования [2]

В современных геодезических приборах коэффициент дальномера равен 100. Так что,если рейка имеет сантиметровые деления и если, например, одна дальномерная нить "В" наведена на отсчет 600 мм (см. рис. 2.9,б), а по другой "А"оценивая десятые доли деления на глаз, отсчитано 767 мм, то расстояние равно 767-600 мм = 167 мм. Следовательно, расстояние равно 0,167 м х 100 = 16,7 м.

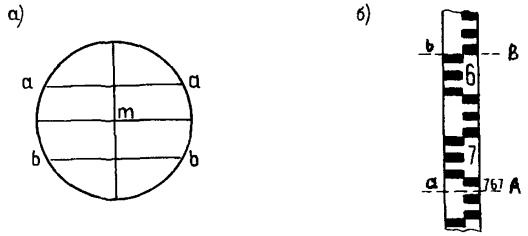


Рис.2.9. Измерение расстояний нитяным дальномером:
а - сетка нитей зрительной трубы; б - отсчет расстояния по рейке

Если расстояние таково, что нить "а" (см. рис. 2.9,а) наведена на верх рейки, а по нити "в" нельзя сделать отсчет,т.к. она закрыта растительностью, то отсчеты берут по средней нити и крайней ("В"). В этом случае разность их отсчетов удваивают.

Выведенная из опыта величина относительной погрешности нитяного дальномера при обычном увеличении зрительной трубы $20 \div 25^{x}$ примерно равна 1/300 определяемого расстояния.

Нивелирование

Для измерения превышений и определения отметок точек различных частей сооружений (глубины котлована, подошвы фундамента, бровок или оси земляного полотна, кромок проезжей части и т.д.) наиболее удобным является нивелирование.

При производстве дорожно-строительных работ в зависи-

мости от требуемой точности может быть применено геометрическое или тригонометрическое нивелирование.

Барометрическое и гидростатическое нивелирование в строительной практике применяется редко. Барометрическое нивелирование может быть применено в горной и таежной местности для определения высот точек при геологических съемках. Гидростатическое для определения величин осадок в разных частях сооружений или подземных выработок.

Высотой точки называется расстояние, отсчитываемое по направлению отвесной линии от начальной уровенной поверхности до данной точки. Высоты (отметки) могут быть абсолютные или условные. На территории России счет абсолютных высот ведется от нуля Кронштадского футштока, связанного с уровнем Балтийского моря.

Разность высот двух точек называют относительной высотой или превышением.

Геометрическое нивелирование позволяет определять превышения между точками при помощи горизонтального визирного луча. Для выполнения геометрического нивелирования используются нивелиры и рейки, устанавливаемые вертикально на нивелируемые точки. На рис.2.10 приведены способы геометрического нивелирования [3].

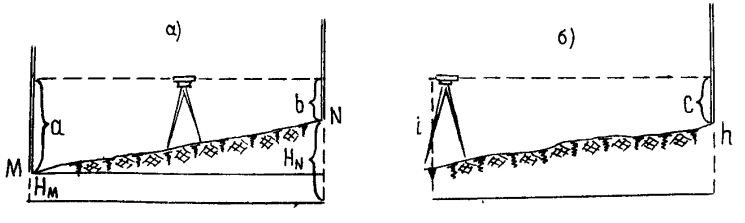


Рис. 2.10. Способы геометрического нивелирования: а - из середины; б - движением вперед

Так как нулевое деление рейки совпадает с ее основанием (пяткой), то $h = a - b$, где а и в - отсчеты по рейкам (рис. 2.10.,а).

Чтобы не ошибиться в знаке превышения, точку, высота которой известна, считают задней, а точку, высота которой определяется,- передней. Превышение всегда определяют как разность отсчетов "назад" и "вперед".

$$H_N = H_M + h \qquad (16)$$

$$H_N = H_M + (a - b). \qquad (17)$$

Знак плюс в правой части этих равенств является лишь символом суммы алгебраических величин H_M и h .

Если расстояния от нивелира до точек M и N (рис. 2.10,а) одинаковы, то этот прием называется нивелированием из середины. На рис. 2.10,б показан прием нивелирования вперед. Для этого нивелир устанавливают над одной из точек и определяют превышение по формуле

$$h = i - c, \qquad (18)$$

где i - высота прибора (горизонт визирования) над нивелируемой точкой;

c - отсчет по рейке. Высоту прибора (горизонт визирования), равную расстоянию от верха колышка до центра окуляра трубы, измеряют при помощи нивелирной рейки, устанавливаемой на верх колышка лицевой стороной к окуляру.

Центр окуляра можно проектировать на рейку, глядя через объектив и установив острие карандаша в центр видимого на рейке кружка. Точно также определяется и высота теодолита.

Когда с одной станции невозможно определить высоты точек местности, расположенных по заданному направлению, между исходной и конечной точками прокладывают нивелирный ход, состоящий из нескольких станций (рис. 2.11.).

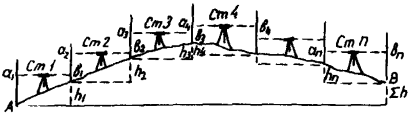


Рис.2.11. Схема нивелировочного хода

Задние и передние точки, нивелируемые со станций хода, называются связующими, с их помощью передают высоты по ходу, а остальные точки промежуточными. Разность высот начальной А и конечной В точек хода равна сумме превышений, определенных на станциях:

$$\Sigma h = h_1 + h_2 + \ldots\ldots + h_n. \qquad (19)$$

Выразим превышение через отсчеты по рейкам по формуле:

$$\Sigma h = \Sigma a - \Sigma b \qquad (20)$$

В этом случае сумма превышений равна сумме задних отсчетов минус сумма передних отсчетов. Зная высоту (отметку) точки А, получаем высоту (отметку) точки В:

$$H_B = H_A + \Sigma h. \qquad (21)$$

Нивелировочный ход должен быть привязан к пунктам (реперам) высотой геодезической сети.

При нивелировании пользуются складными и цельными рейками с прямым или обратным (в зависимости от типа зрительной трубы приборов) изображением шкал. Длина складных реек бывает 3 или 4 метра, а цельных 3 м.

Рейки предназначенные для технического нивелирования, обычно имеют сантиметровые деления, нанесенные делительной машиной или по трафарету.

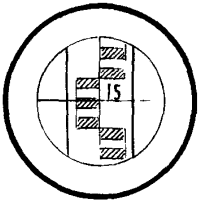


Рис. 2.12. Отсчет по рейке

Нуль рейки находится внизу (у ее пятки).Счет делений возрастает от пятки вверх. На рейке подписаны дециметровые деления. Отсчет по рейке выражают в миллиметрах. Так, на рис.2.12 отсчет равен 1522 мм. При техническом нивелировании отсчитывание производится только по средней нити сетки.

При визировании и взятии отсчетов по рейке браться руками за трубу не следует.

В условиях строительной площад-

ки правильность делений рейки проверяют стальной рулеткой, имеющей миллиметровые деления. Деления и цифры на рейке должны быть четкими и ясно видимыми в трубу, рейки не должны быть погнутыми; крепления раздвижных и складных реек должны быть такими, чтобы в рабочем положении верхняя половина рейки была точным продолжением нижней половины; пятки реек должны иметь железную оковку.

В процессе строительно-ремонтных работ нивелиры применяются при создании высотного обоснования площадки строительства, выносе в натуру проектных данных, для передачи отметок на дно котлованов и монтажных горизонтов, производстве исполнительных съемок и в других случаях.

Наблюдатель видит в поле зрения трубы одновременно рейку и концы половинок пузырька уровня. В нивелирах Н3 и Н10 установка визирной оси в горизонтальное положение производится элевационным винтом перед каждым отсчетом по рейке.

Нивелир с элевационным винтом и круглым уровнем можно устанавливать примерно в 1,5 раза быстрее по сравнению с нивелиром не имеющим их.

Поверки нивелиров

Нивелиры Н3 и Н10 должны отвечать следующим условиям:

-Ось круглого уровня должна быть параллельна оси вращения нивелира.

Для поверки приводят подъемными винтами пузырек круглого уровня в центр кружка и поворачивают верхнюю часть нивелира вокруг его оси на 180°.

Если пузырек останется в центре, то условие выполнено. Если нет, то исправительными винтами при уровне перемещают пузырек к центру на половину его отклонения. Поверку производят несколько раз.

После поверки и юстировки круглого уровня с его помощью, перед последующими поверками, устанавливают ось враще-

ния нивелира в отвесное положение, устанавливая подъемными винтами пузырек уровня на середину в нуль-пункт.

-Горизонтальная нить сетки должна быть перпендикулярна к оси вращения нивелира.

Для выполнения этого условия наводят горизонтальную нить сетки на точку и наводящим винтом вращают трубу в стороны. Если точка наблюдения остается на нити сетки, то условие выполнено. Если нет, то ослабляют крепежные винты окулярной части зрительной трубы и после поворота сетки за счет люфта в отверстиях винтов, удерживающих оправу сетки в корпусе трубы, добиваются соблюдения условия поверки.

-Ось цилиндрического уровня должна быть параллельна визирной оси трубы.

Поверка осуществляется двойным нивелированием одного и того же участка линии. При двойном нивелировании по способу вперед выбирают на местности две точки, отстоящие друг от друга примерно на 50 м. В одной точке этой линии ставят нивелир, а в другой рейку, как показано на рис. 2.13,а.

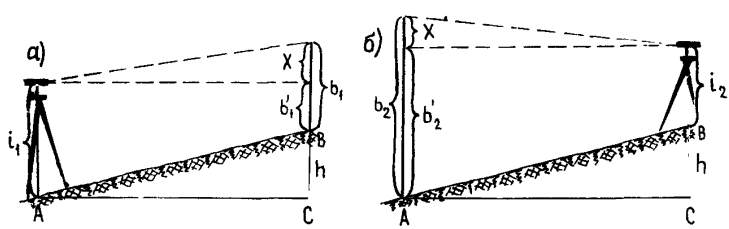


Рис. 2.13. Поверка оси цилиндрического уровня:
а - первое положение; б - второе положение

Измерив высоту прибора i_1 и приведя пузырек цилиндрического уровня элевационным винтом на середину ампулы, берут первый отсчет по рейке $в_1$, затем меняют местами нивелир и рейку. В новом положении (рис. 2.13,б) вновь измеряют высоту прибора i_2 и, приведя пузырек уровня в середину (на контакт изображе-

ния), делают по рейке второй отсчет $в_2$.

Если визирная ось не параллельна оси уровня, то вместо правильного отсчета $в_1'$ и $в_2'$ были прочитаны отсчеты $в_1$ и $в_2$, содержащие ошибку х. Ошибка, вызванная непараллельностью визирной оси и оси цилиндрического уровня, вычисляется по формуле:

$$X = \frac{в_1 + в_2}{2} - \frac{i_1 + i_2}{2}. \qquad (22)$$

Ошибка х не должна превышать ± 4 мм. Найдя погрешность X, вычисляют верный отсчет по формуле $в_2' = в_2 - X$ и, действуя элевационным винтом прибора, наводят перекрытие нитей сетки на этот отсчет. При этом пузырек цилиндрического уровня уходит с контакта. Далее, действуя вертикальными исправительными винтами уровня, устанавливают пузырек уровня на середину ампулы (на контакт). Поверку повторяют до устранения погрешности.

Закрепление точек ходов нивелирования знаками

Наиболее важные точки нивелирования закрепляют нивелирными реперами и марками, установленными в среднем через 5-7 км. Частота расположения нивелирных знаков в городах, поселках и на строительных объектах значительно большая. Она устанавливается потребностями удобства эксплуатации объектов.

В существующих городах расстояния между реперами Ш класса на проездах центральной части города не превышает 200 м, а на проездах окраин -800 м.

Сведения о существующих реперах имеются у местных властей (администрации территорий, в отделах архитектуры и территориальной геодезической службе).

Временные репера можно изготовить из обрезков труб малого диаметра (не больше 1,5 дюйма) забетонированных в землю на глубину не менее 1,5-1,8 м в зависимости от глубины промерзания и типа грунтов. Эскиз деревянного временного репера приведен на рис. 4.5. Временные деревянные репера и закрепительные столбы изготавливаются из ошкуренного круглого леса, причем нижняя часть, закапываемая в землю, не ошкуривается.

Установка рейки на нивелируемой точке

Для определения отметки сооружения, поверхности земли и т.д. рейку устанавливают в той точке, высоту которой необходимо знать. Однако в нивелирном ходе каждую точку отмечают колышком, забиваемым вровень с поверхностью земли, и рейку устанавливают на верх колышка (точки). Чтобы точку можно было найти рядом с ней забивают другой колышек - "сторожок", который возвышается над поверхностью земли на 25-30 см и имеет надпись,обозначающую данную точку, например пк 0+00 или Ст. 2 и т.п.

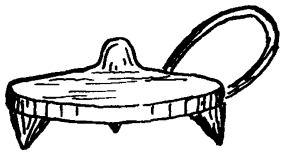


Рис. 2.14. Башмак для установки нивелирной рейки

Точки должны быть прочно забиты в грунт и не должны погружаться при постановке на нее рейки. При прокладке нивелирного хода по заболоченным местам,где почва колышется или в местах,где точки сохраниться не могут (пахота, сенокос и др.) рейку устанавливают на головку переносного металлического башмака (рис. 2.14).

Нивелирную рейку надо всегда устанавливать вертикально. Для этого к рейкам часто прикрепляют круглый уровень .Ось уровня должна быть параллельна оси вертикально стоящей рейки. Это условие легко проверяется с помощью отвеса.

При отсутствии на рейке уровня, рейку рекомендуется покачивать вперед и назад, при этом наименьший отсчет будет соответствовать вертикальному положению рейки.

При отсчетах менее 1000 рейку покачивать не следует, т.к. в этом случае будет появляться ошибка в отсчете за счет толщины рейки.

Тригонометрическое нивелирование

Тригонометрическое нивелирование выполняют теодоли-

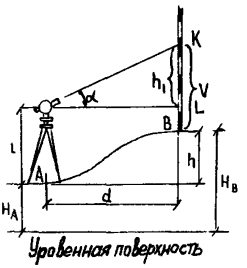


Рис. 2.15. Схема тригонометрического нивелирования

том. Для определения превышения h точки А над точкой В следует воспользоваться схемой, приведенной на рис. 2.15.

В точке А устанавливают теодолит, а в точке В рейку. Рулеткой измеряют высоту инструмента i и длину линии АВ дальномером или лентой. С помощью вертикального круга теодолита определяют угол наклона визирной оси трубы при наведении ее на какую-либо точку рейки. Расстояние V от этой точки до пятки рейки называют высотой визирования.

Согласно рис. 2.15 имеем:

$$h = d \cdot tg\alpha + i - a, \qquad (23)$$

где а - отсчет по рейке. При визировании на отсчет по рейке, равный высоте инструмента (i =а), формула будет иметь следующий вид

$$h = d \cdot tg\alpha \qquad (24)$$

Вычисленные превышения округляют до требуемой точности до 0,01 или 0,001 м. При известном расстоянии АВ= D горизонтальное проложение определится

$$d = D \cdot \cos\alpha \qquad (25)$$

Произвольная система прямоугольных геодезических координат

Надежно и удобно положение точек на местности определять относительно системы прямоугольных геодезических координат, начало которой выбирается произвольно (например, начало моста).

Систему прямоугольных координат составляют две взаимно перпендикулярные прямые ОХ и ОУ (рис.2.16,а), называемые осями координат.

Направление ОХ называется осью абсцисс, ОУ - осью ор-

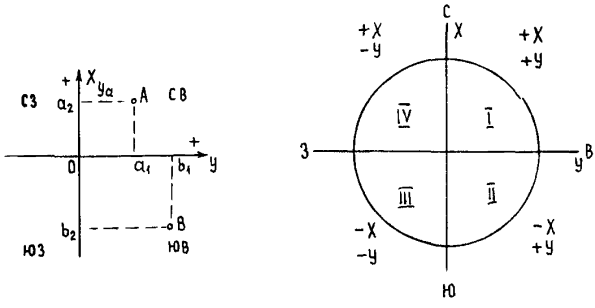


Рис. 2.16. Прямоугольные геодезические координаты:
а - оси координат, четверти и положение точек А и В; б - знаки координат

динат. Точка О пересечения осей служит началом координат. Положение любой точки А в этой системе определяется отрезками,параллельными осям координат: Ха (абсцисса), Уа (ордината).

Значения координат Х и У сопровождаются знаками плюс или минус [6].

В геодезии направление оси абсцисс принимают совпадающим с направлением меридиана, проходящего через начало координат, за положительное направление этой оси считают направление на север. Направление оси ординат считается положительным на восток и отрицательным на запад.

Оси координат разделяют плоскость на четыре части, называемые четвертями: 1 СВ, П ЮВ, Ш ЮЗ, 1У СЗ. Знаки координат точек, лежащих в этих четвертях,показаны на рис. 2.16,б.

Ориентирование линий. Азимуты, румбы, дирекционные углы

Ориентировать линию - значит определить ее направление относительно меридиана (географического или магнитного). Для ориентирования линий служат углы, называемые азимутами, дирекционными углами и румбами.

Азимутом называется двугранный угол между плоскостью

меридиана данной точки и вертикальной плоскостью, проходящей в заданном направлении, отсчитываемый от северного направления меридиана по ходу часовой стрелки. Азимуты могут иметь значения от 0 до 360°.

Румбом называется острый горизонтальный угол, отсчитываемый от ближайшего направления меридиана (северного или южного) до данного направления (линии). Румбы могут иметь значения от 0 до 90° и сопровождаются названием четверти, в которой проходит линия.

Азимут данного направления называется прямым, а противоположного - обратным, т.е. в одной и той же точке различаются на 180°.

Дирекционные углы применяются в геодезии для ориентирования линий относительно осевого меридиана. Осевым меридианом считается меридиан, принимаемый за ось абсцисс (X) в данной системе координат.

Дирекционный угол отсчитывается от северного направления осевого меридиана или линии ему параллельной, по ходу часовой стрелки до направления данной линии в пределах $0\text{-}360^{o}$.

Дирекционный угол может быть прямым и обратным (противоположным данному направлению). Обратный дирекционный угол равен прямому плюс 180°:

$$\alpha' = \alpha + 180^{\circ}, \qquad (26)$$

где α - дирекционный угол данного направления, α' - обратный дирекционный угол.

Формула (26) является общей для всех случаев, однако, когда $\alpha > 180$, следует применять формулу:

$$\alpha' = \alpha + 180^{\circ} - 360^{\circ}. \qquad (27)$$

Прямая геодезическая задача служит для передачи координат с одной точки на другую. Зная исходные координаты данной точки А (рис. 2.17), горизонтальное расстояние ее до другой точки В и направление α линии, соединяющей обе точки (азимут, дирекционный угол или румб), можно определить координаты второй точки В. Такая постановка передачи координат называется прямой геодезической задачей.

Для точек плоскости эта задача решается следующим образом:

Пусть АВ (рис.2.17) - одна из сторон теодолитного хода (опорной сети, др.), для которой известны ее горизонтальная проекция d и дирекционный угол α.

Координаты точки А (Ха, Уа) даны. Требуется найти координаты второй точки В (Хв, Ув). Непосредственно из рис. 2.17 имеем:

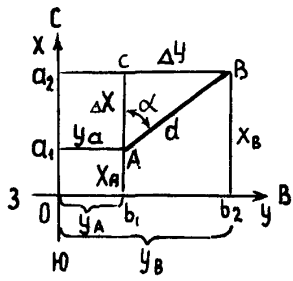


Рис. 2.17. Схема передачи координат с одной точки на другую

$$Хв - Ха = \Delta X \qquad (28)$$
$$Ув - Уа = \Delta У$$

Разности ΔX и $\Delta У$ координат последующей и предыдущей точек называются приращениями координат. Они представляют собой проекции отрезка АВ на соответствующие оси координат.

Из прямоугольного треугольника АВС находим

$$\Delta X = d \cdot \cos\alpha$$
$$\Delta У = d \cdot \sin\alpha. \qquad (29)$$

Так как в формулах (29) d всегда положительное число. Знаки приращений координат ΔX и $\Delta У$ зависят от знаков $\cos\alpha$ и $\sin\alpha$. Для различных значений углов α знаки ΔX и $\Delta У$ представлены на рис. 2.16,б.

Вычислив по формулам (29) приращение координат, искомые координаты другой точки находят из формулы (28)

$$Хв = Ха + \Delta X \qquad (30)$$
$$Ув + Уа + \Delta У$$

Этим способом можно найти координаты любого числа точек по правилу формулы (30). Координата последующей точки равна координате предыдущей точки плюс соответствующие приращения.

Обратная геодезическая задача служит для определения

расстояний и направления линии по данным координатам точек А и В (см. рис. 2.17).

Имея координаты точек А (Ха, Уа) и В (Хв, Ув), находят по формулам (28) приращения координат ΔX и $\Delta У$, а из равенств (29) их отношение:

$$tg\alpha = \frac{\Delta У}{\Delta X} \cdot \qquad (31)$$

По формуле (31) находят величину угла α, а по знакам приращений определяют четверть, в которой он располагается, или название румба. Найдя α или румб, вычисляют для контроля дважды расстояние d при помощи формулы:

$$d = \frac{\Delta X}{\cos\alpha} = \frac{\Delta У}{\sin\alpha} = \Delta X \sec\alpha = \Delta У \operatorname{cosec}\alpha \qquad (32)$$

или d определяют по формуле.

$$d = \sqrt{\Delta X^2 + \Delta У^2} \qquad (33)$$

Обработка угловых измерений. Обработка углов замкнутого полигона (хода, мостовой триангуляции и др.)

Теоретическая сумма углов S_T всякого плоского многоугольника равна 180° $(n\text{-}2)$, где n - число углов многоугольника.

Пусть практическая сумма измеренных углов S_n замкнутого многоугольника равна $\Sigma\beta$. Разность $S_n - S_T$ называют угловой невязкой. Обозначим ее f_β. Она равна:

$$f_\beta = \Sigma\beta - 180(n-2) \qquad (34)$$

Уравнивание приращений координат

Результаты обработки угловых и линейных измерений заносят в ведомость вычисления координат (см. приложение). Сумма проекций сторон замкнутого многоугольника на любую ось равна нулю, следовательно теоретически должно быть

$$\Sigma\Delta X = 0 \quad \text{и} \quad \Sigma\Delta У = 0.$$

На практике $\Sigma\Delta X$ и $\Sigma\Delta У$ равны не нулю, а некоторым

величинам f_x и f_y, т.е.

$$\Sigma \Delta X = f_x \text{ и } \Sigma \Delta Y = f_y, \qquad (35)$$

где f_x и f_y- невязки в приращениях координат соответственно по осям абсцисс и ординат.

Под влиянием погрешностей измерений сомкнутый полигон получается как бы разомкнут на величину $AA' = f$ (рис. 2.18), которая является невязкой в периметре полигона.

Проекции отрезка AA' на оси координат геометрически представляют невязки в приращениях координат f_x и f_y. Из рис. 2.18 видно, что:

$$f = \sqrt{f_x^2 + f_y^2}. \qquad (36)$$

Если P - периметр полигона, то отношение f/P- относительная невязка в периметре. Обычно относительную невязку в периметре представляют дробью с числителем 1, т.е.

$$\frac{f}{P} = \frac{1}{P/f} = \frac{1}{N}. \qquad (37)$$

Допустимая относительная невязка в периметре полигона, триангуляции устанавливается инструкцией. Так,для полигонов крупномасштабных съемок она равна 1/2000. Если невязка в периметре превышает допустимую и проверка записей и вычислений не обнаруживает ошибку, то следует провести полевую проверку (повторить измерение в натуре).

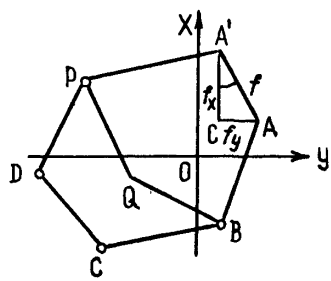


Рис. 2.18. Схема погрешности в сомкнутом (замкнутом) полигоне

При допустимой невязке приращения координат увязывают (уравнивают). Простейший способ уравнивания - невязку в приращениях распределяют на все вычисленные приращения пропорционально дли-

нам сторон и вводят соответствующие поправки в вычисленные приращения со знаком, обратным знаку невязки. После этого сумма приращений должна быть равна нулю, т.е. $\Sigma \Delta X_{испр} = 0$ и $\Sigma \Delta Y_{испр} = 0$.

По увязанным приращениям вычисляют координаты вершин полигона (триангуляции) по формуле (30).

3. ПРЕДЕЛЫ ТОЧНОСТИ ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ РАЗБИВОЧНЫХ РАБОТ

Точность работ при перенесении проектов автомобильных дорог на местность

При перенесении проектов сооружений на местность и разбивочных работах устанавливают: пределы точности перенесения проектных данных, их главных осей и элементов относительно местных объектов, пределы точности соблюдения формы, размеров и размещение отдельных элементов, их осей между собой и относительно главных осей сооружения или относительно опорной геодезической сети строительства.

При перенесении проектов сооружений на местность пределы точности работ по размещению трассы и главных осей сооружения относительно местных объектов и элементов местности должны соответствовать проектным. Точность размещения отдельных частей и осей сооружения между собой и относительно главных осей и геодезической опорной сети должна соответствовать действующим строительным допускам.

Предельная погрешность измерения углов поворота, располагаемых вдоль трассы дороги, составляет:

$$\Delta\beta_{пр} = 3\sqrt{n}, \qquad (38)$$

где n - число углов поворота трассы.

Погрешности определения длины трассы или линейных измерений по всей трассе дороги представлены в табл. 3.1.

Таблица 3.1

Измеряемая линия	Характер местности	Предельные ошибки определения длины трассы для дорог категорий:				
		I	II	III	IУ	У
Вся трасса при ее восстановлении	Равнинная	1:1600	1:1200	1:1100	1:800	1:600
	Пересеченная	1:1100	1:800	1:700	1:600	1:400
	Горная	1:800	1:600	1:500	1:400	1:300
То же,на длине одного проектного участка	Равнинная	1:550	1:400	1:350	1:300	1:200
	Пересеченная	1:350	1:250	1:200	1:150	1:300
	Горная	1:250	1:200	1:150	1:130	1:100

Пределы точности при определении длины трассы и отдельных проектных участков автомобильной дороги, частей и элементов дорожных сооружений или их осей между собой и относительно трассы или главных осей малых сооружений или относительно опорной сети строительства представлены в табл. 3.2.

Таблица 3.2

Измеряемая линия	Характер местности	Предельная ошибка определения длины трассы или ее участка для категории дороги				
		I	II	III	IУ	У
Вся трасса при детальных разбивочных работах или развитии опорной сети	Равнинная	1:3200	1:2400	1:2000	1:1600	1:1200
	Пересеченная	1:2200	1:1600	1:1400	1:1200	1:800
	Горная	1:1600	1:1200	1:1000	1:800	1:600
Длина одного проектного участка и его размещение относительно опорной сети строительства дороги	Равнинная	1:1100	1:800	1:700	1:500	1:400
	Пересеченная	1:800	1:600	1:500	1:400	1:300
	Горная	1:500	1:400	1:350	1:250	1:200

Точность производства геодезических работ при перенесении проекта на местность должна быть в 2-3 раза выше точности проектирования (см.табл.3.2).

Предельная ошибка отклонения точек трассы в сторону от створа на прямых при выносе трассы на местность не должна превышать 1:2000 или $\Delta y = \pm 50\sqrt{L}$, где L - протяжение трассы в километрах по прямой между сохранившимися осевыми и угловыми столбами, закрепляющими направление трассы (размерность Δy в сантиметрах).

При восстановлении трассы расхождение в отметках точек трассы между проектными данными и данными двойного нивелирного хода или относительно высот сохранившихся реперов не должно превышать величину (в см) $10\sqrt{L}$ (L в км).

При нивелировании для определения объемов земляных работ вдоль трассы погрешности в превышениях с учетом обобщения рельфа местности не должны быть больше величин, указанных в табл. 3.3.

Таблица 3.3.

Характер местности	Погрешности определения превышений, см			
	Предельные на участке		Средние квадратические на участке	
	100 м	1 км	100 м	1 км
Равнинная и слабопересеченная	6	20	3	10
Пересеченная	16	50	8	25
Гористая и горная	32	100	16	50

Точность детальной разбивки автомобильной дороги и ее сооружений

Точность производства геодезических разбивочных работ должна быть в 2-3 раза выше строительного допуска. Она должна быть в соотношении с точностью строительных работ, как:

$$\Delta_{с.д} = \sqrt{\Delta^2_{г.р} + \Delta^2_{с.м} + \Delta^2_{т.р}}, \qquad (39)$$

где $\Delta_{с.д.}$ - строительный допуск;

$\Delta_{г.р.}$ - предельная погрешность геодезических разбивочных работ;

$\Delta_{с.м}$ - предельная точность строительно-монтажных работ;

$\Delta_{т.р}$ - предельная точность работы строительных машин.

В процессе геодезического управления работой строительных машин строительные работы объединены в единый комплекс, общая точность которого вместе с технологическими расчетами должна быть выше строительного допуска.Предельные погрешности геодезического контроля при строительных работах должны быть в 2-3 раза меньше строительного допуска.

Предельная точность разбивки формы и размеров отдельных элементов сооружения должна быть в 2-3 раза выше тех отклонений, которые установлены для них при приемке сооружений в эксплуатацию.

Предельные относительные погрешности отложения линий при детальной разбивке дорожного корыта и земляного полотна не должны превышать значений,приведенных в табл. 3.4.

Таблица 3.4.

Характер местности	Техническая категория дороги	Предельные погрешности отложения линий при разбивке			
		Бровок земляного полотна по створу		Кромок проезжей части по створу	
		поперечному в конце участка	бровки в середине участка	поперечному в конце участка	кромки в середине участка
Равнинная и слабо пересеченная	1	1:450	1:300	1:300	1:200
	П-Ш	1:300	1:200	1:300	1:200
	1У-У	1:200	1:150	1:250	1:150
Сложные участки, пересеченная и горная	1	1:350	1:250	1:300	1:200
	П-Ш	1:200	1:150	1:300	1:200
	1У-У	1:150	1:100	1:250	1:150

Предельные погрешности в превышениях при разбивке дорожного полотна не должны быть больше величин, указанных в табл. 3.5.

Таблица 3.5

Работа по разбивке поверхности	Предельные погрешности в превышениях, мм. по категориям дорог							
	I-III	IУ-У	I	II-III	IУ-У	I	II-III	IУ-У
	на длине 1 км		на длине до 100 м			в поперечном створе		
Покрытия	30	50	15	20	30	7	10	15
Основания	40	70	20	30	50	10	15	25
Корыта и обочин	50	100	30	40	60	15	20	30

Значениями предельных погрешностей табл. 3.5 необходимо руководствоваться и при учете накопления погрешностей высотных разбивок, возникающих при передаче проектных отметок с одного поперечника на другой.

При передаче отметок между пунктами высотного обоснования (реперами и пр.) погрешности не должны превышать $50\sqrt{L}$ (в мм), (L в км).

При детальной разбивке земляного полотна, оснований и покрытий допускаются отклонения фактически определяемых величин от проектных данных в пределах, указанных в табл. 3.6.

Таблица 3.6.

Наименование предельных погрешностей и отклонений	Величина допуска при:	
	разбивочных работах	приемке объекта в экспл.
1	2	3
Отклонение оси полотна от проекта (см)		
на прямых в плане	±2	±5
на кривых в плане	±4	±10
в ширине полотна в створе поперечника между осью и бровкой	-10	-10

Окончание табл. 3.6

1	2	3
в ширине дорожного корыта	±5	±5
в ширине слоя основания или покрытия	±5	±5
цементо- и асфальтобетонного покрытия	±3	±5
по поперечным уклонам (%)	±0,3	±0,5
Наибольшая разница в уровне поверхности в швах цементобетонных покрытий (мм)	-	3
Просвет (отклонение под рейкой длиной 3 м (мм):		
для асфальто-и цементобетонных покрытий	-	5
для других типов покрытий	-	10
Увеличение крутизны откосов (%)	0,5	1,0
Отклонение отдельных мест плоскости откосов (см)	±6	±15
Отклонение положения подошвы откосов полотна (см):		
на прямых	±10	±20
на кривых	±15	±30
Отклонение бровок и границ резервов и кавальеров (см)	±15	±30
Отклонение в поперечных размерах канав (см)	±5	±10
Уменьшение ширины дна канав (см)	-2	-5
Изменение глубины кюветов и канав при обеспеченном водоотводе (стоке)	±3	±5
по продольным уклонам канав и дренажей (%)	0,2	0,5
по ширине берм (см)	±6	±15
по толщине слоя плакировки растительным грунтом (%)	±5	±10

На участках местности с затрудненным водоотводом и на пойменных участках мостовых переходов уклоны трассы должны выдерживать запроектированные значения минимальных уклонов в пределах ±0,001.

Пределы точности геодезических работ одинаковы для нового строительства, ремонта, реконструкции, содержания и восстановления автомобильных дорог и искусственных сооружений на них.

Точность разбивочных работ при строительстве мостовых сооружений

При назначении норм точности геодезических разбивочных работ при строительстве мостовых сооружений (в т.ч. путепроводов

и эстакад) необходимо учитывать: точность изготовления элементов сооружения; размеры сооружения, технологию производства монтажа, технологию построения опорной сети и связанные с этим виды разбивочных работ.

Исходными при назначении норм точности построения геодезической опорной сети при строительстве мостовых сооружений являются нормативы, представленные в табл. 3.7.

Необходимая точность измерения длины моста (расстояние между центрами крайних опор, закрепленными на его оси) в соответствии с типом сооружения, определяется по данным табл. 3.8.

Основным показателем, характеризующим необходимую точность построения мостовой опорной сети, является точность вынесения центров опор моста в проектное положение относительно плановой основы. Средняя квадратическая погрешность ($m_{L\,пр}$) определения длины пролета при различных его длинах ($L_{пр}$) может быть найдена из выражения: $m_{L\,пр} = \sqrt{\Sigma (L_{пр} \cdot 6000)^2 + 0{,}5n}$, (40)
где n - число пролетов.

При разбивочных работах по выносу центра опор в проектное положение относительно плановой основы следует пользоваться допусками табл. 3.9.

Точность производства геодезических разбивочных работ при возведении путепроводов, эстакад и пойменных пролетов мостов из сборных железобетонных и металлических конструкций указаны в табл. 3.10.

Таблица 3.7

Наименование и перечень допусков	Допускаемое отклонение при	
	разбивочных работах	приемке объектов в эксплуатацию
1	2	3
Относительная погрешность на основе двойных промеров при определении расстояний между пунктами, закрепляющими оси сооружений между осями опор:		
на мостах длиной до 100 м	1:5000	-
то же, при определении этих расстояний		

Окончание табл. 3.7

1	2	3
геодезическими треугольниками:		
- точность измерения длин базисов	1:10000	-
- точность измерения углов треугольников (угловых секунд)	±30	-
на мостах длиной более 100 м при длине каждого пролета в $L_{пр}$ (м) и числе пролетов n (см)	$\pm\sqrt{\Sigma(L_{пр}:6000)^2 + 0,5n}$	
то же, для рамных мостов, мостов с металлическими и сборными железобетонными арочными и неразрезными пролетными строениями и других мостов с размерами опорных площадок, не позволяющими смещать оси подферменников более чем на 3 см	$\pm\sqrt{\Sigma(L_{пр}:10000)^2 + 0,5n}$	
Требуемая точность измерения базисов и углов треугольников опорной разбивочной сети:		
а) точность измерения базисов при длинах мостов:		
до 200	1:10000	-
200-500	1:30000	-
500-1000	1:50000	-
свыше 1000	1:80000	-
б) точность измерения углов (сек) при длинах мостов (м)		
до 200	±20	-
200-500	±7	-
500-1000	±3	-
свыше 1000	±1,5	-
в) допускаемая невязка углов (сек) в треугольниках при длинах мостов (м)		
до 200	±35	
500-1000	±10	-
свыше 1000	±2	-
Погрешность при увязке отметок и марок независимо от длины моста (мм)	±10	
Погрешность в отметках вспомогательных реперов, устанавливаемых в низком и высоком уровнях опор мостов при сноске на них отметок от исходных реперов (мм)	±15	-

Таблица 3.8

Длина пролета, м		15	30	70	100	150	180
Погрешность определения длины пролета (мм)	Среднеквадратическая	3	6	14	20	30	36
	Предельная	6	12	28	40	60	72
Погрешность определения центров опор моста (мм)	Среднеквадратическая	2	4	10	14	22	26
	Предельная	4	8	20	28	44	52

Таблица 3.9

Наименование и перечень допусков на деталях	Допускаемые отклонения, мм при	
	разбивочных работах	приемке объектов в эксплуатацию
1	2	3
Сборные эстакады, мосты и путепроводы		
Блоки фундаментов и опор:		
по высоте	-	±5
по остальным измерениям	-	±10
Звенья труб:		
по длине	-	+0, -10
по толщине стенок	-	+0,05 от толщины
по остальным размерам	-	±10
Пролетные строения и их блоки, кроме поперечно члененных:		
по длине	-	+0,002 длины, но не более +30, -10
по высоте в любом сечении	-	±0,05 высоты
по наибольшей ширине	-	±0,05 ширины, но не более +20, -10
по остальным измерениям	-	±5
Линейные элементы за исключением свай:		
по поперечным размерам	-	+0,02 стороны сечения, но не более +20

Продолжение табл. 3.9

1	2	3
по длине	–	+15, -10
Плиты :		
по толщине -		
не менее 12 см	-	±5
12 см и более	-	+10, -5
по длине и ширине	-	±10
Искривление продольных осей пролетных строений	-	0,0005 пролета, но не более 30
Искривление		
линейных элементов	-	0,002 длины, но не более 20
поверхности плит	-	0,001 наибольшего размера
Отклонение ординат строительного подъема в пролетных строениях при опирании их по расчетной схеме:		
для ординат 50 мм и менее	-	±5
для ординат более 50 мм	-	±10
По толщине защитного слоя железобетона:		
при высоте или толщине поперечного сечения конструкции до 40 см:		
толщина защитного слоя до 30 мм	-	±5
толщина защитного слоя более 30 мм	-	+10, -5
при высоте или толщине конструкции более 40 см:		
толщина защитного слоя до 30 мм	-	+10, -5
толщина защитного слоя более 30 мм	-	+15, -5
Точность изготовления и монтажа сборных элементов конструкций:		
отклонение разбивочных осей	-	±14
установка колонн в обрезе фундамента	-	±10
отклонение осей балки с установленными осями	-	±30
отклонение проектных отметок		
по вертикали	-	±25
изготовление балки	-	±50
изготовление колонн и риглей	-	±10

Продолжение табл. 3.9

1	2	3
установка риски	-	±10
погрешности соединения сборных элементов	-	±15
Смещение осей возведенных конструкций в плане относительно разбивочных осей:		
осей фундаментов в открытых котлованах (в том числе плит свайных ростверков)	-	25 мм
осей в уровне обреза фундамента	5 мм	10 мм
осей опор в уровне подферменников и опорных пят	0,002 высоты опоры,но не более 20	0,004 высоты опоры, но не более 50
осей стоек, колонн и стенок в нижнем сечении	3	5
продольных осей пролетных строений или их блоков (сводов)	5	10
осей опорных балок пролетного строения или опорных узлов	8	15
продольных осей водопропускных труб в профиле и плане (на участке с отсутствием застоя воды)	15	30
Отклонение в размерах конструкций в плане:		
фундаментов в открытых котлованах (в т.ч. плит свайных ростверков)	-	±50
опор выше обреза фундамента	-	±20
Отклонение в размерах поперечного сечения:		
бетонных конструкций	±20	±20
каменных сводов и надсводного строения	-	+3%, но не более +50 мм, -0
сводов и стен каменных труб	-	+5%, но не более +50 мм, -0.
Отклонения от вертикали или от проектного наклона боковых поверхностей конструкций либо линий их		

Продолжение табл. 3.9

1	2	3
пересечения:		
фундаментов	10	20
опор выше обреза фундамента	0,001 высоты, но не более 13 мм	0,002 высоты, но не более 25 мм
балочных и арочных железобетонных и каменных пролетных строений в любом поперечном сечении надсводных стенок, диафрагм, стоек и колонн	0,001 высоты, но не более 10 мм	0,002 высоты, но не более 20 мм
Отклонение в расстояниях от шкафной стенки устоя до оси опорных балок или опорных узлов	+0, -15	+0, -30
Отклонение отметок поверхностей обрезов фундаментов верха подферменной площади или поверхностей опорных пят	±8	±15
разность отметок подферменных площадок в пределах одной опоры	±3	±5
разность отметок опорных поверхностей собранного комплекса опорных частей поперек оси моста (перекос)	-	0,001 расстояния между осями ферм или балок
Местные неровности поверхности бетонной кладки при проверке двухметровой рейкой	-	±5
Здания и сооружения		
Смещение осей фундаментных блоков и стаканов фундаментов от разбивочных осей	-	±10
Отклонение отметок верхних опорных поверхностей элементов фундаментов	-	-10
Отклонение отметок дна стаканов фундаментов	-	-20

Продолжение табл. 3.9

1	2	3
Смещение осей или граней панелей стен, колонн и объемных блоков в нижнем сечении от разбивочных осей или геометрических осей нижеустановленных конструкций	-	±5
Отклонение осей колонн одноэтажных зданий и сооружений в верхнем сечении от вертикалей при высоте колонны:		
до 10 м	-	±10
свыше 10 м	-	0,0001 H, но не более 35 мм
Смещение осей колонн многоэтажных зданий и сооружений в верхнем сечении от разбивочных осей колонн высотой:		
до 45 м	-	±10
свыше 45 м	-	±15
Смещение осей ригелей и прогонов и ферм (балок) по нижнему поясу от геометрических осей опорных элементов	-	±5
Отклонение расстояний между осями ферм (балок) покрытий в уровне верхних поясов	-	+20
Отклонения плоскостей панелей стен в верхнем сечении от вертикали (на высоту этажа или яруса)	-	±5
Разность отметок верха колонн, опорных площадок, панелей, стен для смежных элементов в пределах выверяемого этажа или яруса при установке по маякам	-	10
Разность отметок верха колонн, опорных площадок, панелей, стен при контактной установке	-	12

Окончание табл. 3.9

1	2	3
Разность отметок лицевых поверхностей двух смежных плит перекрытий в стыке	-	5
Смещение в плане плит перекрытий от геометрических осей ферм, балок, прогонов, ригелей (вдоль опорных сторон плит)	-	20

Таблица 3.10

Тип построения геодезической опоры	Длина, м			Относительная погрешность измерения сторон	Абсолютная погрешность в стороне опорной сети, мм
	эстакады	пролета	сторон опорного полигона		
1	Более 300	20-30	80-140	1:10000-1:18000	8-12
П	от 100	20-30	80-140	1:5000-1:10000	17-24
Ш	до 100	16-30	16-30	1:600-1:3000	24-30

4. МЕТОДЫ И СПОСОБЫ РАЗБИВОЧНЫХ РАБОТ И ВЫНОСА В НАТУРУ ПРОЕКТНЫХ ДАННЫХ

Восстановление трассы

До начала сооружения земляного полотна мастер должен установить соответствие проектных данных местным условиям и выполнить следующие работы по восстановлению трассы:

вынести все углы поворота и все пикеты на границу полосы отвода (за границу земляных работ);

закрепить вершины углов поворота и створные точки на прямых;

разбить круговые и переходные кривые и закрепить начало и конец кривых, а также промежуточные точки;

разбить и закрепить оси искусственных сооружений;

закрепить пикеты и плюсовые точки;

проверить отметки существующих реперов, а также установить дополнительные реперы, необходимые для удобства выполнения строительных работ;

проверить продольное нивелирование всех точек и в нужных случаях снять поперечные профили.

Все проводимые работы необходимо записывать в соответствующие формы документов (ведомость закрепления трассы, нивелировочный журнал, журнал выносок, ведомость реперов и т.д.), образцы которых приведены в приложении.

Выноску пикетов и других необходимых точек производят под прямым углом к оси трассы с помощью теодолита, экера или ленты (рулетки).

На прямых участках выносные столбы (свайки) располагают в зависимости от рельефа местности через каждые 200-400 м, между которыми перпендикулярно к трассе выставляют промежуточные выносные колья (рис. 4.1).

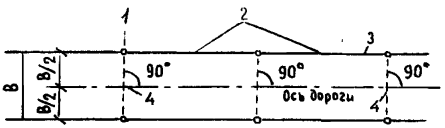


Рис. 4.1. Схема закрепления оси дороги на прямом участке трассы: 1 - выносной столб с отметкой; 2-выносные колья; 3-граница полосы отвода; 4-четные пикеты (точки со сторожками); В-ширина полосы отвода

На криволинейных участках трассы выносные столбы (свайки) располагают через каждые 100 м, т.е. на каждом пикете, на линии перпендикулярной касательной к кривой (рис. 4.2).

Выносные промежуточные колья устанавливают на расстояниях, позволяющих удобно разбить кривую (в зависимости от величины радиуса круговой кривой или параметра клотоиды).

Расстояние между реперами в равнинной местности должно быть не более 2 км, а в пересеченной и горной не более 1 км.

В качестве временных реперов могут быть использованы прочные и устойчивые местные предметы: цоколи зданий, выступы

скал, крупные валуны, опоры мостов и т.п. или специально вкопанные, забетонированные столбы, обрезки труб и рельсов.

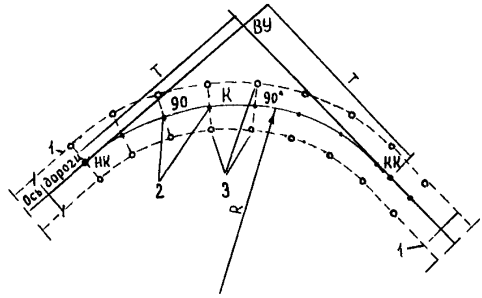


Рис. 4.2.Схема закрепления оси дороги на криволинейном участке трассы:
1-граница полосы отвода; 2-пикеты (точка со сторожками с надписью); 3-выносные столбы с отметками; НК-начало кривой; КК-конец кривой; ВУ - вершина угла поворота; Т-тангенс кривой; R-радиус кривой; К-касательная к кривой

Геодезические работы по определению положения оси дороги состоят из прокладки (вешения и измерения) линий с разбивкой пикетажа, планово-высотного закрепления трассы, определения координат и высот точек разбивочной основы.

Вершины углов поворота восстанавливают по промерам от постоянных предметов местности, к которым они были привязаны; по створным точкам, оставшимся на линиях по трассе, а также угловой засечкой из смежных углов поворота трассы.

При отсутствии закрепительных знаков на значительном протяжении трассы такой участок укладывают заново в соответствии с проектными данными. Накопившиеся невязки распределяют пропорционально длинам линий с обратным знаком.

Восстановленное направление трассы промеряют с разбивкой пикетажа и установкой на ней всех основных проектных точек плана и профиля. На трассе выделяют ее основные точки (вершины углов поворота, точки начала и конца каждого горизонталь-

ного и вертикального закругления, точки пересечения трассой осей водопропускных сооружений, осей инженерных коммуникаций и различных транспортных путей).

Прокладка на местности прямых линий трассы и осей инженерных сооружений начинается с вешения и линейных измерений.

Восстановление пикетажа ведется от начала трассы или от последнего пикета ранее восстановленного участка. При этом закрепляются все пикеты и плюсы запроектированного продольного профиля. Восстановлению трассы и осей сооружений предшествуют работы по очистке полосы отвода от леса, кустарника, пней, корней и т.д.

При смыкании встречных ходов или вариантов допускаются "рубленые" пикеты длиной 50-150 м. На их фиксацию должно быть уделено особое внимание.

Для продления створа линии при помощи теодолита используют прием, изображенный на рис. 4.3. [8].

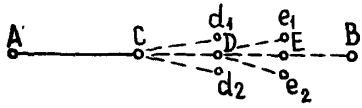


Рис. 4.3. Схема продления створа трассы теодолитом

Теодолит устанавливают в ранее определенной точке С и визируют на точку А при круге право (КП), затем, переведя трубу через зенит, выставляют по направлению визирной оси веху в точке на большом, хорошо просматриваемом расстоянии. Для устранения коллимационной ошибки работу повторяют при наведении зрительной трубы на точку А при круге лево (КЛ). В результате второго приема выставляют веху в точке d_2. Расстояние $d_1 - d_2$ делят точно пополам и получают окончательное положение точки D на продолжении прямой линии АС. При необходимости продления створа работы выполняются из точки D относительно линии DC и т.д.

Положение вершин углов поворота трассы устанавливают одновременно с восстановлением оси дороги на прямых участках. Вершины углов восстанавливают промером углов и линий от постоянных местных предметов, к которым они были привязаны, по створным знакам, сохранившимся на продолжениях линий в углах трассы, или проведением угловых засечек из точек смежных углов поворота трассы.

Все восстановленные углы проверяют. Например, восстановив угловой столб, измеряют величину угла поворота трассы при восстановленной точке В. Для этого, установив над ней теодолит и направив трубу на точки А и С, берут отсчеты по горизонтальному кругу. Из отсчета на точку А вычитают отсчет на точку С. Полученную величину угла B_1 сравнивают с проектной. Если углы равны или имеют допустимую разницу, то вершина угла В считается восстановленной.

Для восстановления в точке С угла θ_2, когда угловой столб в точке D уничтожен (см. рис. 4.4), теодолит устанавливают в рабочее положение над точкой С.

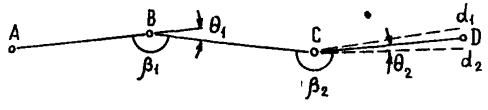


Рис.4.4. Схема восстановления вершин углов поворота трассы

При положении КП в микроскопе ставят отсчет, равный значению проектного угла β_2, закрепляют алидаду и вращением лимба наводят трубу на основание заданной вехи В.

Затем при закрепленном лимбе поворачивают алидаду до получения в микроскопе отсчета,равного 0^0, и по направлению визирной оси ставят веху d_1. Действие повторяют при положении КЛ и ставят веху d_2.

Расстояние d_1, d_2 делят пополам и полученную точку обозначают вехой D. Угол ВСД будет являться проектным углом β_2. Для контроля построенный угол β_2 измеряют полным при-

емом, полученную величину сравнивают с проектной. Если разность не превышает допустимой погрешности, то вершина угла С считается восстановленной.

Одновременно с восстановлением вершины угла С определяют положение вершины угла D , откладывая для этого от точки С вдоль полученного направления на веху D проектную длину линии CD .

При восстановлении пикетажа на круговых и переходных кривых вдоль трассы находят на кривой положение всех пикетов, переломных точек, точек начала, середины и конца кривой. Начало кривой (НК) и конец кривой (КК) устанавливают по их проектным пикетажным значениям, а середину кривой (СК) - отложением длины биссектрисы (Б) от вершины угла.

Одновременно с восстановлением всех точек трассы производится восстановление границ полосы отвода, выноска всех переломных точек проектной линии за пределы земляных работ и установка дополнительных реперов.

По существующей дороге пикетаж разбивают по бровке земляного полотна с указанием на сторожках и в журнале расстояний от точки до оси трассы.

Восстановление трассы реконструируемой дороги начинается с определения вершин углов поворота и положения точек трассы на прямолинейных участках.

Начало и конец трассы, как и весь ее промер, увязывают с существующим километражем.

Восстановление опорных сетей и закрепление трассы

Восстановление опорных сетей дороги, мостовых переходов, строительных площадок комплексов эксплуатационной и автотранспортной служб производится по проектным данным и оставшимся в натуре знакам их закрепления, заложенным еще при рабочих изысканиях или изысканиях для рабочего проекта.

В местах расположения искусственных сооружений, транспортных развязок, высоких насыпей и глубоких выемок устанавливаются дополнительные реперы.

Реперы следует устанавливать за пределами земляных работ, в местах, не затопляемых, не подверженных размыву и оползням; в местах, обеспечивающих их сохранность до окончания всех строительных работ.

Между реперами производится двойное нивелирование с составлением ведомости высотной увязки реперов. Местоположение реперов фиксируется в ведомости реперов. Формы ведомостей приведены в приложении.

Плановое положение точек и линий трасс, осей мостовых переходов, путепроводов, подходов к ним, точек опорных сетей всех искусственных сооружений закрепляется на местности столбами, деревянными кольями, обрезками труб, арматуры и т.д. с соответствующей маркировкой всех закрепительных знаков.

Все восстановленные по оси трассы точки надежно закрепляются выносными столбами (кольями, обрезками труб, арматуры). Закрепительные знаки устанавливаются перпендикулярно к трассе за бровкой кювета существующей дороги или за пределами земляных работ, полосы отвода и т.д.

На прямолинейных участках закрепительные знаки следует устанавливать так, чтобы, установив инструмент на одном из знаков створа, было видно еще два знака других створов.

На криволинейных участках закрепительные знаки следует устанавливать в зависимости от способа разбивки кривой и ее величины.

В открытой ровной местности удобно закреплять вершину угла поворота, а в закрытой, сильно пересеченной местности, на крутых склонах с кривыми, имеющими величину биссектрисы более 100 м, удобнее разбивку кривой делать малыми углами, от тангенсов, от хорд и закреплять соответственно выносными створными знаками эти элементы кривых.

Схемы разбивки кривых приведены в разделе 6, а схема закрепительных знаков и их маркировка на рис. 4.5.

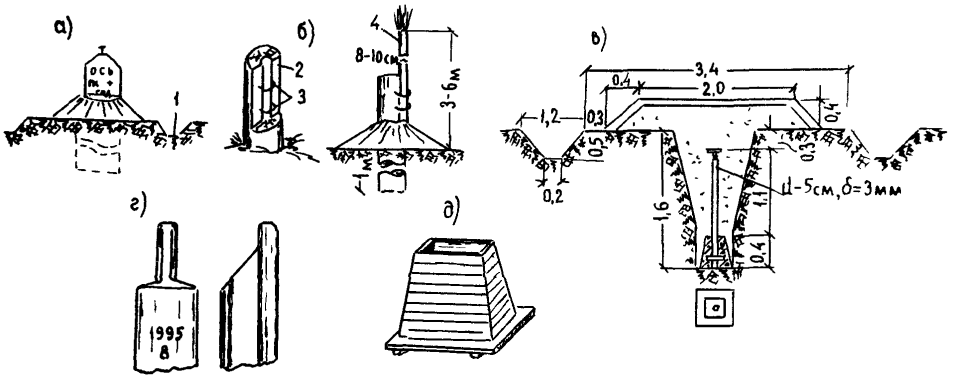


Рис 4 5. Схема закрепительных знаков.
а - осевой и выносной столбы; б - столб с железными скобами для постановки маячной вехи; в - грунтовый репер трубчатый; г -рельсовый грунтовый репер; д - деревянная опалубка для бетонирования фундамента грунтовых реперов;
1 - окопка; 2 - желоб для маячной вехи; 3 - скобы; 4 - маячная веха

5 РАЗБИВКА ЗЕМЛЯНОГО ПОЛОТНА И ПРОЕЗЖЕЙ ЧАСТИ

Земляное полотно разбивают после восстановления и закрепления трассы, расчистки дорожной полосы от леса, кустарника, пней, корней, снятия растительного слоя и других подготовительных работ.

До начала земляных работ должны быть переустроены инженерные коммуникации. Если по проекту производства работ их переустройство намечено осуществлять параллельно с земляными работами, то все коммуникации должны быть обнаружены, обозначены на местности и их местоположение должно быть известно рабочим-механизаторам.

Разбивку выполняют,опираясь на планово-высотную основу восстановленной и закрепленной трассы и имеющиеся проектные и изыскательские материалы (план, продольный и поперечные профили дороги, полевые ведомости), уточненные в процессе восстановления трассы по рабочим чертежам

Не забудьте проверить наличие уширений земляного полотна у мостов, на кривых, примыканиях и пересечениях,а также в разделе "Обстановка и обустройство дороги" могут быть присыпные бермы для установки дорожных знаков , автобусных остановок, постов ГАИ

Для соблюдения консолидации земляного полотна лучше все эти уширения сделать одновременно с отсыпкой основного земляного полотна дороги

При разбивке земляного полотна для производства земляных работ, выполняемых механизированными способами, колья, вехи с высотными отметками устанавливают таким образом, чтобы они сохранились неповрежденными до конца земляных работ и предъявления их заказчику.

При разбивке однослойных насыпей и при разбивке последнего (верхнего) слоя многослойных насыпей колышки с высотными отметками должны находиться на оси насыпи, если не предусматривается автоматизированное управление работой машин

За пределами земляных работ колышки, вехи с высотными отметками устанавливаются по схеме, приведенной на рис 5 1

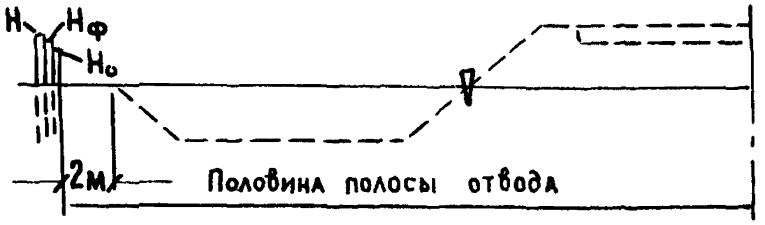


Рис. 5.1. Схема установки колышков на обрезах с нанесением на них высотных отметок:
Н-рабочая отметка насыпи по бровке; Нф-разбивочная рабочая отметка земли по оси насыпи; Но-проектная рабочая отметка земли по оси насыпи

Информационная принадлежность колышков и их общее количество определяются конструктивными особенностями земляного полотна, удобством производства земляных работ и управления ими (работами).

Высотные рабочие отметки выставляют не реже, чем на каждом пикете и в каждой точке перелома продольного профиля. На вертикальных кривых высотные рабочие отметки выносят на обрезы не реже чем через 20 м на выпуклых кривых и через 10 м на вогнутых.

При разбивке насыпей, возводимых в несколько слоев, удобно применять переносные шаблоны, конструкции которых показаны на рис. 5.2 [7].

Шаблоны устанавливают в точках подошвы откоса насыпи и контролируют положение откосов насыпи. Установка шаблонов на внешней бровке выемки позволяет соответственно контролировать заложение откосов выемки.

Наклон визира откосного шаблона устанавливается в соответствии с принятой крутизной откоса насыпи (выемки).

Разбивка невысоких насыпей на пологих косогорах показана на рис. 5.3. [7,9].

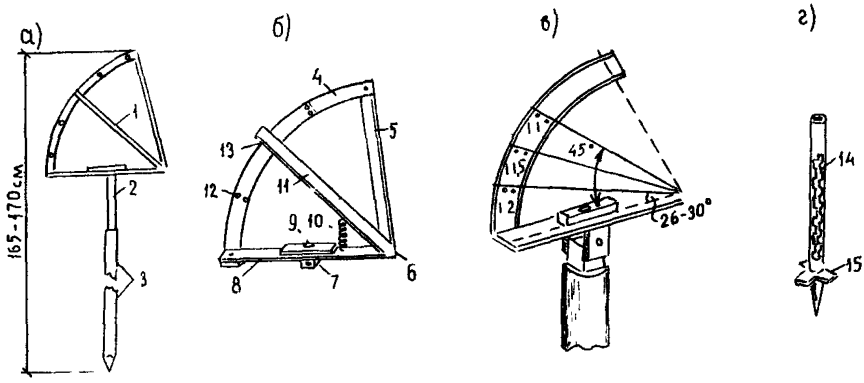


Рис. 5.2. Приспособления для разбивки откосов насыпей и выемок: а-общий вид; б-откосный шаблон; в-крепление шаблона к стойке; г-штатив; 1-шаблон; 2-выдвижная стойка; 3-штатив; 4-сектор; 5-планка плоскости; 6-шарнир; 7-хомутик крепления шаблона к стойке; 8-основание; 9-уровень; 10-пружина; 11-визир; 12-отверстие для фиксатора; 13-фиксатор; 14-прорезь с пазами; 15-подножка

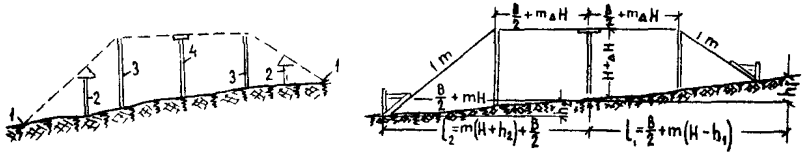


Рис. 5.3. Схема разбивки невысоких насыпей на косогоре: 1-искомые точки; 2-приспособление для разбивки; 3-вешки; 4-визирка

При разбивке должны быть определены и закреплены основные точки поперечного профиля: ось и бровки земляного полотна, дно кюветов, основание откосов насыпей и бровок выемок, резервов, берм, кавальеров и т.п.

Для невысоких насыпей (до 3 м) пикетные сторожки бывает целесообразно заменить вехами с прибитыми дощечками,

имеющими надписи (обозначения) фактически отсыпаемых высот. Вехи с обозначением высоты насыпи ставятся на всех пикетах по оси и бровкам насыпи с учетом поправки по ширине полотна на устройство проезжей части.

При сооружении высоких насыпей вехи, обозначающие высоту насыпи, можно устанавливать во время производства работ, когда высота досыпки остается в пределах 2-0,5 метра.

Ведя разбивку подошвы насыпи на косогорах, определяют [8] ее положение раздельно для нагорной $l'_н$ и подгорной части $l''_н$ земляного полотна (рис. 5.4).

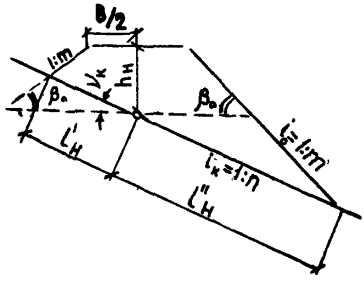


Рис. 5.4. Схема разбивки земляного полотна на косогорах

В определениях используется уклон откосов насыпей и выемок $i_0 = tg\beta_0 = 1:m$ и уклон ската косогора $i_к = tg\nu_к = 1:n$

Положение подошвы насыпи с нагорной стороны определяется по формулам

$$l'_н = \frac{(B/2 + h_н m)\sqrt{n^2+1}}{m+n} \approx \frac{(B/2 + h_н m)n}{m+n},$$

а с подгорной

$$l''_н = \frac{(B/2 + h_н m)\sqrt{n^2+1}}{m-n} \approx \frac{(B/2 + h_н m)n}{m-n}.$$

Для выемки определение величин ведут по формулам

$$l'_в = \frac{(B/2 + в_к + h_в m)\sqrt{n^2+1}}{m-n} \approx \frac{(B/2 + в_к + h_в m)n}{m-n};$$

$$l''_в = \frac{(B/2 + в_к + h_в m)\sqrt{n^2+1}}{m+n} \approx \frac{(B/2 + в_к + h_в m)n}{m+n}$$

Расчеты удобно выполнять на калькуляторе.

Уклон откосов на косогорах обозначают откосными лекалами, устанавливаемыми по будущей линии пересечения откосов с поверхностью земли. Определить эти линии удобнее всего с вычерченных на миллиметровке поперечных профилей, а разбивку на местности выполнить теодолитом с применением контрольного шаблона, уровня и рейки [8].

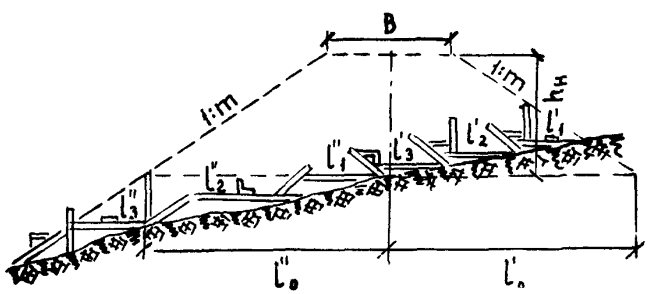


Рис.5.5. Схема применения контрольных шаблонов, уровня и рейки для разбивки полотна на косогоре

На рис. 5.6 показан способ разбивки наклонным лучом теодолита, выполняемый из точки поперечника, отстоящей от оси трассы на расстоянии половины ширины земляного полотна.

Поставив теодолит над этой точкой поперечника, устанавливают визирную ось трубы горизонтально (отсчет по вертикальному кругу, равный месту нуля) и берут отсчет по рейке h_0, стоящей на оси поперечника.

Величину полученного отсчета суммируют с рабочей отметкой оси земляного полотна (глубина выемки) на данном поперечнике и получают высоту вехи по бровке выемки:
Нвехи = $h_o + h_в$.

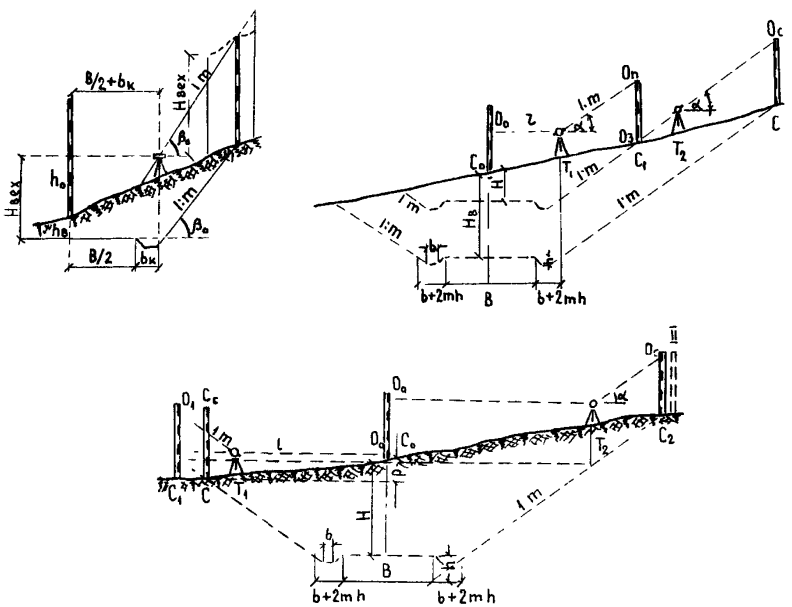


Рис. 5.6. Схема разбивки земляного полотна наклонным лучом теодолита

Далее визирную ось трубы теодолита устанавливают параллельно откосу, т.е. устанавливают отсчет по вертикальному кругу, соответствующему углу наклона откоса выемки $\beta_o = 1:m$.
После этого,перемещая веху высотой Нвехи, по створу поперечника находят точку, в которой визирная ось трубы будет проходить через верх вехи. Найденная точка будет бровкой выемки. На точку можно устанавливать откосное лекало для начала разработки выемки.

Разбивка границ откосов земляного полотна (подошв насыпей и бровок выемок) производится раздельно на каждом проектном участке вдоль поперечников или нормалей к кривым, проложенным во всех основных переломных точках местности и продольного профиля.

Положение отбитых точек подошв насыпей и бровок выемок можно обозначить запашкой вдоль них борозды и ставят вдоль них створные вехи-визирки, определяющие высоту насыпи и откосники, указывающие направление откосов насыпей и выемок.

На участках вертикальных кривых в высотное размещение визирок вносятся поправки, равные ординатам разбивки вертикальных кривых, а на горизонтальных кривых малых радиусов вводят поправки отгона виражей.

Вогнутые вертикальные кривые, расположенные на насыпи для упрощения работы, можно сначала отсыпать с помощью визирок (α) по тангенсам, а затем сделать инструментальную разбивку по ординатам кривой (рис.5.7) (б).

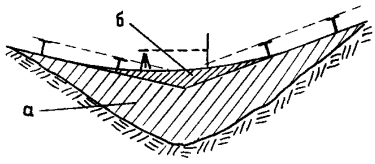


Рис. 5.7. Схема очередности разбивки вогнутых вертикальных кривых

На прямолинейных участках створные визирки и откосники устанавливают через 20-50 метров, а на кривых - через 10-20 м, они должны быть хорошо видны водителям механизмов, не мешая при этом перемещению основных механизмов.

При сооружении высоких насыпей и глубоких выемок разбивочный процесс ведется поэтапно (рис.5.8).

При наличии переменных откосов и промежуточных берм разбивку производят раздельно по однородным частям.

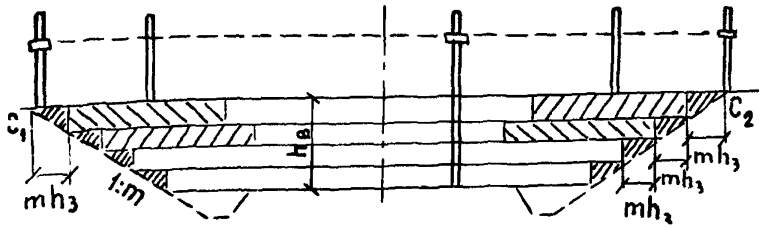


Рис. 5.8. Схема поэтапного разбивочного процесса на глубокой выемке

Разбивку откоса насыпи можно производить по его углу наклона [8], исходя из рабочей отметки $h_н$ и заложения откоса d (рис. 5.9).

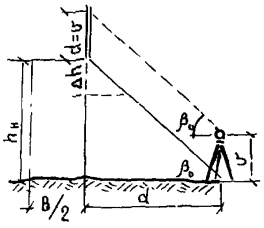


Рис. 5.9.Схема разбивки откоса насыпи теодолитом

Установив теодолит в точке подошвы насыпи и измерив его высоту U, по горизонтальному проложению d от теодолита до рейки при рабочей отметке $h_н$ определяют $tg\beta_0 = h_н/d$ Устанавливают на вертикальном круге отсчет, равный расчетному β_0 и визируют вдоль поперечника на рейку, установленную на насыпи.

Если отсчет по рейке $d = U$, высота насыпи равна проектной. Если $d \neq U$, высота досыпки Δh определяется как $\Delta h = d - U$.

Контроль за возведением насыпи и разработкой выемки

Возведение высоких насыпей контролируют при помощи откосников. При этом их устанавливают после отсыпки одного-двух слоев насыпи, ориентируют по точкам границ откосов и закрепляют нижнюю грань вдоль образующей откоса.

После отсыпки и уплотнения каждых последующих одного-двух слоев грунта откосники удлиняют, наращивая планки. Верхний конец планки фиксируют на откосе колышком и переставляют откосники, контролируя правильность их направления контрольным шаблоном.

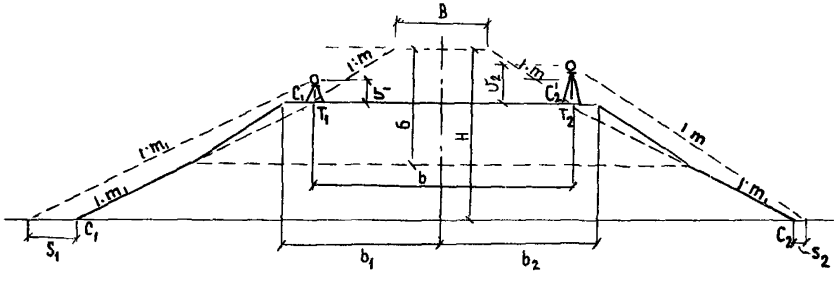


Рис.5.10. Контроль элементов высокой насыпи способом наклонного луча визирования

Контроль положения оси, бровок и высоты высоких насыпей способом наклонного луча визирования выполняют в такой последовательности (рис. 5.10): устанавливают теодолит в точке Т или T_2 у бровки, визируя под углом уположенного откоса $1:m$; замеряют расстояния S_1 и S_2 ; определяют положение симметрично расположенных точек C_1 и C_2:

$$C_1'T_1 = V_1 m_1 - S_1 ; \qquad C_2'T_2 = V_2 m_1 - S_2 ,$$

где V_1 и V_2 -соответственно высота инструмента в точках T_1 и T_2.

Затем измеряют расстояние $b' = C_1C_2$ и, разделив его пополам,получают положение оси насыпи. Высоту досыпки насыпи определяют из соотношения:

$$h' = 2m_1(b' - B - 12m) + \delta .$$

Расстояние от оси до проектной бровки:

$$\frac{b}{2} = \frac{B}{2} + h'm ;$$

Уширение насыпи на уровне ее отсыпки равно $в_1 + в_2 - в$.

Контроль отсыпки насыпи способом угла рабочей отметки (рис.5.11) осуществляют, устанавливая теодолит на выноске, измеряют высоту инструмента, заблаговременно вычисляют угол рабочей отметки $\alpha_р$ камерально по данным разбивочного журнала по формуле (9):

$$tg\alpha_р = \frac{H \pm р}{L} .$$

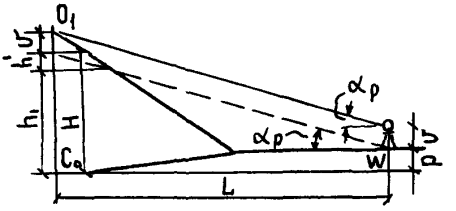


Рис. 5.11. Контроль высоты отсыпки насыпи с выноски способом угла рабочей отметки

Зрительную трубу теодолита направляют под углом $\alpha_р$ на рейку, установленную на оси, и берут отсчет 0_1. Высота досыпки $h' = 0_1 - V$. Высота насыпи будет равна проектной, если линия визирования пересечет на рейке отсчет, равный V .

Высотные отметки неглубоких выемок и невысоких насыпей целесообразно контролировать с выносок при помощи нивелира или визирок.

При разработке глубоких выемок экскаватором контроль осуществляется после каждой его проходки. Правильность уклона и глубина выемки при разработке каждого яруса контролируются нивелированием или визирками.

Определение глубины разработки выемки и положение оси в каждом горизонте целесообразно вести способом наклонного луча визирования.

С этой целью в произвольной точке T_1 ставят теодолит и визируют под углом проектного откоса на рейку, поставленную на бровке откоса в точке C_1 (рис. 5.12).

Затем берут отсчет 0_1 и вычисляют расстояние a_1 от точки T_1 до проектного откоса: $a_1 = m(0_1 - V_1)$. Далее переставляют инструмент в точку T_2 (по условиям видимости) и производят аналогичные вычисления: $a_2 = S_2 + m(0_2 - V_2)$. Потом измеряют расстояние z между точками T_1 и T_2 и вычисляют $b = a_1 + a_2 + z$.

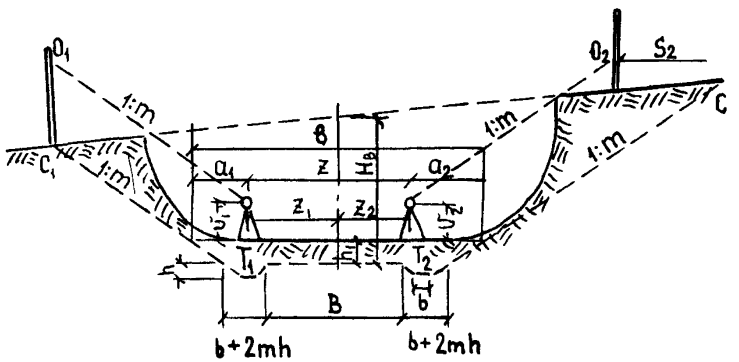


Рис.5.12. Определение положения оси и глубины разработки и доработки выемки способом наклонного луча визирования

Глубина доработки выемки составит:

$$h' = \frac{B - b - 2K}{2m}$$

при $K = b + 2mh$

Расстояние от точки T_1 до оси равно:

$$z_1 = 0{,}5b - a_1.$$

Расстояние от точки T_2 до оси равно:

$$z_2 = 0{,}5b - a_2$$

Контроль глубины разработки нижней части выемки может быть выполнен способом угла рабочей отметки α_p (рис. 5.13), который определяется [9] из соотношений:

$$tg\alpha_p = \frac{H}{A_2} \quad \text{или} \quad tg\alpha_p = \frac{H \pm P}{A_2},$$

где P -разница отметок бровки выемки и земли по оси трассы.

Для определения глубины доработки этим способом уста-

навливают теодолит в точке C_2 (рис. 5.13), замеряют высоту инструмента V и направляют зрительную трубу под углом α_p в сторону оси выемки. По рейке, поставленной на оси, берут отсчет 0_1 и определяют глубину доработки по формуле:

$$h' = V - 0_1 .$$

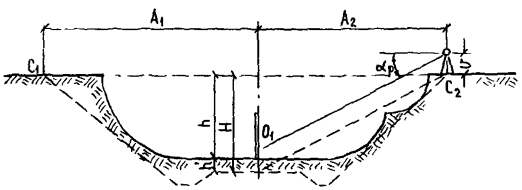


Рис. 5.13. Контроль глубины выемки способом угла рабочей отметки

Разбивка виражей и уширений

Разбивка уширений и виражей должна быть взаимно увязана. Длины отгонов виражей и оттонов уширений равняются длинам переходных кривых или одной ветви биклотоиды (половине симметричной биклотоиды), уклон виража должен быть не менее поперечного уклона покрытия. Уклон обочин на вираже должен быть равен уклону виража.

Уширение проезжей части дороги производится путем увеличения внутренней ее половины вначале за счет уменьшения внутренней обочины, а затем, если этого недостаточно, путем уширения земляного полотна во внутреннюю сторону.

Минимально допустимая (остаточная) ширина обочины для дорог 1-П категории 1,5 м и 1,0 м для дорог остальных технических категорий. Уширение производится постепенно на всей длине переходной кривой.

Разбивка переходных кривых, уширений и виражей производится в соответствии с рабочими разбивочными чертежами. Раз-

бивочный чертеж состоит из плана разбивки переходной кривой, продольного и поперечных профилей разбивки, дополнительных уклонов на отгоне виража и смещений характерных точек поперечника.

Отгон виража обычно проектируется способом вращения или вокруг внутренней бровки дороги или вокруг ее оси. Об этом указывается в рабочих чертежах (рабочем проекте).

Сгущение точек в плане и профиле в пределах виража и его отгона (рис.5.14), а также на участках уширение может выполняться обычной линейной интерполяцией с учетом формы кривизны линии данного участка. Обычно на разбивочных чертежах количество точек вполне достаточное для разбивки и не требует сгущения. Разбивка на местности обычно производится в два этапа: вначале в плане, затем высотная в соответствии с установленными интервалами.

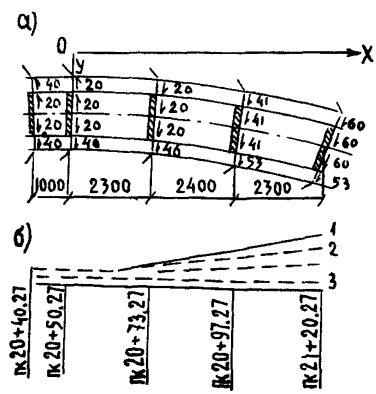


Рис. 5.14. Разбивочный чертеж отгона виража:
а-рабочий план и поперечные профили; б-продольный профиль отгона виража; 1-бровка; 2-внутренняя кромка; 3-внешняя кромка

Разбивочные работы при устройстве дорожной одежды

Перед устройством дорожной одежды проверяют отметки земляного полотна или дна корыта путем нивелирования поперечников, соответствие в натуре поперечного профиля полотна проектному, наличие осевых и выносных закрепительных знаков и реперов. В случае частичного их отсутствия производится их восстановление.

Разбивка дорожной одежды начинается с расстановки маяков, являющихся ориентирами, на которых указывается толщина каждого конструктивного слоя дорожной одежды. Разбивку дорожной одежды делают поперечниками, отстоящими друг от друга на расстоянии не более 50 метров, а на вертикальных кривых не более 20 м на выпуклых и 10 м на вогнутых.

При помощи рулетки от оси дороги откладывают в обе стороны расстояние до кромки конструктивного слоя и забивают колья на уровне верха данного конструктивного слоя. Маяки для подстилающего слоя, основания и покрытия обычно устанавливают на обочинах на расстоянии, обеспечивающем их сохранность до окончания устройства дорожной одежды. Промежуточные точки, как правило, определяются при помощи визирок.

При устройстве корыта грейдером разбивку его производят путем расстановки кольев у кромки корыта через 20 м, а по оси дороги через 50-100 м. На разбивочных кольях отмечают высоту поверхности конструктивного слоя в рыхлом теле. Коэффициент уплотнения каждого слоя для первых трех-четырех пикетов принимают по проекту, а для последующих по фактическим данным после полного уплотнения каждого слоя.

При установке высотного положения каждого слоя дорожной одежды нивелировкой производят их увязку с высотными отметками земляного полотна. Если для проверки устройства дорожной одежды имеются шаблоны с уровнем и соответствующими уклонами, то отметки оси проезжей части можно не фиксировать, устанавливая шаблон на колышек кромки дорожной одежды.

Разбивка дорожной одежды должна опережать строительные работы на одну-две смены.

Погрешности, допущенные при возведении земляного по-

лотна, исправить дорожной одеждой не удается, поэтому контроль готовности земляного полотна во всех отношениях должен быть самым взыскательным.

6. ДЕТАЛЬНАЯ РАЗБИВКА КРИВЫХ

Разбивка кривых дорожных закруглений выполняется после разбивки трассы. Разбивку круговых кривых ведут от их конечных точек (начала или конца кривой) к середине кривой. Переходные кривых (клотоидные и др.) разбивают от точки начала кривой к ее середине.

Детальную разбивку кривых можно выполнять любым способом, обеспечивающим необходимую точность.

При разбивке кривых в соответствии с принятым интервалом устанавливают положение всех точек на кривой по оси дороги. В полученных точках находят направление нормалей к кривой и затем от оси дороги вдоль каждой нормали устанавливают положение всех точек поперечного профиля дорожного полотна в данном месте.

При детальной разбивке горизонтальных кривых на участках спусков и подъемов, а также на участках вертикальных кривых высотным размещением трассы пренебрегают, учитывая его при детальной разбивке земляного полотна в продольном профиле.

Разбивку круговых и переходных кривых в открытой местности удобнее выполнять способом прямоугольных координат, а в закрытой способом углов и хорд. В стесненных условиях можно использовать способ продолженных хорд, а при малых радиусах - способ полярных координат из центра круговой кривой.

Для разбивки кривых лучше всего иметь таблицы. Существует множество таблиц разных авторов. Наиболее удобными и распространенными являются "Таблицы для разбивки кривых на автомобильных дорогах" автора Н.А.Митина [10], "Таблицы для проектирования и разбивки клотоидной трассы автомобильных дорог" автора В.И.Ксенодохова [11], книга "Проектирование и разбивка вертикальных кривых на автомобильных дорогах" авторов Н.М.Антонова, Н.А.Боровкова, Н.Н.Бычкова, Ю.Н.Фрица [12].

Эти таблицы,как и другие,неоднократно переиздавались, в них подробно описаны различные способы разбивки кривых, даны все расчетные формулы и приведены примеры расчетов.

Основные элементы горизонтальных и вертикальных круговых кривых (рис.6.1) вычислены по формулам [10]:

$$T = R\,tg\,\alpha/2\;;$$

$$K = \frac{\pi R\alpha}{180}\;;$$

$$Б = R(sec\,\alpha/2 - 1)\;;$$

$$Д = 2T - K\;.$$

где в этих формулах R - радиус круговой кривой;

α - угол поворота трассы.

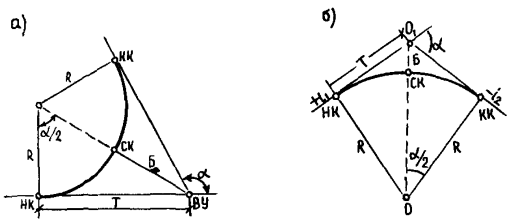


Рис. 6.1. Основные элементы круговых кривых:
а - горизонтальных; б-вертикальных

На рис. 6.1. обозначено НК, СК и КК соответственно начало, середина и конец кривой; ВУП - вершина угла поворота; Т-тангенс длина касательной от вершины угла до начала (конца) кривой; К-кривая (длина дуги в пределах закругления от ее начала до конца); Б-биссектриса, расстояние от вершины угла до середины кривой по линии, делящей центральный угол пополам; Д- домер, разница между длиной по тангенсам (ломаной линии) и длиной по дуге закругления.

При восстановлении пикетажа, если промер ведут по тангенсам, то промерив расстояние до вершины угла и протянув остаток ленты по новому направлению, как это показано на рис. 6.2 [4], переставляют шпильку вперед на величину домера (2Т-К), учиты-

вающего разницу между длиной по ломаной линии и длиной по дуге круговой кривой. Дальнейший промер производится обычным порядком.

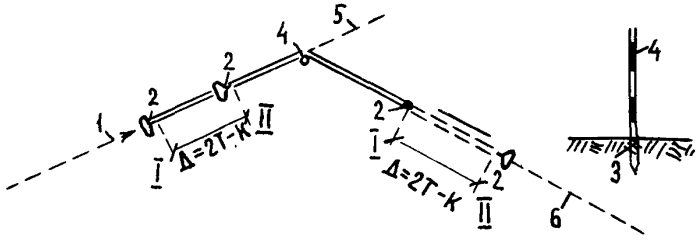


Рис. 6.2. Схема ведения пикетажа на углах поворота:
1-ход пикетажа; 2-места постановки шпилек; 3-точка в вершине угла; 4-вешка в вершине угла; 5- "старое" направление трассы; 6-"новое" направление трассы

Прежде чем отбить точки начала, середины и конца кривой на местности, надо вычислить их пикетажное положение в следующем порядке, например: $\alpha = 30^{0}00$; $R = 1000$; Т-267,95; К= 523,6; Д=12,30; Б=35,28.

ВУ пк 10+55,20
-Т 2 67,95
НК пк 7+87,25
+К 5 23,60
КК пк 13+10,85
-К/2 2 61,80
СК пк 10+49,05

Закончив вычисления, пикетажист возвращает ленту к началу кривой, отмеряя расстояние до нее (НК) от ближайшего пикета; затем переходит к вершине угла и по направлению биссектрисы, отбитой с помощью теодолита, отмеряет ее (биссектрисы) величину и забивает середину кривой (СК). После этого промер линии продолжается от последнего забитого пикета.

Можно отмерять Т1 и Т2, откладывая величину тангенсов

от вершины угла по обоим направлениям (назад - по старому и вперед - по новому). Это явится контролем вычисленного положения НК и КК на местности.

Определить направление биссектрисы можно [4] и без теодолита путем построения двух равных треугольников (рис.6.3).

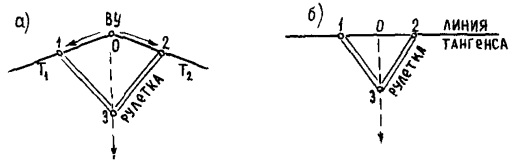


Рис. 6.3. Разбивка направлений с помощью рулетки:
а-определение направления биссектрисы; б- восстановление перпендикуляра к трассе

Для этого от вершины угла точно по направлению (створу) тангенсов T_1 и T_2 отмеряют равные расстояния, к найденным точкам 1 и 2 прикладывают концы ленты (рулетки), которую затем натягивают держась строго за середину. Найденная таким образом точка 3 и вершина угла точка 0 образуют направление биссектрисы. Аналогичным приемом можно восстановить перпендикуляр при выносе точек с касательной на кривую и в других случаях. При больших ординатах необходимо применять угломерный инструмент (теодолит, гониометр) или экер.

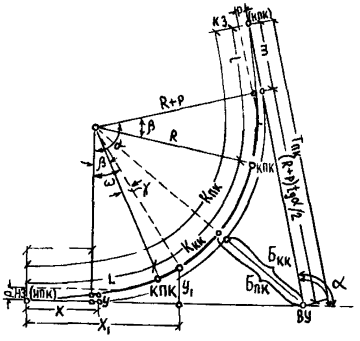
На автомобильных дорогах общего пользования при радиусе 2000 м и менее, а на автомобильных дорогах промышленных предприятий - при радиусах 500 м и менее следует устраивать переходные кривые.

По аналогии с существующим методом расчета и разбивки горизонтальных круговых кривых метод расчета и разбивки закруглений с переходными кривыми включает:

определение величин основных элементов закруглений с переходными кривыми $Т_{пк}$, $К_{пк}$, $Д_{пк}$, $Б_{пк}$;

определение координат X и У для детальной разбивки закруглений с переходными кривыми.

Основные элементы закруглений с переходными кривыми показаны на рис. 6.4.



Основные элементы закруглений с переходными кривыми (рис. 6.4), необходимые для разбивочных работ, определяют по формулам:

$$T_{пк} = (R+p)\,tg\,\alpha/2 + m\ ;$$

$$K_{пк} = \frac{\pi R\alpha}{180} + \ell = 0{,}0174533\,R\alpha + \ell;$$

$$Б_{пк} = (R+p)\,sec\,\alpha/2 - R\ ;$$

$$Д_{пк} = 2T_{пк} - K_{пк}.$$

Рис. 6.4. Основные элементы закруглений с переходными кривыми

В этих формулах R -радиус, ℓ -длина переходной кривой, α - угол поворота - величины известные, а значения $p, m, tg\frac{\alpha}{2}, sec\frac{\alpha}{2}$ требуется определить. Если переходная кривая радиоида, то

$$m = \frac{1}{2}\left(1 - \frac{\ell^2}{120R^2} + \frac{\ell^4}{14280R^4}\right);$$

$$p = \frac{\ell^2}{24R}\left(1 - \frac{\ell^2}{112R^2} + \frac{\ell^4}{21120R^4}\right)$$

Для практических целей достаточно взять:

$$m = \frac{1}{2} - \frac{\ell^3}{240R^2}\ ;\ p = \frac{\ell^2}{24R} - \frac{\ell^4}{2688R^4}.$$

Детальная разбивка горизонтальных кривых методом прямоугольных координат

Разбивка производится от точки начала (конца) круговой кривой (НКК) или от точки начала переходной кривой (НПК). Прямоугольные координаты точек берут из таблиц или рассчитывают на калькуляторе (рис. 6.5).

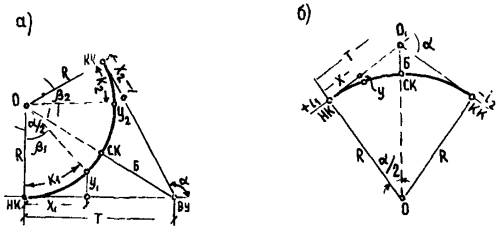


Рис. 6.5. Прямоугольные координаты детальной разбивки круговых кривых от тангенсов:
а-горизонтальных; б-вертикальных

Детальная разбивка горизонтальных круговых кривых производится по прямоугольным координатам X и У тангенсов. Координаты X и У вычислены по формулам:

абсцисса $X = R \sin \beta$,

ордината $y = R(1 - \cos \beta)$,

где R - радиус круговой кривой;

β - центральный угол искомой кривой.

Отложив от НК по тангенсу величину абсциссы X и перпендикулярно к ее концу величину ординаты У, находим на кривой местоположение искомой точки.

Детальная разбивка вертикальной круговой кривой производится по координатам $X_{верт.}$ и У. По заданной величине $X_{верт}$ и принятой величине R ординату У вычисляют (если нет таблиц) по приближенной формуле:

$$y = \frac{X^2}{2K}.$$

Разбивка горизонтальных круговых кривых продолженными хордами

Горизонтальные круговые кривые как самостоятельные, так и в закруглениях с переходными кривыми могут быть разбиты способом продолженных хорд (рис.6.6).

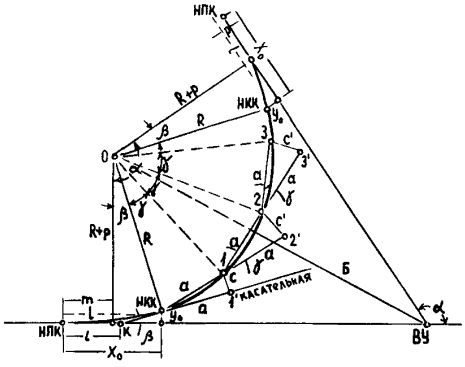


Рис. 6.6. Разбивка горизонтальных круговых кривых продолженными хордами

Этот способ дает возможность разбивать горизонтальные кривые без угломерного инструмента на высоких насыпях и глубоких выемках. Сущность способа состоит в следующем.

Горизонтальную круговую кривую от точки НКК (начало круговой кривой) с хордами длиной "а", а угол α делят соответственно на равные углы γ. Для получения точки 1 на круговой кривой надо от НКК по касательной (по тангенсу в самостоятельной круговой кривой) отложить принятую величину хорды "а".

Держа один конец мерной ленты в точке НКК, другой конец перемещают в сторону кривой на величину крайнего перемещения "С", которое берут из таблиц для принятого радиуса круговой кривой. Касательную в точке НКК в закруглениях с переходными кривыми получают в результате измерения по тангенсу величин L и X_0 и перпендикулярной к абсциссе величины y_0.

Точки 2,3 и т.д. получают на круговой кривой после отложения на продолженных хордах принятой величины "а" и перемещения их в сторону кривой на величину промежуточного перемещения С. Величины С, L, X_0 и y_0 берут из таблиц для соответствующих нормативных.

Для расчета используются формулы:

$$X_0 = \ell \left(1 - \frac{\ell^2}{40 R^2}\right),$$

$$y_0 = \frac{\ell^2}{6R} \left(1 - \frac{\ell^2}{56 R^2}\right),$$

$$\angle\beta = \frac{90^\circ \ell}{\pi R},$$

$$L = X_0 - y_0 \operatorname{ctg}\beta,$$

$$c = 2a \cdot \sin\frac{\gamma}{4} \approx \frac{c'}{2},$$

$$c' = 2a \cdot \sin\frac{\gamma}{2} = \frac{a^2}{2},$$

где R - радиус круговой кривой, м;

ℓ - длина переходной кривой, м;

L - расстояние между точками НПК и К (пересечение касательной с тангенсом);

C - величина крайнего перемещения (1-1');

C' - величина промежуточных перемещений (2-2'; 3-3').

Разбивка закруглений без таблиц

Если требуется хотя бы приблизительно измерить положение кривой на местности, чтобы, например, судить, насколько удобно ее осуществление, можно воспользоваться следующими простыми приемами разбивки без таблиц.

Случай первый [13]. Заданы вершина угла В и возможное положение начала кривой в точке А (рис. 6.7а).

Конец кривой получим откладывая ВД =АВ (рис. 6.7б). Чтобы найти середину кривой М, делим хорду АД пополам и середину Н соединяем с вершиной В. При тупом угле положение середины кривой М может быть определено с достаточной точностью, если разделить длину ВН пополам (рис.6.7.в).

Более точно длина биссектрисы Х=ВМ может быть вычислена по формуле :

$$X = h \frac{2t}{2t + a},$$

где t - длина тангенса АВ;

a - длина хорды АД;

h - длина линии ВН.

Если требуется вычислить радиус полученного таким образом закругления, то он определяется по формуле :

$$R = \frac{at}{2h}.$$

Промежуточные точки могут быть определены, деля высоту треугольника АКМ (рис. 6.7.г) пополам.

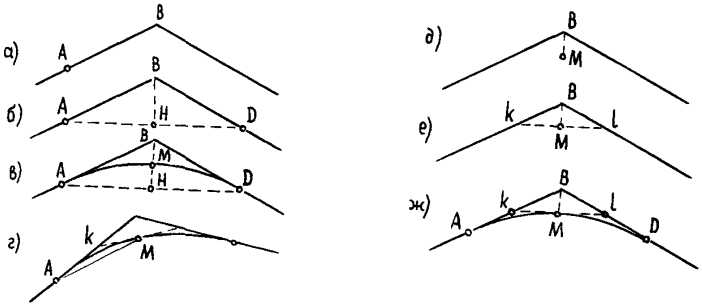


Рис. 6.7. Разбивка закруглений без таблиц

Случай второй. Дана вершина угла В и приблизительное положение середины кривой М, требуется разбить кривую. В этом случае стараются поставить две вехи k и l на стороны угла на таком расстоянии от вершины, чтобы три точки k, M и l находились на одной прямой и чтобы $Bk = Bl$ (рис. 6.7.д,е,ж).

Когда точки k и l будут найдены, может оказаться, что намеченная ранее точка М не будет приходиться точно по середине длины kl. Деля эту последнюю пополам, найдем истинное положение середины кривой М, откладывая по сторонам угла $Ak = Mk$ и $lD = Ml$, получим начало и конец кривой А и Д. Промежуточные точки и радиус находятся как в первом случае.

Случай третий. Известно начало кривой в точке А и ради-

ус закругления R , требуется разбить направление кривой (рис. 6.8).

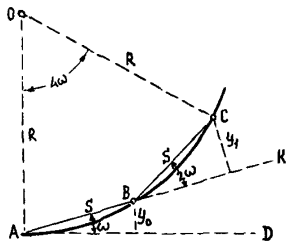


Рис.6.8. Разбивка кривой при известном начале закругления и радиусе

Из рис. 6.8. видно, что ордината Уо может быть определена по формуле:

$$y_0 = \frac{S^2}{2R},$$

где S - некоторая постоянная хорда, равная, например 20 м.

Синус угла АКД может быть вычислен по формуле :

$$\sin w = \sin BAD = \frac{S}{2R}.$$

Выбрав величину S , можно построить угол КАД и найти точку В, соответствующую ординате Уо. Продолжая прямую АВ, можем найти следующую точку кривой С, если учтем, что <СВК=2w и что $y_1 = S \cdot \sin 2w$.

Таким образом, задавшись постоянной длиной S =20 м, будем для различных R иметь соответствующие w, $2w$, y°, y'.

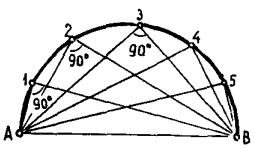
Переходя таким образом от точки к точке, получим постепенную разбивку кривой, пока не остановимся или на известном угле поворота, или на нужном направлении.

Когда известно положение диаметра АВ (рис.6.9), можно разбить окружность при помощи зеркального экера [3].

Для этого наблюдатель должен видеть в экер вехи на точках А и В совмещенными. В этот момент наблюдатель будет держать экер над окружностью. Спроектировав точку на поверхность

земли при помощи отвеса, подвешенного к экеру, забивают колышек. При последовательном перемещении наблюдатель останавливается и закрепляет точки через нужные интервалы.

Рис.6.9. Схема разбивки окружности с помощью экера



7. ГЕОДЕЗИЧЕСКИЕ РАБОТЫ ПРИ РАЗБИВКЕ МАЛЫХ ИСКУССТВЕННЫХ СООРУЖЕНИЙ

Разбивка малых искусственных сооружений сводится к перенесению и закреплению их положения на местности в соответствии с проектом (рис. 7.1).

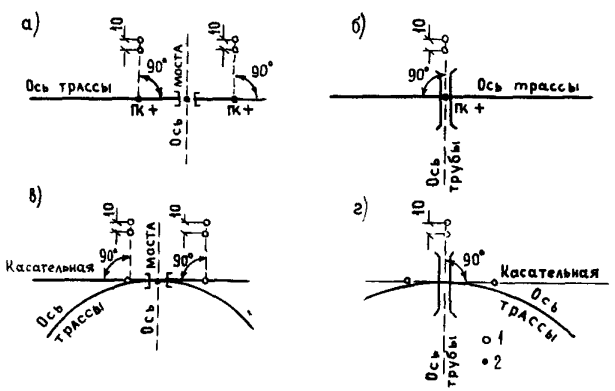


Рис.7.1. Схема закрепления местоположения труб и малых мостов: а-закрепление оси моста на прямой; б-закрепление оси трубы на прямой; в-закрепление оси моста на кривой; г-закрепление оси трубы на кривой, 1-выносные знаки; 2-точка и сторожок

Разбивка искусственных сооружений [9] начинается с восстановления их осей. Положение закрепительных пунктов должно быть увязано с общим пикетажем трассы. Знаки геодезической основы (закрепительные пункты, высотные реперы) устанавливаются так, чтобы были обеспечены их сохранность и полная неизменяемость на все время постройки сооружения до сдачи его в постоянную эксплуатацию.

В процессе строительства трубы выполняются следующие геодезические работы:

проверка положения оси трубы;

разбивка и проверка по ходу работ положения контура котлована под оголовки, секции трубы и укрепление у входного и выходного оголовков, а также определение отметок дна котлована;

разбивка и проверка по ходу работ положения в плане и по высоте кладки фундамента с учетом приданного сооружению строительного подъема;

проверка положения в плане и профиле установленных звеньев трубы;

разбивка подводящего и отводящего русла.

Расстояние между всеми исходными пунктами, закрепляющими ось трубы, должно определяться непосредственным промером стальной компарированной лентой или рулеткой не менее двух раз с относительной ошибкой не более 1:2000.

Положение оси трубы и положение оси или грани опоры моста определяются теодолитом. Теодолит устанавливают над исходной точкой оси трассы или центром опоры моста. Визирную ось трубы теодолита совмещают с осью трассы. Поворотом трубы теодолита отмеряют указанный в проекте угол и устанавливают визиры по линии оси или грани опоры моста или оси трубы. При нормальном пересечении оси трубы или осей опор однопролетных мостов с осью дороги можно применять гониометр или экер.

Для строительства мостов на месте производится разбивка осей моста и опор, установка и закрепление створов и рабочих реперов.

При разбивке осей опор моста определяются центры опор, поперечные оси опор или грани устоев. Центр опор моста отмеряется от исходной точки на оси перехода и должен совпадать с проектным пикетажем сооружения.

Разбивка искусственных сооружений производится точно по горизонтальной плоскости. Все неровности местности должны учитываться.

В местах перехода реки или суходола ось моста разбивается по предварительно устроенным горизонтальным мосткам из досок (рис.7.2). По этим же мосткам промеряют длину пролетов [9].

При пересечении оврагов или реки с крутыми берегами по линии оси устраиваются ступенчатые мостки или по склону берега забиваются высокие колья и к ним горизонтально по уровню прибиваются доски, поставленные для жесткости на ребро.

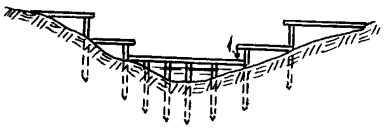


Рис. 7.2. Промеры длины моста по мосткам: 1 - отвес

Перенос промеров с одного яруса (горизонта) мостка на другой производится с помощью отвеса (см. рис. 7.2). Для разбивки осей речных опор дополнительно устраиваются подмости.

При строительстве моста через реку или ручей разбивку удобней делать зимой со льда или при межени.

При разбивке однопролетного моста по провешенной линии АВ от пересечения продольной и поперечной осей моста в точке С (рис. 7.3) откладывают в обе стороны расстояния, равные половине расстояния между осями устоев. В точках Д и Е, в створе вех А,С,В забивают колья.

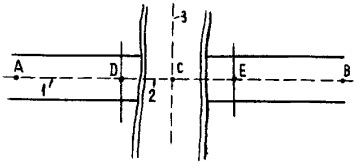


Рис.7.3. Разбивка продольной оси моста и осей опор: 1-ось дороги; 2-продольная ось моста; 3-поперечная ось моста

Продольную ось моста и грани устоев отмечают гвоздями, забитыми в колья и выступающими на 1-1,5 см. Разбивку осей устоев в точках Д и Е производят теодолитом или гониометром путем восстановления перпендикуляров к продольной оси моста по обе стороны. По ленте от точек Д и Е откладывают в обе стороны расстояния до боковых граней опор.

Оси и грани опор дополнительно закрепляют обносками (рис. 7.4), состоящими из брусьев, прибитых в горизонтальном положении к столбам, прочно врытым в землю.

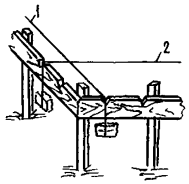


Рис. 7.4. Закрепление опор мостов на обносках : 1-линия оси опоры; 2- линия оси моста

В местах пересечения брусьев с осями и створами граней опор на брусьях делают запилы или забивают гвозди. Положение осей и граней опор может быть легко восстановлено натягиванием шнура по гвоздям или запилам. Обноски устраиваются за пределами расположения моста (за границей строительных, монтажных работ).

Порядок разбивки многопролетного моста такой же, как и однопролетного [9]. Вначале устанавливают колья в осях крайних опор в точках 1 и 4 (рис. 7.5).

Затем от кола в точке 1 к середине моста отмеряют расстояние, равное длине крайнего пролета, и забивают кол в точке 2 по створу линии АВ, от кола в точке 2 отмеряют величину второго пролета и т.д.

Расстояние между осями или гранями двух последних опор (в нашем случае между точками 3 и 4) должно равняться длине последнего пролета. Если измеренное расстояние не соответствует длине последнего пролета, значит в разбивке допущены ошибки и разбивка проводится вновь.

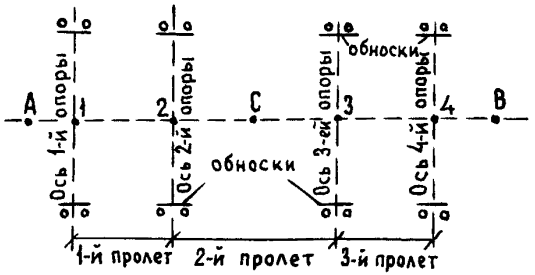


Рис. 7.5. План разбивки продольной оси и осей опор многопролетного моста

Разбивку проверяют и в обратном порядке - от кола в точке 4. Двойной промер гарантирует правильность разбивки.

Фундамент и тело опоры разбивают после восстановления оси моста и разбивки поперечных осей или граней опор. Для этого натягивают проволоку (шнур) по обноскам и наносят на нее (проволоку) необходимые точки, откладывая расстояния между точками по проволоке со сноской их по отвесу. Под отвесом забивается кольшек с маркировкой отбитой точки.

При разбивке котлована под фундамент площадь его увеличивают, добавляя не менее 20 см к каждой стороне для обеспечения постоянного наблюдения за правильностью устройства опоры.

Разбивочные работы для опор с вертикальными гранями производятся с применением рейки с уровнем или отвесом. При наклонных гранях применяют деревянные шаблоны.

Все элементы опор и моста по высоте размечают, перенося отметки от реперов, установленных вблизи искусственных сооружений.

Положение осей опор и труб закрепляется деревянными столбами, в торце которых в месте пересечения осей забивается по одному гвоздю.

Столбы закрепления должны сохраняться на весь период строительных работ, до сдачи сооружения в эксплуатацию, а при возможности и передаваться эксплуатационникам.

При разбивке сборных пролетных строений краской наносят положение осей сборных блоков на насадках опор или на подферменниках.

8. ГЕОДЕЗИЧЕСКИЕ РАБОТЫ ПРИ ВОССТАНОВЛЕНИИ, РЕКОНСТРУКЦИИ, РЕМОНТЕ И СОДЕРЖАНИИ БОЛЬШИХ И СРЕДНИХ МОСТОВ, ЭСТАКАД, ПУТЕПРОВОДОВ

Общие сведения

Геодезические и разбивочные работы выполняют перед постройкой (восстановлением, ремонтом, реконструкцией) в процессе монтажа, после завершения строительных работ и в процессе содержания мостов, эстакад, путепроводов, труб и других искусственных сооружений. Перед началом строительных работ восстанавливают на местности оси и контуры сооружений в соответствии с проектом (ремонта, реконструкции, восстановления).

В процессе монтажа систематически контролируют положение отдельных частей конструкций в плане, в вертикальных плоскостях и по высоте; проверяют размеры и форму элементов, поступающих на строительную площадку.

После завершения строительных работ определяют фактические размеры сооружения и величины отклонения их от проектных.

Разбивочные и контрольные работы выполняют обычными приемами принятыми в геодезии, используя теодолиты, экеры, нивелиры, мерные ленты, стальные рулетки, дальномеры, рейки, вехи, шпильки, отвесы и др.

Исходными точками для разбивочных и контрольных работ служат знаки геодезической основы. Знаки должны сохраняться в полной неизменности на все время строительных работ и желательно передаваться службе эксплуатации.

Исходные точки на оси трассы подходов должны быть связаны с пикетажем трассы. Реперы также должны быть связаны нивелировкой с отметками продольного профиля дороги. Для труб и мостов, путепроводов длиной до 50 м достаточно иметь один репер,

для мостов, эстакад, путепроводов длиной от 50 до 300 м требуется на каждой стороне (берегу) по одному реперу, а для мостов большей длины - по два репера.

Точность измерения расстояний при геодезических и разбивочных работах зависит от длины сооружения и типа пролетных строений. Для труб и мостовых сооружений длиной менее 100 м относительная ошибка измерения не должна превышать 1/5000 [20]. Для мостов большей длины допускаемую ошибку измерения (в см) можно определить по формуле :

$$\Delta_\ell \leq \pm \sqrt{\sum \left(\frac{\ell}{k}\right)^2 + 0{,}5n} \ ,$$

где ℓ - длина каждого пролета на измеряемом участке моста, см;

n - число пролетов на измеряемом участке моста;

k - коэффициент, зависящий от типа пролетного строения;

для балочных пролетных строений, у которых смещение осей опорных частей возможно в пределах ± 3 см, а также для монолитных арочных и рамных мостов $k = 6000$; для пролетных строений, которые требуют более точной установки опорных частей $k = 10000$.

Отметки построечных реперов необходимо определять с возможно более высокой точностью. Допускаемая ошибка нивелирования 10 мм.

Опорные сети разбивки

Разбивка сооружений может производиться с опорных точек, расставленных вдоль оси моста или линии ей параллельной, в непосредственной близости к основным точкам разбивки сооружения. Положение таких опорных точек определяется промерами расстояний. В зависимости от установленной точности работ промеры можно вести шкаловой лентой, светодальномером или оптическим дальномером.

Разбивку больших мостовых переходов производят с пунктов мостовой триангуляции, полигона (точек линейно-угловой сети) или трилатерации. Схемы мостовой триангуляции изображают в виде ряда треугольников, геодезических четырехугольников или в виде специальной триангуляционной сети, а линейноугловые сети - в

виде систем линейно-угловых фигур.

При создании опорной сети в стесненных условиях применяют микротриангуляцию с длинами сторон опорной сети 70-120 м.

При построении опорных сетей должны быть предусмотрены: взаимная видимость пунктов при наблюдениях с земли; расположение пунктов в незатопляемых геологически устойчивых местах; расположение базисов на участках местности с уклонами не более 2°; включение в сеть исходных точек мостового перехода; хорошая видимость с пунктов оси мостового перехода.

На крупных мостовых переходах предпочтение отдается сетям из линейно-угловых фигур. Они могут удачно сочетать размеры сети с длиной перехода и особенностями местности и резко снижают влияние рефракции на результаты измерений вдоль берегов реки. Одна из линий таких сетей обычно совпадает с осью мостового перехода.

Углы опорных мостостроительных сетей измеряются точными теодолитами (с точностью ± 5"), а стороны - светодальномерами.

При больших длинах сторон и высокой точности линейных измерений (с погрешностью 1:200000) координаты точек линейно-угловых сетей могут определяться без громоздких вычислений.

К построению сетей из линейно-угловых фигур или триангуляций и трилатераций надо прибегать лишь в тех случаях, когда по условиям местности и требованиям строительных работ непосредственные промеры с необходимой точностью по оси сооружения или по удобным для разбивки направлениям трудно осуществимы.

Кроме плановой опорной сети, на строительстве создают высотную опору с установкой постоянных реперов на каждом берегу и рабочих реперов на каждой строящейся опоре сооружения. Точность опорной сети, создаваемой для разбивки мостов, эстакад и путепроводов, зависит от конструкции сооружения; от принятой технологии строительно-монтажных и разбивочных работ, условий местности, наличия геодезического оборудования и от принятой организации строительных работ (см. раздел 3, табл.3.7).

Общие сведения о разбивочной сети моста

Планово-высотной геодезической основой строительства и эксплуатации моста служат пункты специально создаваемой опорной геодезической сети. От этих пунктов в ходе строительства, восстановления и реконструкции выносят в натуру центры и оси опор, регуляционных и других сооружений, а в период эксплуатации наблюдают за деформациями. К наиболее ответственным, сложным и требующим наибольшей точности относятся работы по вынесению в натуру центров мостовых опор. Они должны выполняться в точном соответствии с правилами СНиП Ш-43-75 [14]. Правилами установлено, что координаты центров опор должны определяться со среднеквадратической ошибкой не более 12 мм. Но ошибка определения координат центра опоры складывается из ошибок разбивочных работ и ошибок в координатах опорных пунктов геодезической сети. Поэтому ошибки в положении геодезических пунктов практически не должны влиять на точность разбивки центров опор. Строительные нормы требуют, чтобы средние квадратические ошибки координат пунктов геодезической сети не превышали 6 мм.

Простейший вид разбивочной сети представляет собой закрепленная на местности ось моста. Откладывая вдоль оси проектные расстояния от знаков, закрепляющих начало и конец моста, определяют положение центров опор моста. Измерения выполняют светодальномерами, а при работах на суходоле также и мерными лентами, рулетками по специально построенным вдоль оси мосткам. Однако в ходе возведения, ремонта моста по оси ведутся работы, а при эксплуатации движется транспорт. Поэтому с верховой стороны на расстоянии 20-50 метров, а на эксплуатации по створу перильных ограждений разбивают параллельную, так называемую дублерную ось. В этом случае разбивку опор выполняют от закрепленных на этой оси пунктов. Для разбивки центров опор на воде приходится создавать более сложные сети с пунктами, расположенными вне оси моста, с таким расчетом, чтобы засечками с этих пунктов можно было надежно определять положение центров опор во время их строительства, а также наблюдать за деформациями опор, пролетных строений и регуляционных сооружений в период эксплуатации(содержания). Поэтому, намечая расположение пунктов разби-

вочной сети, надо учитывать,как их можно будет использовать при последующих геодезических работах.

Схема разбивочной сети определяется главным образом условиями местности и имеющимися средствами измерений. Схему и программу измерений в ней выбирают так, чтобы при возможно меньшем объеме измерений обеспечить требуемую точность определения координат пунктов сети, а также удобство последующих геодезических работ, снижение их трудоемкости с обеспечением необходимой точности.

На широких реках пункты сети,расположенные на берегах, приблизить к русловым опорам невозможно. При этом в наиболее неблагоприятных условиях оказывается удаленная от обоих берегов опора Е, расположенная посреди русла (рис.8.1).

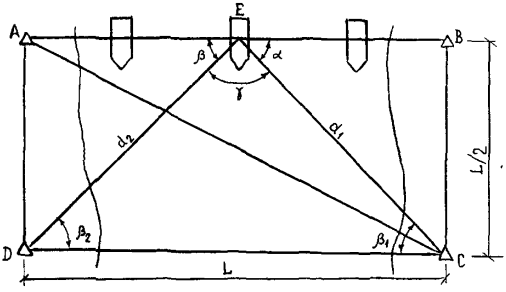


Рис. 8.1. Схема расположения пунктов разбивочной сети

Основными методами разбивки центра такой опоры оказываются [15] засечки - угловые (теодолитные) и линейные (светодальномерные). Применяя прямую угловую засечку, на пунктах С и Д теодолитом измеряют горизонтальные углы β_1 и β_2 .

Линейной засечкой измеряют расстояния d_1 и d_2 . Обратными угловыми засечками на опоре Е измеряют горизонтальные углы α , β и γ . Т.к. наибольшая точность определения положения точки Е достигается, когда угол γ =90°; полагая, что базис СД равен и параллелен АВ; ВС и АД должны быть примерно рав-

ны половине длины моста.если АВ= L (длина моста) при указанном соотношении длин сторон оказывается достаточно благоприятной и форма треугольников разбивочной сети.

В триангуляции связующие углы не должны быть меньше 25-30°. Если базисной стороной служит измеренная светодальномером сторона СД или АВ, то форма треугольников оказывается еще благоприятней, так как связующими будут углы САД или ВСА.

При строительстве мостов на больших реках не ограничиваются созданием сети с минимальным числом опорных пунктов. Пункты разбивочной сети располагают по обе стороны от оси перехода АВ и на обоих берегах, что улучшает условия разбивки центров опор.

Изложенные положения являются самыми приблизительными. Не всегда возможно достижение указанного благоприятного типового расположения пунктов разбивочной сети. В каждом конкретном случае, намечая расположение пунктов опорной сети относительно опор моста и проектируя способы выноса в натуру центров опор, следует рассчитывать ожидаемые погрешности этих работ при принятом расположении пунктов.

Координаты пунктов разбивочной сети моста обычно определяют в местной системе координат (условной), а началом системы координат принимают начало мостового перехода (одну из точек, закрепляющих ось моста), ось абсцисс принимают по оси перехода, так что дирекционный угол оказывается равным нулю.

Чтобы не было отрицательных значений абсцисс и ординат, к ним прибавляют некоторое одинаковое число, например 1000 м. Часто исходные пункты разбивочной сети располагают не на основной, а на дублерной оси.

Пункты геодезической сети моста располагают на устойчивых в геологическом отношении и по возможности не затопляемых местах. Пункты геодезической сети моста, а также ось моста надежно закрепляют на местности постоянными знаками.

Согласно [14] ось перехода при длине моста до 50 м закрепляется двумя деревянными столбами диаметром не менее 15 см - по одному на каждом берегу.

Верхний конец столба затесывают на конус, а на нижнем конце устраивают якорь. Столб вкапывают на 0,5 метра ниже глубины промерзания. Знак окапывают канавкой в виде квадрата со стороной 1,5 м глубиной 0,3 м, а вокруг столба насыпают холмик высотой 0,1 м. Столб должен быть ошкурен, а коническая часть окрашена белой или красной краской. Центр отмечают крестообразной насечкой на шляпке гвоздя,забиваемого в вершину столба. При длине моста 50-100 м ось его закрепляют четырьмя столбами - по два на каждом берегу.

Если длина моста более 100 м, на обоих берегах закладывают не менее чем по два железобетонных знака. Если ось моста пересекает остров, на нем дополнительно устанавливают не менее одного осевого знака. Основание знаков должно быть на 0,5 м глубже, чем глубина промерзания грунта.

В зоне вечной мерзлоты закрепительные знаки лучше устраивать на скалах или глыбовых навалах. Если их нет, то вкапывать на глубину 2,4-2,6 м (на 1 м глубже деятельного слоя) с устройством гравийно-песчаной обсыпки. Размер железобетонного знака поверху 20-25 см, внизу 35-40 см.

Центр знака отмечается забетонированным в него и выступающим над верхним торцом штырем или рельсом с крестообразной насечкой, запилом, либо высверленным отверстием.

Вместо бетонного монолита знак может быть сделан из металлической трубы диаметром не менее 6 см или обрезка рельса, нижний конец которых бетонируется (бетонный якорь). Можно делать знак высотой 1,3-1,4 м над землей со столиком для установки теодолита, светодальномера. Столик должен иметь отцентрированное отверстие для станового винта геодезических приборов.

Для ослабления влияния рефрации на угловые и светодальномерные измерения при выборе положения пунктов стремятся, чтобы лучи визирования проходили возможно выше над земной поверхностью и препятствиями. Высота луча над препятствием должна быть не менее 3 метров.

Если для обеспечения нужной высоты луча визирования необходимо поднять теодолит, то над центром пункта сооружают деревянную или металлическую пирамиду со столиком наверху для установки теодолита, вокруг пирамиды строят вышку с помостом

для наблюдателя.

Периодически перед использованием пунктов сети для производства геодезических работ необходимо выполнять контрольные измерения, которые должны подтверждать достаточную неподвижность пунктов. Когда работы по строительству, ремонту, восстановлению моста ведутся больше года, стабильность положения пунктов сети рекомендуется проверить один-два раза в год. Результаты измерений, выполненных в разных циклах, должны совпадать в пределах точности измерения углов в разных циклах и не превышать $2m$, где m - средняя квадратическая ошибка измерения угла, всю разбивочную сеть надо вновь отнаблюдать, измерив все необходимые элементы, уравнять и вычислить новые значения координат пунктов сети, длины сторон сети и их дирекционные углы.

Схемы построения мостовых разбивочных сетей

Мостовая триангуляция

Построение разбивочной сети моста методом триангуляции, т.е. в виде сети треугольников, в которой измеряют все углы и длины отдельных - базисных сторон, долгое время было основным методом.

Для измерения мерными приборами (инварными или стальными проволоками, компарированными рулетками, шкаловыми лентами) место базиса выбирают на берегу реки, в местах с плотным грунтом, на ровном горизонтальном участке с общим уклоном не более 2°.

Обычно место для базисов выбирают так, чтобы они примыкали к пунктам, закрепляющим ось моста. Длина базисов должна быть такой, чтобы углы в сети были не меньше 25-30°.

Методика измерений мерными приборами описана в специальной литературе [16]. Отметим лишь, что эти измерения очень трудоемки и вместо мерных приборов целесообразно использовать светодальномер соответствующей точности. Подходящим для этой цели светодальномером является МСД-1М,обеспечивающий измерение длин линий до 300 м с точностью 2-3 мм, а при бла-

гоприятных условиях - до 500 м с точностью 3-5 мм.

Для разбивки мостов длиной до 200 м при отсутствии светодальномера и необходимости выполнения линейных измерений мерными приборами сеть строят [15] в виде одного треугольника с базисом "в" (рис. 8.2 а), решением которого определяют длину мостового перехода в пределах водного препятствия (АС).

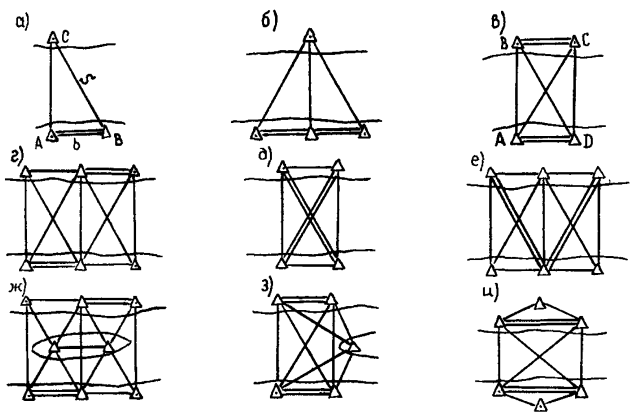


Рис.8.2. Схема сетей мостовой триангуляции (двойные линии - базисные стороны)

При строительстве мостов длиной 200-300 м повышение точности и контроль измерений достигаются построением двух треугольников [10] с измерением двух базисов (рис.8.2, б).

Наиболее часто мостовую триангуляцию строят в виде геодезических четырехугольников (рис.8.2,в,г,д,е,ж,з,и).

Для контроля линейных измерений в геодезическом четырехугольнике (рис. 8.2, в) измеряют два базиса и все углы. Построением четырехугольника создаются два пункта С и Д, расположенные в стороне от оси перехода и образующие удобно расположенную базу для разного вида засечек при разбивке опор.

Чаще всего мостовая триангуляция строится в виде двух геодезических треугольников с размещением базисов на одном или

на разных берегах (рис. 8.2, г).

Если дальность действия светодальномера позволяет, то базисными служат более длинные стороны (рис.8.2 д,е). Измерение длинных сторон повышает точность сети. Стремясь приблизить пункты разбивочной сети к опорам, чтобы повысить точность выне-сения их центров в натуру, при работе на широких реках, располага-ют пункты на островах (естественных или отсыпных), сваях, дне ре-ки (см.рис.8.2 ж,з). При широкой пойме хорошие условия для раз-бивочных работ обеспечивает схема, изображенная на рис. 8.2 и.

В зависимости от рельефа местности, условий строитель-ства, восстановления, характера грунтов и конфигурации берего-вой линии могут быть созданы и многие другие схемы триангуля-ции.

Линейно-угловая сеть. Полигонометрия

По мере внедрения в практику работ светодальномеров ос-новным методом построения опорной разбивочной сети моста ста-новится линейно-угловая сеть, в которой измеряют горизонталь-ные углы и длины сторон. Часто [15] такую сеть строят в виде одно-го или двух геодезических четырехугольников (рис.8.3,а).

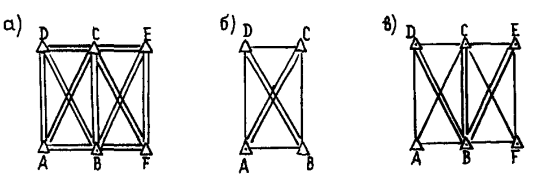


Рис. 8.3. Схемы линейно-угловой сети

Если в сети измеряют не все стороны, то предпочитают, если это позволяет дальность действия светодальномера, измерять более длинные (рис.8.3б), так как измерение больших расстояний выполняется с меньшими относительными ошибками, чем корот-ких.

При больших длинах сторон для ослабления влияния водной поверхности на светодальномерные и угловые измерения пункты опорной сети стремятся располагать на возвышенных участках берега или строят высокие знаки. При этом измерения лучше выполнять в пасмурную и ветреную погоду. В случае небольшой высоты луча или значительной ширины водной преграды температуру воздуха для введения поправок в светодальномерные измерения полезно измерять над водой.

Удобна для обеспечения строительства опор полигонометрия, где вместо хода проложенного по оси перехода или кроме этого хода прокладывают один или два (по разные стороны оси) полигонометрических хода [15], пункты которых обозначают на местности вспомогательную разбивочную ось СД (рис.8.4а) или две таких оси СД и ЕЕ (рис.8.4б,в).

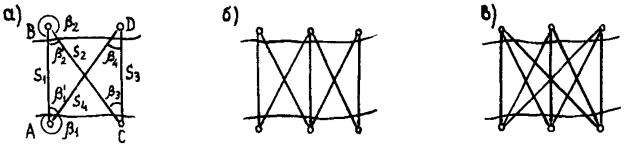


Рис. 8.4. Схемы линейно-угловой сети при отсутствии видимости вдоль берега

Закрепив на линиях хода точки 1 , 2 , 3 , 1", 2", 3", соответствующие пикетажу центров опор, создают удобные условия для разбивки опор - направление на центр опоры определяется отложением от линии хода угла 90°.

Расположенные вне зоны строительных работ такие пункты могут быть сохранены на все время строительства, и положение их может быть легко проконтролировано повторными измерениями и при надобности восстановлено.

Трилатерация

В трилатерации измеряют только длины сторон. Чаще всего свободную трилатерацию строят как сеть геодезических четырехугольников. По измеренным длинам сторон вычисляют углы, а затем координаты пунктов. Трилатерация при мостовых работах применяется очень редко. Схемы трилатерации приведены на рис.8.5.

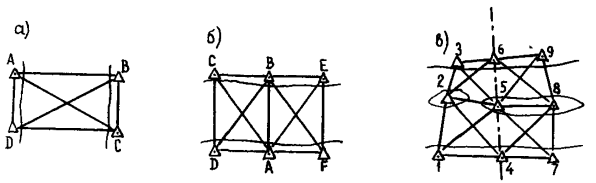


Рис. 8.5. Схемы трилатерации:
а - геодезический четырехугольник; б - два четырехугольника;
в -сеть четырехугольников

Приближенное уравнивание разбивочной сети

Простые по форме разбивочные сети с небольшим числом пунктов и измеренных величин могут быть уравнены с помощью микрокалькуляторов. Уравнивание измеренных направлений заменяют уравниванием образованных этими направлениями углов, не учитывая их взаимозависимости.

Условные уравнения стремятся решать не совместно, а раздельно, вводимые на разных этапах уравнивания поправки в разные углы считают равными. Облегчая вычисления, перечисленные упрощения приводят к тому, что результаты уравнивания несколько отличаются от строгого решения по методу наименьших квадратов.

Однако при высокой точности измерений эти отличия несущественны, что позволяет использовать результаты приближенно-

го уравнивания в последующих инженерно-геодезических работах [15,17,18].

В то же время при строительстве мостов, особенно больших и уникальных, необходимо проявлять осторожность и повторить уравнивание сети строгим методом на ЭВМ, чтобы убедиться в отсутствии больших расхождений.

Приближенное уравнивание триангуляции или линейно-угловой сети выполняют в следующем порядке. Сначала решают не имеющие общих неизвестных условные уравнения фигур. Это решение сводится к равномерному распределению невязки каждой фигуры между ее углами. Затем поочередно решают прочие условные уравнения.

Определяемые при этом поправки ограничивают следующими дополнительными условиями:

- новые поправки не должны нарушать ранее удовлетворенных условий;

- для облегчения вычислений новые поправки в разные углы принимают равными по абсолютной величине.

При относительно низкой точности измерения расстояний, по сравнению с точностью измерения углов, условные уравнения сторон не составляют. Измеренные длины сторон используют для того, чтобы от каждой из них в отдельности вычислить длину стороны, лежащей на оси мостового перехода. Из нескольких полученных результатов выбирают среднее. В последующем длину мостового перехода используют как исходную для вычисления окончательных длин всех сторон сети.

Пример. Уравнивание мостовой полигонометрии (см.рис.8.2,а).

Точность измерения углов -3", расстояний - 3 мм.

Система условных уравнений содержит одно условное уравнение фигуры и два уравнения координат. Вычисление свободного члена условного уравнения фигуры (угловой невязки хода) показано в табл.8.1.

Измеренные и уравненные углы

Таблица 8.1

Номер угла	Измеренный угол β_i	v_i'	Угол, исправленный поправкой v_i	v_i''	Уравненный угол
1	330°54'02,1"	-0,8"	330°54'01,3"	-2,5"	330°53'58,8"
2	333°01'04,0"	-0,7"	333°01'03,3"	-2,5"	333°01'00,8"
3	31°16'53,6"	-0,8"	31°16'52,8"	+2,5"	31°16'55,3"
4	24°48'03,0"	-0,7"	24°48'02,6"	+2,5"	24°48'05,1"
	720°00'03,0" $\omega_\Phi = +3,0$	-3,0"	720°00'00,0"	0,0"	720°00'00,0"

Невязка в виде первичных поправок распределена на все углы. Для составления условных уравнений координат (табл.8.2) используют дирекционный угол $\alpha_{AB}=0°00'00"$ и углы, исправленные первичными поправками. Затем вычисляют дирекционные углы и с использованием измеренных расстояний определяют приращения координат.

Условные уравнения абсцисс и ординат составляются согласно формулам:

$$\cos\alpha_1 v_{s1}+\cos\alpha_2 v_{s2}+\cos\alpha_3 v_{s3}+\cos\alpha_4 v_{s4}-\Delta y_{2,1} v_2-\Delta y_{3,1} v_3-$$
$$-\Delta y_{4,1} v_4+\omega_x=0;$$

$$\sin\alpha_1 v_{s1}+\sin\alpha_2 v_{s2}+\sin\alpha_3 v_{s3}+\sin\alpha_4 v_{s4}+\Delta x_{2,1} v_2+\Delta x_{3,1} v_3+\Delta x_{4,1} v_4+$$
$$+\omega_y=0,$$

где v_{si} - поправка в длину i -й стороны хода;

v_i - поправка в i -й угол (в радианах);

$\Delta x_{k\ell}, \Delta y_{k\ell}$ - приращения координат между пунктами k и ℓ;

ω_x, ω_y - свободные члены

$$\omega_x = \Delta x_{12}+\Delta x_{23}+\Delta x_{34}+\Delta x_{41},$$

$$\omega_y = \Delta y_{12}+\Delta y_{23}+\Delta y_{34}+\Delta y_{41}$$

$$v_{s1} - 0{,}89\,v_{s2} + v_{s3} - 0{,}87\,v_{s4} + 0\,v_2''' + 2{,}02\,v_3''' + 2{,}31\,v_4''' - 0{,}007 = 0$$

$$0{,}45\,v_{s2} + 0{,}07\,v_{s3} - 0{,}49\,v_{s4} - 4{,}28\,v_2''' - 3{,}1\,v_3''' - 4{,}15\,v_4''' + 0{,}005 = 0\ .$$

Чтобы не нарушать условия фигуры,положим:

$$v_1''' = v_2''' = -v_3''' = -v_4''' = v.$$

При этом острые углы: β_1'/β_2', β_3' и β_4' получают одинаковые вторичные поправки. Выразим поправки в расстояния в миллиметрах, а поправки в углы в секундах. Для этого свободные члены, вычисленные в метрах, надо умножить на 1000, а коэффициент при поправках в углы - на 1000:ρ"=0,004848, тогда получим:

$$v_{s1} - 0{,}89\,v_{s2} + v_{s3} - 0{,}87\,v_{s4} - 2{,}10\,v - 7 = 0,$$

$$0{,}45\,v_{s2} + 0{,}07\,v_{s3} - 0{,}49\,v_{s4} + 0{,}08\,v + 5 = 0$$

Приняв веса углов и расстояний равными (P1=1), составим и решим нормальные уравнения:

$$7{,}959\,k_1 - 0{,}072\,k_2 - 7 = 0;$$

$$-0{,}072\,k_1 + 0{,}045\,k_2 + 5 = 0;$$

$$k_1 = 0{,}781 \qquad k_2 = -10{,}898$$

По формулам:

$$v_1 = q_1 (k_\alpha a_1 + k_\beta b_1 + \ldots + k_r r_1),$$

$$v_2 = q_2 (k_\alpha a_2 + k_\beta b_2 + \ldots + k_r r_2),$$

$$\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots$$

$$v_n = q_n (k_\alpha a_n + k_\beta b_n + \ldots + k_r r_n),$$

где $q_i = 1/p_i$ - обратный вес i - го измерения, находим:

v_{s1} =0,8 мм; v_{s2}=-5,6 мм; v_{s3}=0; v_{s4} =4,7 мм;

v_1''' = v_2''' = -2,5"; v_3''' = v_4''' = +2,5".

Исправив найденными поправками расстояния и углы, вновь вычислим, но уже уравненные значения дирекционных углов и приращений координат (табл.8.3).

Вычисление приращений координат.

Таблица 8.2

Сторона	Измеренное расстояние, м	Дирекционный угол	Приращения координат, м	
			ΔX	ΔY
AB	428,450	0°00'00,0"	428,450	0
BC	445,834	153°01'03,3"	-397,303	202,283
CD	385,241	44°17'56,1"	384,157	28,878
DA	475,306	209°05'58,7"	-451,311	-231,156
			ω_x =-0,007	ω_y=0,005

Уравненные расстояния, дирекционные углы и приращения

Таблица 8.3

Сторона	Уравненное расстояние, м	Уравненный дирекционный угол	Уравненные приращения координат	
AB	428,4508	0°00'00,0"	428,451	0
BC	445,8284	153°01'00,8"	-397,296	202,285
CD	385,2410	4°17'56,1"	384,157	28,878
DA	475,3107	209°06'01,2"	-415,312	-331,163
			0,000	0,000

Прибавляя приращения координат к заданным координатам исходного пункта А, один за другим вычисляем окончательные (уравненные) координаты пунктов В,С,Д.

Методика нивелирования

Высотную сеть моста строят методом геометрического нивелирования. Нивелирование П класса применяют для построения высотных разбивочных сетей протяженностью более 1 км и для на-

блюдений за деформациями моста. Нивелирование П класса выполняют нивелирами Н-0,5, *Ni*-002 или *Ni*-007 с использованием штриховых инварных реек. Каждую линию нивелируют дважды в прямом и обратном направлениях с соблюдением требований, приведенных в табл. (8.4).

Основные технические требования и допуски при нивелировании

Таблица 8.4

Параметр	Допуски		
	Класс нивелирования		
	П	Ш	1У
Нормальная длина визирного луча,м	65	75	100
Неравенство расстояний от нивелира до реек на станции, м	1	2	5
Накопление неравенств расстояний, м	2	5	10
Высота луча визирования над поверхностью земли, м, не менее	0,5	0,3	0,2
Расхождения в превышениях на станции, вычисленных по разным шкалам реек, мм	0,7	3	5
Расхождения в превышениях, полученных из прямого и обратного ходов, мм где L в км, когда среднее число станций на 1 км:			
меньше 15	$5\sqrt{L}$	$10\sqrt{L}$	
больше 15	$6\sqrt{L}$		
Допустимая невязка хода или полигона, мм	$5\sqrt{L}$	$10\sqrt{L}$	$20\sqrt{L}$

Нивелирование Ш класса применяют для построения разбивочных сетей длиной до 1 км. Применяют нивелиры Н-3 и Н-3К с использованием шашечных реек.

Нивелирование 1У класса применяют для определения высот временных реперов. Ходы нивелирования 1У класса прокладывают между постоянными реперами в одном направлении. Для ни-

велирования применяют нивелиры типов Н-3 и Н-3К с комплектом шашечных реек.

Разбивка центров опор мостов, эстакад и путепроводов

Перед разбивкой центров опор уточняют пикетажное положение исходных точек; промеряют расстояние между исходными точками разбивки и закрепляют их знаками; передают высоты через водоток и уточняют высоты реперов, предварительно закрепив их на местности фундаментальными знаками; устанавливают значения координат точек опорной сети.

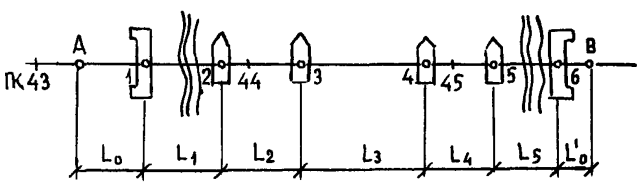


Рис. 8.6. Схема разбивки центров опор моста

Разбивку центров опор в плане производят вдоль оси сооружения или по створам, параллельно этой оси, расположенным за пределами строительных работ. Проектные расстояния откладывают от исходных точек до центров опор (рис.8.6) или их дублеров (рис.8.7) и прямыми угловыми или створными засечками с точек базиса (рис.8.8) [8] или с пунктов мостовой триангуляции, трилатерации или точек линейно-угловой сети (рис.8.9)

Линейные измерения производят светодальномерами, а также лентами и металлическими рулетками по специальным мосткам, устроенным на столбиках по суходолу и на сваях через реки небольшой глубины или по вмороженным в лед прокладкам.

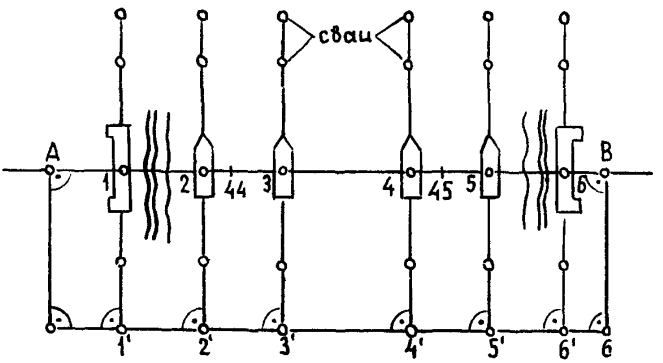


Рис. 8.7. Схема разбивки центров опор с использованием дублеров

Способ непосредственного отложения проектных расстояний от исходных точек А и В вдоль продольной оси сооружения до центров опор перехода - точек 1,2,3,4,5,6 (см.рис.8.6) - рекомендуется применять при всех удобных случаях. Проектные расстояния этим способом откладывают с повышенной точностью в прямом и обратном направлениях.

При измерениях мерными приборами вводят поправки за температуру и компарирование прибора. Их определяют и вводят в измеряемые расстояния на каждом пролете.

Положение точек на мостках фиксируют гвоздиками с последующим проектированием их отвесом и закреплением специальными знаками или столбиками.

Разбивку центров опор с точек оси, параллельной оси сооружения,производят вдоль перпендикуляров, построенных в этих точках с помощью теодолита. Расстояния между точками разбивочной оси, параллельной оси сооружения, и центрами опор измеряют обычными лентами, рулетками или дальномерами (см.рис.8.7).

При возведении малых мостов с одного конца сооружения

разрешается производить разбивку центров опор последовательными промерами расстояний между ними по оси сооружения. При этом каждая строящаяся опора разбивается на проектном расстоянии от возведенной предыдущей (т.е. на расстоянии между смежными центрами опор). Этот способ имеет запас точности и дает возможность последующей частичной корректировки положения каждой опоры. Данный способ недопустим при "встречном" способе производства работ (с двух концов сооружения), так как приводит к накоплению погрешностей в месте встречи.

При разбивке центров опор способом засечки с пунктов мостовой опорной сети положение каждой разбиваемой опоры не зависит от разбивки других, и поэтому их строительство может производиться независимо при любом способе производства работ (встречном, последовательном или произвольном).

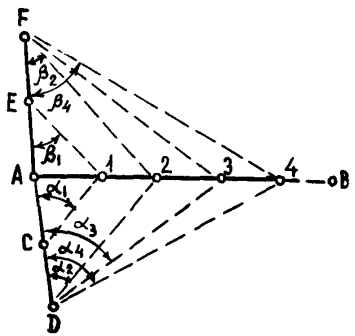


Рис. 8.8. Схема разбивки центров опор угловыми засечками с точек базиса

Для разбивки центров опор угловыми засечками рассчитывают разбивочные углы засечки. Их находят по дирекционным углам, найденным из решения обратной геодезической задачи (по координатам пунктов триангуляции и проектным координатам центров опор) или из решения треугольника по двум сторонам и углу между ними. Результаты расчетов вносят в чертеж разбивки центров опор.

При разбивке центров опор способом угловой засечки пункты разбивки целесообразно размещать на базисе, проходящем параллельно оси сооружения или под некоторым углом к ней. Углы засечек при точках 1,2,3,4 (см.рис.8.8) должны быть не менее 30 и не более 150°. Для выполнения этого условия засечку производят с дополнительных точек базиса, предусмотренных в разби-

вочном чертеже и хорошо закрепленных на местности.

Центры опор засекают с трех точек (с двух боковых и с осевой - исходной). При допустимости погрешности в такой створной засечке полученную точку по перпендикуляру смещают на ось сооружения.

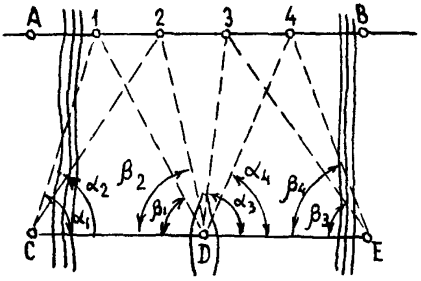


Рис. 8.9. Схема разбивки центров опор угловыми засечками с пунктов мостовой триангуляции

Для восстановления точки центра опоры в процессе строительства направление засечек каждой опоры закрепляют специальными визирными знаками на противоположных берегах реки в местах, не затопляемых паводком.

Для разбивки отдельных элементов опоры при ее строительстве устанавливают горизонтальную обноску. На обноску выносят ось сооружения и перпендикулярную ей ось опоры.

Центры опор закрепляют на берегах вертикальными створными плоскостями (рис.8.10) и приближенно-бакенами или плавающими вехами.

Более точно разбивку положения центров опор в таких местах производят после отсыпки или намыва островков или установки в них фундаментов опор с помощью опускных колодцев.

При сооружении опор в глубоких реках на сваях-оболочках, опускных колодцах или кессонах разбивку их положения ведут в два приема. Вначале находят положение центра опоры, подводят к месту на плаву агрегат для сооружения опоры и закрепляют его якоря-

ми. Определив положение установленных на агрегате всех марок относительно центра опоры, в направлении оси моста устанавливают каркасы с гнездами для свай или подводимые на плаву опускные колодцы.

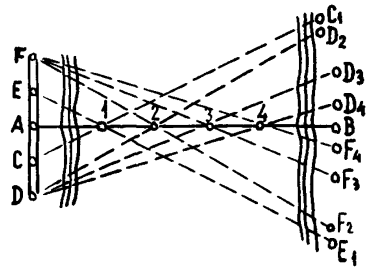


Рис. 8.10. Схема закрепления на берегах центров опор вертикальными створными плоскостями

После установки низа колодца на грунт его положение уточняют, а в процессе дальнейшего опускания выправляют в соответствии с проектом. При опускании колодцев ведут наблюдения за креном и смещением их центра от заданного положения и за глубиной погружения с помощью устанавливаемых на колодцах реек и марок.

По окончании работ по устройству основания опоры производят более точную разбивку ее центра, разбивая продольную и поперечную оси и закрепляя их на опоре или обноске. Затем ведут строительство самой опоры.

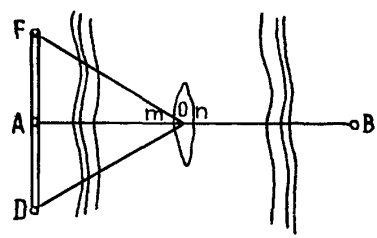


Рис. 8.11. Схема определения планового положения опоры с точек мостовой триангуляции

В ходе строительства положение центров опор неоднократно проверяют и уточняют, используя для этого створные визирные знаки.

На глубоких реках в точках, закрепленных плавающими вехами, устанавливают основания опор (сваи-оболочки, опускные колодцы) на плаву. Плановое положение каждого основания опоры определяют из трех точек мостовой триангуляции (А,Д,F - (рис.8.11), визируя с них теодолитами на марки

(т,0,п), укрепленные на основании опоры (опускного колодца) или на рамном каркасе (сваи-оболочки).

При использовании светодальномеров центры опор могут быть определены по проектным расстояниям от исходной точки без угловых засечек. Для этого прибор устанавливают в исходной точке (см.рис.8.6, точка А) и строго по проектной линии (по оси мостового перехода) намечают места положения опор, определяя светодальномером точное расстояние. Полученные расстояния сравнивают с проектными, определяют поправки и, откладывая их в соответствующую сторону вдоль проектной линии, определяют положение центра каждой опоры. Расстояние до всех полученных центров опор со второй исходной точки В (см.рис.8.6) контролируют.

Разбивочные работы начинают после восстановления осей искусственных сооружений. Положение поперечной оси или грани каждой опоры моста определяют с помощью теодолита. Для этого теодолит устанавливают над центром опоры и направляют зрительную трубу вдоль оси трассы на веху, стоящую в исходной точке мостового перехода. При закрепленном лимбе поворотом алидады отмеряют проектный угол и по направлению визирной оси зрительной трубы выставляют вехи на линии продольной оси опор моста.

Геодезические работы при монтаже сборных конструкций сооружений

Перед монтажом проверяют размеры сборных конструкций, помещают на них монтажные риски, разбивают основные оси сооружения, устанавливают обноски и наносят на них направления разбивочных осей и положение проектных горизонтов.

К монтажу фундаментов опор сооружения приступают после того, как выроют котлован и зачистят дно в соответствии с проектной отметкой. При установке фундаментов несущих колонн вдоль помеченных на обноске продольных и поперечных осей натягивают проволоки и их пересечения проектируют отвесом в котлован. Над полученными точками центрируют фундаменты, одновременно разворачивая их грани вдоль створных осей.

Положение продольных и поперечных осей фундаментов помечают рисками на гранях стаканов фундаментов, а дно стаканов нивелируют.

При установке колонн в стаканы фундаментов риска стакана и осей основания колонны должны быть совмещены, а верхние осевые риски продольной и поперечной осей должны при этом лежать в одной вертикальной плоскости с нижними. Такую установку колонн в отвесное положение производят с помощью теодолитов, стоящих вдоль осей фундамента. При установке одновременно выверяют высотное положение колонны, добивая, при необходимости, в зазор под ней бетонную смесь.

При монтаже сборных элементов конструкции отвесность колонн и устанавливаемых плит на высоте выверяют визирной плоскостью теодолита, а установку балок и плит в горизонтальной плоскости - нивелиром.

Передача отметок на вышележащие горизонты производится нивелирами с помощью подвешенной стальной рулетки. Для неподвижности рулетки подвешенный к ней груз опускают в сосуд с вязкой жидкостью.

При любом из способов производства разбивочных и строительно-монтажных работ допускается частично корректировать положение отдельных элементов сооружения и центров опор по данным исполнительных съемок.

Погрешность возводимых опор учитывается при разбивке и распределяется между ними. В этом случае среднеквадратическая погрешность соблюдения длины пролетов определяется по формуле .

$$m_{\ell} = m_{on}\sqrt{\frac{2+(n-1)^2}{(n-1)^2}},$$

где m_{on} - погрешность опоры; п - количество разбиваемых опор;

п-1 - количество пролетов.

В таких случаях накапливающаяся погрешность в положении каждого возводимого элемента может в последующих этапах строительства сокращаться и перераспределяться. При этом в зависимости от количества элементов, участвующих в перераспределении погрешностей, исходные оси, при оценке точности работ, могут сдвигаться в ту или иную сторону.

Особого внимания требуют геодезические разбивочные работы при строительстве широких мостов в момент монтажа главных балок пролетных строений.

В процессе установки балок происходит накопление погрешностей от одного края пролетного строения к другому за счет погрешностей изготовления и коробления балок. В связи с этим перед их укладкой рекомендуется измерять действительные размеры балок для последующего распределения рассчитываемых погрешностей поровну на крайние балки, а где возможно - производить монтаж главных балок, начиная с середины сооружения.

Подферменные площадки в плане разбивают способом прямоугольных координат, а по высоте - нивелированием их положения от ближайшего репера.

При монтаже пролетных строений производят детальную разбивку оси моста, выверяют прямолинейность сборки главных ферм, их высотную установку и величину строительного подъема.

При сборке ферм в пролете предварительно разбивают положение свай временных опор и подмостей. На подмостях разбивают продольную ось и размещение каждой фермы.

В процессе монтажа теодолитом совмещают осевые риски поперечных балок с осью моста, а их узлы ставят в соответствии с заданной проектной отметкой.

При монтаже следят за положением продольной оси и осадками опор. Выверку строительного подъема ведут многократным нивелированием одних и тех же узловых точек верхних и нижних поясов.

При сборке ферм навесным способом плановую установку блоков ведут, совмещая осевые риски каждого последующего блока с осью сооружения, а в вертикальной плоскости - установкой нивелиром верха обреза блока в соответствии с его проектной высотой.

Разбивку осей и тела регуляционных сооружений ведут с пунктов опорной сети, а уточнение их криволинейного очертания производят с точек прокладываемого вдоль них теодолитного хода.

Для передачи отметки в котлован или на высокое сооружение подвешивают на укосину рулетку (рис.8.12). На конце рулетки крепят груз массой до 10 кг, который иногда погружают в ведро с жидкостью, чтобы погасить возникающие качания рулетки.

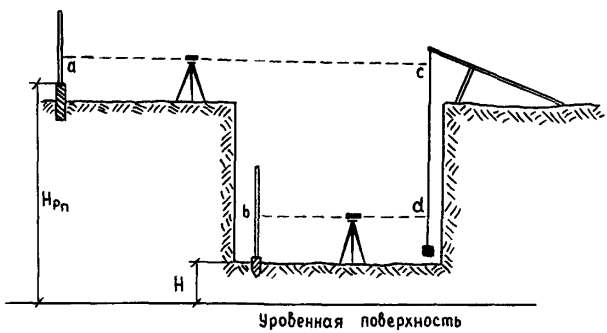


Рис. 8.12. Схема вынесения проектной отметки на дно котлована

В качестве жидкости применяют отработанное машинное масло или воду с опилками. Установив рейку на репер, нивелиром берут отсчеты по рейке "а" и по рулетке "с".

Установив рейку и нивелир на дне котлована, берут отсчеты по рейке в и по рулетке d . Отметку точки на дне котлована Н вычисляют по формуле:

$$H = H_{рп} + a - (c - d) - b ,$$

где Нрп - отметка репера.

Отсчеты по рейкам и рулетке рекомендуется делать при двух горизонтах нивелира и в обработку принять их средние значения.

При необходимости в длину отрезка с d , измеренного рулеткой, вводят поправки за компарирование рулетки, за ее температуру и, если груз, растягивающий рулетку, существенно отличается от использованного при компарировании, то и поправку за это отличие.

Поправку за компарирование определяют по формуле:

$$\Delta_K = \Delta l (c - d) / l ,$$

где Δl - поправка за компарирование на всю длину l рулетки.

Поправку за температуру определяют по формуле:

$$\Delta t = \alpha (c - d)(t - t_o) ,$$

где α - коэффициент расширения металла;

t и t_o - температура во время измерения и при компарировании.

Поправка за отличие массы растягивающего груза от использованного при компарировании определяется по формуле:

$$\Delta P = (P - P_o)(c - d) / \omega E ,$$

где Р и Ро - масса подвешенного груза и использованного при компарировании;

ω - площадь поперечного сечения ленты рулетки;

Е - модуль упругости металла.

9. ГЕОДЕЗИЧЕСКИЙ КОНТРОЛЬ ЗА РАБОТОЙ ДОРОЖНО-СТРОИТЕЛЬНЫХ МАШИН

Геодезический контроль за работой дорожно-строительных машин осуществляется постоянно в течение всей рабочей смены. Эффективность, надежность и удобство такого контроля зависят от того, насколько продуманно была создана опорная геодезическая основа объекта.

Маяки (колышки, вешки) планово-высотной разбивки, устраиваемые для дорожно-строительных машин и механизмов, должны быть хорошо видны водителями этих машин, а также создавать удобство и чувство уверенности в правильности работы механизмов. В то же время, если маяки нарушены, мастер должен иметь возможность быстро и точно восстановить их положение.

Более совершенным является метод геодезического управления рабочим органом строительных машин, обеспечивающий их установку и перемещение в пространстве. Различают ручное, полуавтоматизированное и автоматизированное геодезическое управление.

Ручное геодезическое управление предусматривает установку на местности различных устройств или приборов в такое положение, при котором водитель механизма с их помощью в течение

всего времени работы непрерывно видит заданное положение рабочего органа своей машины и в соответствии с этим проводит свою работу.

При полуавтоматизированном геодезическом управлении перемещение рабочего органа механизма вдоль заданного проложения частично осуществляется специальными автоматическими устройствами, а частично - водителем.

При автоматизированном режиме работы рабочие органы строительных механизмов двигаются автоматически по заданному геодезистами направлению.

Геодезическое управление машинами обеспечивает комплексную механизацию строительного производства при одновременной работе комплексной группы специализированных высокопроизводительных машин в наиболее эффективном режиме.

Работа каждой строительной машины в таких комплексах должна выполняться качественно в соответствии с ее мощностью и производительностью. Сбой одного из элементов такого комплекса влечет за собой, как правило, полный срыв в качестве работ.

В настоящее время существуют и совершенствуются: система непрерывного визуального управления плановым и высотным положением рабочих органов машин относительно проектных (заданных) геометрических параметров сооружения; система управления, в которой вдоль натянутой копирной струны, установленных рельс-форм, бортового камня, лазерного или светового луча, задающих необходимое направление и высоту, перемещается датчик, преобразующий в электрические сигналы отклонение рабочих органов машин от проектного положения; системы дистанционного управления с применением визирного луча геодезического прибора и управление строительными машинами по предварительно рассчитанным координатам с автоматическим введением поправок в положение механизмов при отклонении их рабочих органов от заданной траектории.

Геодезическое управление работой машин должно обеспечивать непрерывную работу рабочих органов механизмов вдоль заданного положения, при котором водители либо сами приводят их в заданное положение, либо наблюдают за правильностью работы следящей автоматизированной системы.

Ручное геодезическое управление работой машин

При ручном управлении для непрерывного визуального слежения за направлением движения механизма в плане вдоль движения машины устанавливаются створные вехи, а по высоте - горизонтальные планки визирок (рис.9.1).

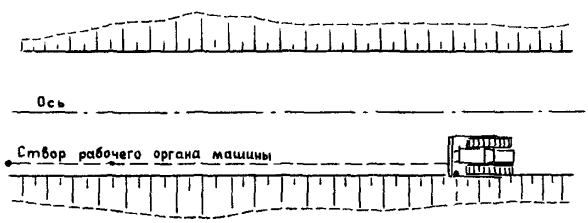


Рис. 9.1. Схема установки створных вех параллельно оси сооружения

Створные вехи устанавливают параллельно оси сооружения, а визирки за пределами работ со стороны места водителя, параллельно заданной проектной плоскости с учетом положения глаз водителя относительно рабочего органа механизма (рис.9.2).



Рис. 9.2. Схема установки створных вех по высоте

Удаленность вех друг от друга должна составлять 60-150 м, в зависимости от их размера и других условий, а горизонтальных визирок - 20 м. При этом длина горизонтальных планок визирок должна удовлетворять условию (рис.9.3) $a \geq в/2$, где в - расстояние между водителем и створом визи-

рок. Иными словами, водитель должен постоянно видеть три створные визирки. Направление задаваемых створов размещают на уровне глаз водителя вдоль направления движения механизма. Положение рабочего органа при этом фиксируется [8] на том же уровне специальным визиром, маркой, экраном (рис.9.4).

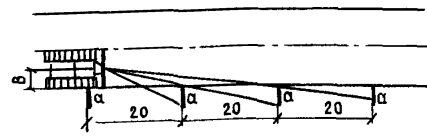


Рис. 9.3. Схема расстановки вех в зоне работы механизма

Расстановка на местности точек со специальными визирными знаками, обеспечивающими постоянную видимость водителем заданного проектного положения относительно рабочего органа машины, должна быть выполнена за пределами зоны работы механизмов. В качестве мест размещения таких знаков можно использовать участки, прилегающие к контуру элемента строящегося сооружения, или территории смежных участков, где в период сооружения данного элемента каких-либо других строительных работ не ведется.

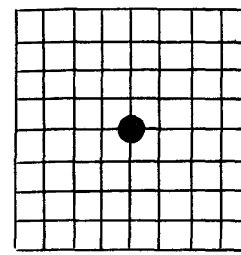


Рис. 9.4. Экран для задания направления строительной машине

Автоматизированное и полуавтоматизированное геодезическое управление работой машин

Для автоматизированного геодезического управления используются различные механические копирные устройства, по которым скользят датчики рабочих органов машины. Электрические сигналы от датчика фиксируют отклонение рабочей части механиз-

ма из заданного положения и воздействуют на ее управляющее устройство для установки рабочего органа в заданное положение.

При обозначении на местности заданного проектного направления лазерным лучом или лазерной плоскостью геодезического прибора (СКП-1, САУЛ-1, лазерпланом и др.) на машине устанавливается фотоприемное устройство с центральной точкой заданного положения рабочего органа.

На фотоприемник проектируется пятно лазерного луча или линия лазерной плоскости, по положению которых относительно центральной точки автомат или водитель механизма управляет рабочим органом машины. Когда на рабочем органе машины установлен фотоприемник-матрица (ФП) (рис.9.5), передающая положение лазерного луча относительно его центральной точки, то управление может производиться [8] автоматически или через лампочный индикатор, расположенный в кабине водителя.

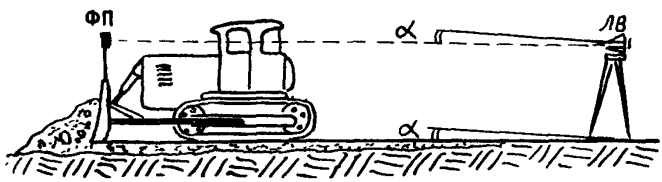


Рис. 9.5. Схема управления бульдозером с помощью лазера

В каждом таком варианте перемещение рабочего органа машины производится [8] в соответствии с сигналами, полученными от ФП. Кроме них имеются градуированные сетки-экраны (рис.9.6), указывающие по положению светового пятна или линии на экране величину смещения в данный момент рабочего органа машины относительно заданного центрального положения.

При возведении земляного полотна с применением лазерных систем САУЛ, СКП-1 или ПУЛ-3 используются дорожные машины с гидроприводом рабочего органа. Для земляных работ с применением САУЛ, СКП-1, ПУЛ-3 необходимо центрировать на-

правляющую станцию над одной из точек исходной линии, расположенной вне зоны производства земляных работ; ось луча направляющей станции ориентировать на начальную точку зоны производства работ; от полученного положения оси дороги выполнить разбивку высоты разрабатываемого (отсыпаемого) слоя земли; задать проектный уклон лучу прибора; при включенной автоматической системе приемной станции, смонтированной на отвале автогрейдера, ноже скрепера, бульдозера произвести работы по отсыпке слоя (или планировке) под заданную лучом прибора плоскость. После отсыпки (разработки) слоя переставить направляющую станцию на высоту следующего отсыпаемого (разрабатываемого) слоя.

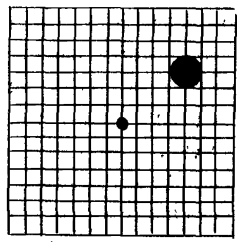


Рис. 9.6. Сетка-экран со световым пятном луча лазера

Основные пункты установки приборов геодезического управления работой машины при устройстве земляного полотна следует размещать в точках нулевых работ и точках перелома проектной линии в плане и профиле. На участках горизонтальных и вертикальных кривых такие пункты назначают в точках начала и конца каждой кривой.

Строительство цементобетонных покрытий ведущееся комплектами машин ДС-100, ДС-110 и другими со скользящими формами подвижной опалубки и автоматической следящей системой,нашло довольно широкое применение на строительстве и реконструкции магистральных автомобильных дорог.

Качество работ такого комплекта обеспечивается геодезическим управлением и настройкой его рабочих органов.

Геодезическое управление машин, оборудованных следящей системой с копирной струной, устанавливаемой и укрепляемой на специальных стойках со струбцинами и натягиваемой вдоль участка специальной лебедкой,довольно трудоемко, но освобождает оператора машины от необходимости следить за ее плановым и высотным положением, давая возможность сосредоточить свое внимание на других операциях выполняемой работы.

Для навески копирных струн (шнура) с помощью специальных занивелированных колышков создается опорная сеть. На рис.9.7 [19] показана схема установки копирных струн.

Нивелирные колышки определяют отметку, от которой измеряется высота установки (навески) шнура, который в плане размещается точно над нивелирными колышками. Расстояние между нивелирными колышками и стойками вдоль оси дороги принимается в пределах 15 м на прямых участках дороги и 8 м на кривых с радиусом менее 1000 м.

Расстояние от кромки проезжей части зависит от предела выноса консолей машины, наличия препятствий по сторонам дороги, устойчивости и высоты земляного полотна и т.п.

Основное правило установки нивелирных колышков сводится к тому, чтобы линия вершин колышков проходила параллельно кромке покрытия. Высоту верха нивелирных колышков обычно дают на уровне кромки устраиваемого покрытия (основания). Стойки ставят на внешней стороне шнура и прочно забивают в грунт.

Перемещением струбцины по стойке и поперечной штанги в струбцине добиваются такого положения, чтобы прорезь в штанге и шнур оказались точно над центром нивелирного колышка на принятой высоте. В 7-8 м перед первой стойкой устанавливают первый натяжной барабан, второй - на таком же расстоянии за последней стойкой.

Оба барабана должны находиться точно по линии нивелирных колышков. При каждом натяжении барабана оставляют 8-10 м шнура на случай возможного сращивания при обрывах.

Шнур натягивают до такой степени, чтобы его провисание не было заметно на глаз. Длина одной секции, на которой устанавливается шнур, как правило, 600-700 м. Для обеспечения непрерывности шнура смежных секций и точности выполняемых работ на соседних участках шнур устанавливают [19],как показано на рис.9.8.

В прорезь поперечной штанги последней стойки предыдущего участка вставляют шнур следующего участка.

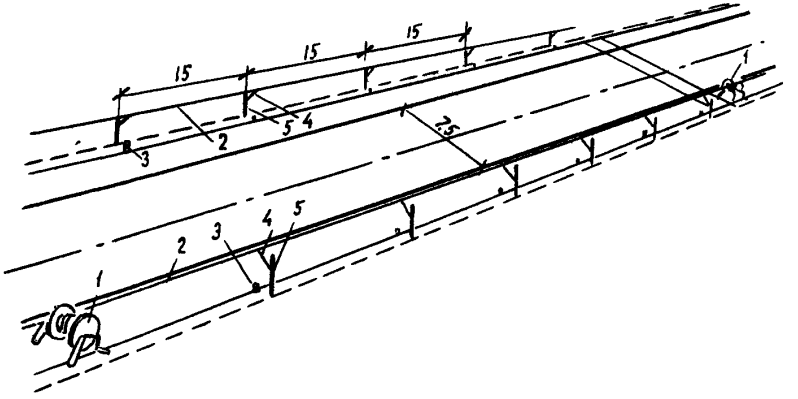


Рис. 9.7. Схема установки копирных струн (шнуров):
1 - натяжные барабаны; 2 - шнур; 3 - нивелирные колышки; 4 - поперечная штанга; 5 - стойка-стержень

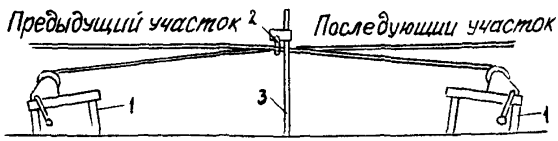


Рис 9 8 Натяжение струн на смежных участках
1 - натяжные барабаны, 2 - поперечная штанга, 3 - стойка-стержень

Правильность установки шнура обязательно проверяют перед началом работы машин Проверяется установка нивелирных кольшков, стоек и натяжение струн

Завершающей операцией контрольной проверки является проверка высотного положения шнура над ниведирными колышками, а затем степень его натяжения Высотное положение шнура над кольшками удобнее всего проверять шаблоном

Постановка машин на шнур производится после настройки всех рабочих органов и установки их к работе в исходное положение Точность и быстрота работы бетоноукладчика будут зависеть от правильности постановки машин

Машины устанавливают таким образом, чтобы центр рабочих органов (шнека,брусьев и др) находился на створе линии, проведенной между колышками На главные рамы ставят укосины с таким расчетом, чтобы их концы были на расстоянии 20-25 см от шнура, и навешивают датчики уровня и курса, стержни которых должны быть в контакте со шнуром (копирующей струной)

10 ГЕОДЕЗИЧЕСКИЕ РАБОТЫ ПО СОДЕРЖАНИЮ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ И ИСКУССТВЕННЫХ СООРУЖЕНИЙ

Если геодезические работы, проводимые для строительной стадии объекта (при ремонте, реконструкции, восстановлении),являются частью технологического цикла и направлены на качест-

венное осуществление проекта, то геодезические работы при содержании объекта имеют целью возможно раннее обнаружение признаков начала разрушения элементов сооружений объекта и дают возможность принять своевременно необходимые меры к сохранению объекта и недопущению возможных аварий и других бедствий

Для содержания автомобильных дорог дорожно-эксплуатационная служба участвует в приемке вновь построенных дорог, получает 2 экземпляра исполнительной документации и паспорт автомобильной дороги Эксплуатационники должны принимать у строителей (помимо самого объекта) сохранившиеся закрепительные знаки и реперы геодезической опорной сети

При этом при помощи натурных линейных промеров определяется плановое соответствие исполнительной документации Высотное соответствие определяется при помощи технического нивелирования реперов и поперечных профилей дороги

В паспорте дороги кроме прочих данных должны быть

- пикетажное положение всех искусственных сооружений и километровых знаков, начала, середины и конца закруглений, пересечений и примыканий,

- отметки (в принятой для всей дороги системе) покрытий по оси и кромке проезжей части, на мостах (в начале и конце), над всеми опорами и в середине пролетов, над водопропускными трубами, а также в местах переливных лотков

У труб должны быть занивелированы лотки на входе и выходе, в центре трубы, а также верх входного и выходного оголовков

Контрольное нивелирование по указанным точкам дороги и искусственным сооружениям должно проводиться ежегодно после пропуска паводков

Результаты ежегодных нивелирований должны заноситься в паспорт, а полученные ряды анализироваться

Вдоль дороги, не реже чем через 5 км, в надежных и устойчивых в геологическом отношении местах, должны быть установлены постоянные реперы

Перед началом или концом больших мостов в створе перильных ограждений должны быть оборудованы построечные теодо-

литные станции, с которых можно было бы наблюдать за колебаниями пролетных строений от ветровых нагрузок и за возможными деформациями.

На расстоянии,примерно равном 1/2 длины моста, в местах, удобных для наблюдения мостов,должны быть оборудованы постоянные станции или триангуляционные пункты (пункты мостовой триангуляции), с которых было бы удобно наблюдать за возможными просадками опор, изменениями строительного подъема пролетных строений и смещениями опор в вертикальной плоскости по направлению продольной оси сооружения.

Геодезические измерения деформаций сооружений

Наблюдения за сдвигами, осадками и деформациями сооружений имеют огромное значение для определения надежности (прочности, устойчивости) сооружений, для своевременного предотвращения их разрушения или своевременного сигнала о наступлении аварийного состояния, необходимости ремонта, введения различных ограничений в движении транспорта.

Наблюдения ведут с начала строительства посредством очень точных, тщательно и систематически выполняемых геодезических измерений, весьма разнообразных по своему характеру. Геодезические измерения должны быть обеспечены высокоточной и надежно закрепленной планово-высотной геодезической сетью.

Характерная особенность геодезических работ при содержании сооружений - систематическое их повторение в течение длительного времени в зависимости от прочности грунтов, на которых сооружение расположено, от гидрогеологических особенностей района расположения сооружения, от величины и динамичности деформаций сооружения.

Путем повторных измерений и привязок проверяют положение знаков и самой геодезической сети. Для общего случая состав геодезических работ при измерениях сдвигов, осадок и деформаций сооружений следующий:

- разработка методов и определение периодов, измерений сдвигов, осадок, деформаций;

- разработка схемы, методов и программы измерений плановой и высотной геодезических сетей;

- разработка конструкций геодезических знаков;

- разработка периодов и методов проверки положения знаков геодезической сети;

-закладка знаков;

- измерения для создания геодезической сети (триангуляции, полигонометрии, геометрического нивелирования);

- измерение величин горизонтальных и вертикальных смещений, величин крена и перекоса сооружений, съемка трещин и измерение их размеров.

Методы геодезических измерений величин сдвигов, осадок и деформаций сооружений

Геодезические измерения определяют величины изменений в положении наблюдаемых точек сооружений не только относительно точек геодезической сети, но и во взаимном расположении наблюдаемых точек и частей сооружения.

Для измерения величин смещений (сдвигов) сооружений в горизонтальном направлении применяют следующие методы.

Метод створных наблюдений, когда визирную ось прибора направляют от одного геодезического знака, на котором стоит прибор, на другой знак, а в створе на самом сооружении устанавливают марку для наблюдений за ее положением в течение длительного времени. Величину смещения марки со створа определяют либо путем измерений углов при помощи высокоточного теодолита, либо посредством отсчетного приспособления на самой марке.

Применяется несколько способов наблюдений: полного створа, полустворов, четвертьстворов, последовательных створов. Способ последовательных створов дает наиболее точные результаты. Сущность этого способа в том, что измеряют отклонения от створа каждой последующей точки относительно створа между предыдущей и конечными точками.

Триангуляционный метод применяют для наблюдения за

точками, которые недоступны для наблюдений по методу створных наблюдений. Измерения смещений ведут путем периодического определения координат точки и азимута направления, измеряя для этого высокоточными теодолитами горизонтальные углы между направлениями на геодезические пункты и наблюдаемую точку, закрепленную на сооружении маркой.

Фотограмметрический метод - это метод, при помощи которого периодически определяют все три координаты X, У, Z наблюдаемой точки.

Для измерения величин осадок, т.е. смещения сооружения в вертикальном положении, кроме фотограмметрического применяют и другие методы.

При помощи метода геометрического нивелирования периодически измеряют превышение между наблюдаемой точкой сооружений и реперами или нивелирными марками. Очень часто требуется выполнять нивелирование высокой точности.

Методом гидростатического нивелирования можно периодически определять с высокой точностью (до ± 0,1 мм) превышение между наблюдаемыми точками и репером или между точками сооружения (для наблюдений за относительным изменением их положения по высоте).

Тригонометрическое нивелирование применяется тогда, когда точки местности недоступны для измерения превышений методами геометрического или гидростатического нивелирования. Точность тригонометрического нивелирования считается ниже двух первых способов нивелирования, хотя применение высокоточных теодолитов, совершенствование метода измерений и сокращение расстояния до 100 м позволяют и здесь выполнять работу с достаточно высокой точностью.

Перемещения в поперечном сечении сооружения можно также определять визирным прибором с помощью отсчетов по горизонтальной и вертикальной миллиметровым рейкам или линейкам, специально установленным в точках наблюдения.

При этом визирный луч трубы должен быть примерно перпендикулярен к плоскости сечения. В противном случае вводят поправки в результаты отсчетов за неперпендикулярность луча. От-

счеты надо производить периодически через определенные промежутки времени при неизменном положении зрительной трубы и реек (линеек). Аналогичные работы проводят и при наблюдениях за прогибами пролетных строений или балок инженерных сооружений (мостов, мостовых кранов, подкрановых путей и др.) при их испытаниях под нагрузку.

Вертикальные смещения и осадки сооружений в течение длительного времени устанавливаются на основе высокоточного нивелирования, производимого между определенными хорошо замаркированными точками сооружения и реперами, установленными в зоне наблюдения. Осадки точек сооружений устанавливают по разности отметок, полученных в первом и последующих циклах наблюдений.

Измерение кренов зданий

Наличие крена здания проще всего можно определить при помощи металлического отвеса. По острию отвеса линейной величины крена в разное время можно определить изменение угла крена.

Величину крена и изменение ее с течением времени можно достаточно точно измерить теодолитом. Для этого теодолит устанавливают на продолжении стены здания (теодолит предварительно проверяют).

Выбрав в верхней части стены хорошо различимую точку, наводят на нее пересечение нитей, а затем опускают вниз, где отмечают тем или иным способом (например, при помощи горизонтально расположенной на цоколе здания линейки (реечки), нуль которой совмещают с ребром стены) точку или отсчет, куда проектируется пересечение нитей.

Повторив эту операцию при другом положении вертикального круга, получают второе положение точки. Расстояние от нуля рейки до средней точки будет выражать линейную величину крена

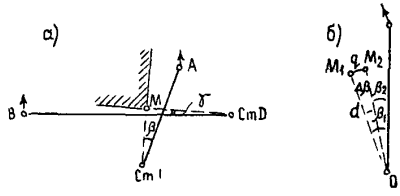


Рис 10 1 Схема определения угловой (а) и линейной (б) величин крена

поверяемой стены здания Чтобы судить о крене всего здания, нужно определить крен по всем его направлениям

Для наблюдений за изменением величины крена из тех же створных точек [3] теодолитом периодически измеряют горизонтальные углы β и γ между точкой M в верхней части стены и постоянными предметами местности А и В (рис 10 1,а)

Величина изменения, например, угла β позволяет судить о ходе изменения крена (о приращениях крена) Для этого вычисляют также и линейную величину q изменения крена (рис 10 1б) по формуле

$$q = \frac{\Delta\beta\, d}{\rho} ,$$

где $\Delta\beta = \beta_1 - \beta_2$, d - горизонтальное расстояние от станции прибора О до точки M_1

Приращения кренов определяют также кренометрами, микрокренометрами и уклономерами Во всех этих приборах основная часть - высокочувствительные цилиндрические уровни

Трещины, образовавшиеся в результате деформации сооружения, измеряют с помощью особых маяков, прикрепляемых по обе стороны трещины Измеряя периодически расстояние между маяками, определяют изменения размеров трещин Съемки трещин и наблюдения за их изменениями выполняют также путем фотографирования или зарисовок

Имеются электронные приборы, с помощью которых изменения величин трещин автоматически записываются на движущейся ленте

Простейшим маяком для наблюдения за трещинами является наклеиваемая с легким натяжением поперек трещины полоска из бумаги или другого материала Если трещина растет, полоска рвется

Мастеру необходимо обращать тщательное внимание на состояние поверхностного водоотвода Если на дорожном покрытии после дождя остаются лужи, значит имеются неровности, вызванные разными причинами На откосах насыпей и выемок не должно быть размывов, оплывин и оползаний грунта Водопропускные трубы не должны заиливаться, переливаться, засоряться, а должны работать польным отверстием без искусственно вызванного стеснения и подтопления выше расчетного

При обнаружении этих и других дефектов надо установить причины их возникновения

Для определения номенклатуры работ по текущему, среднему и капитальному ремонту [26], для составления ведомости дефектов, а также для достоверного определения объемов и стоимости работ необходимо проведение соответствующих геодезических измерений Если геодезическая опорная сеть в порядке, проведение таких работ не составит никаких затруднений

Безопасность и удобство движения автомобилей, а также возможность движения с высокими скоростями требуют плавной трассы [27] Водитель непроизвольно реагирует на изменения дорожных условий, которые он воспринимает в искаженном виде вследствие удаленности участков и малого угла зрения к поверхности дороги Так, короткие кривые кажутся очень резкими изломами, а пологие участки за длинными спусками - крутыми подъемами

Сильное влияние на режим движения оказывает необеспечение видимости в плане и продольном профиле Эти обстоятельства нужно непременно учитывать при содержании дорог и проведении на них различных видов ремонта Нельзя допускать того, чтобы в результате ремонта уменьшались радиусы горизонтальных и вертикальных кривых

Задача мастера на содержании автомобильных дорог - создать водителю возможность движения с постоянной или плавно изменяющейся скоростью Или, иными словами, создать условия для безопасной работы водителей

При проходе выдающихся паводков, вызвавших (или способных вызвать в дальнейшем) деформации или разрушения дорог, водопропускных и других сооружений необходимо занивелировать отметки этих паводков в местах устройства этих сооружений. Эти данные должны быть занесены в специальный журнал или ведомость.

При возникновении повреждений входных и выходных русл у водопропускных труб необходимо после прохода паводка занивелировать отметки этих укреплений в начальных и концевых участках и в промежуточных точках на расстоянии от трубы концевых участков этих укреплений.

На мостах должны ежегодно производиться промеры подмостовых русл до паводка и после него. В случае угрозы подмыва опор моста необходимы измерения у верховых (со стороны течения) и у низовых граней этих опор.

11. ИСПОЛНИТЕЛЬНЫЕ СЪЕМКИ

Исполнительные съемки необходимы для установления истинного положения дороги и ее элементов и сопоставления этих результатов с проектными данными. При исполнительных съемках проверяется соответствие проекту: продольного и поперечных профилей дороги, закруглений на углах поворота, крутизны откосов насыпи и выемок, продольных уклонов кюветов и нагорных канав, ровности дорожных покрытий, искусственных сооружений и других дорожных сооружений.

Материалы исполнительной съемки прилагаются к акту сдачи в эксплуатацию участков дороги или отдельных ее сооружений, на которых проводились восстановление, ремонт или реконструкция.

В процессе промежуточных приемок законченных строительством участков или скрытых работ делаются контрольные замеры и устанавливается соответствие выполненных работ проекту при надлежащем качестве.

Отступления расположения сооружений на местности размеров и направлений, указанных в проекте, допускаются в пределах действующих допусков (см.раздел 3).

Проверка соответствия продольного профиля проекту производится с помощью контрольного нивелирования всех пикетов и плюсов с определением отметок оси. Одновременно определяются отметки кромок проезжей части, бровок земляного полотна, дна кюветов, внешних бровок и других элементов дороги (или ее сооружений).

Контрольная нивелировка начинается и заканчивается на реперах. Невязки в превышениях между реперами, полученные в результате нивелирования, не должны превышать установленных для технического нивелирования допусков.

Обычно контрольное нивелирование проводится по оси дороги или одной из кромок проезжей части, а положение остальных точек поперечного профиля определяется съемкой поперечников. В зависимости от высоты насыпи (глубины выемки) съемка поперечников производится геометрическим или тригонометрическим нивелированием. Поперечник должен захватывать все элементы дороги и быть строго перпендикулярным к оси дороги. Контроль соответствия ширины покрытия, земляного полотна, водоотводных и искусственных сооружений осуществляется при помощи ленты (рулетки).

Съемку поперечников приемами тахеометрического нивелирования выполняют при помощи теодолита. При этом теодолит устанавливают в створе поперечника на станции, расположенной или на оси дороги, или на определенном расстоянии от нее.

Если удобней не переставлять теодолит на каждый поперечник, а снимать с одной станции несколько поперечников, то разбивка остальных поперечников, снимаемых с одной теодолитной станции, осуществляется с помощью экера. Расстояние до точек определяют по нитяному дальномеру с введением поправок за наклон линий к горизонту.

Проверку радиусов кривых осуществляют вешением по оси дороги с помощью формулы [9]:

$$R = \frac{4z^2 + b^2}{8z},$$

где b - длина хорды, измеренной в пределах кривой;

z - высота сегмента, стягиваемого хордой (рис.11.1).

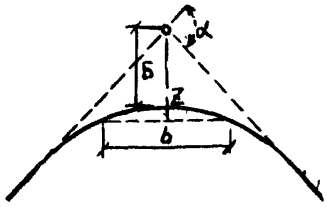


Рис. 11.1. Схема к определению радиуса в плане

Расстояние видимости определяют с помощью нитяного дальномера, устанавливая теодолит на ось движения автомобиля, а рейку на предельное расстояние видимости на полосе встречного движения (рис.11.2) [10].

На малых искусственных сооружениях проверяют отметки верха дорожной одежды, по оси, кромок, лотка

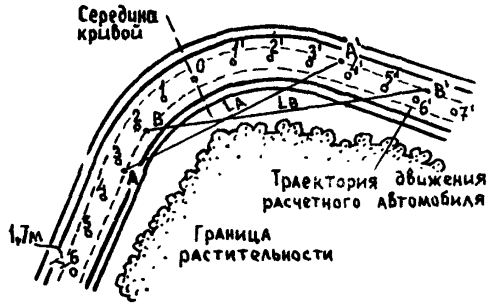


Рис. 11.2. Схема к определению фактической видимости в плане

входного и выходного оголовков. Проверяют высоту насыпи, геометрические размеры труб и мостов, уклоны подводящего и отводящего русла, размеры отверстия моста, состояние русла выше и ниже сооружения.

Промежуточная приемка скрытых работ выполняется по окончании устройства: дренажных систем, вплоть до их выходных отверстий, планировка земляного полотна с присыпкой обочин или планировкой корыта, слоев дорожного основания, котлованов, фундаментов. Приемка заключается в промерах высотного положения, ширины, глубины, уклонов и проверка расположения элементов.

Состав исполнительной документации

В состав исполнительной документации, передаваемой эксплуатирующей организации, входят:

- исполнительный план трассы (соответствующей коммуникации);
- исполнительный продольный профиль по оси сооружения;
- рабочие чертежи с планами и размерами искусственных сооружений, земляного полотна и дорожной одежды, уширений, транспортных развязок, дорожных обустройств, обстановки дороги, сооружений дорожно-эксплуатационной и транспортной службы, инженерных коммуникаций и др., исправленные по результатам обмера, произведенного в процессе исполнительной съемки.

Исполнительная съемка контуров и спланированного рельефа в пределах застройки выполняется после завершения всего строительства, благоустройства и рекультивации. На основании ее окончательно корректируют отметки поверхности земли исполнительного профиля.

Геодезический контроль, производимый в процессе строительных работ, оформляется геодезической документацией, в которую входят: исполнительные геодезические схемы, чертежи, профили, разрезы и т.д.; акты геодезических разбивок и готовности ра-

бот; журнал геодезического контроля, акты геодезической проверки, полевые журналы и ведомости.

Исполнительная геодезическая документация бывает внутренняя и приемосдаточная. Внутренняя исполнительная документация составляется на незавершенный строительный этап и является одним из оснований для выдачи главным инженером строительного управления (и приравненных к нему организаций) разрешения на производство строительно-монтажных работ.

К внутренней исполнительной документации относятся:

- исполнительные схемы по разбивке контуров котлованов;
- акты и исполнительные схемы по разбивке осей;
- акты разбивки свай;
- акты и исполнительные схемы закладки фундаментов;
- акты детальной геодезической разбивки на монтажных горизонтах;
- акты контрольного нивелирования верха земляного полотна, слоев дорожной одежды, водоотводных и дренажных устройств и т.п.

Внутренняя исполнительная документация может составляться и на другие подготовительные и промежуточные работы. Порядок ее оформления и перечень устанавливает главный инженер строительной (ремонтно-строительной) организации.

Внутренняя исполнительная документация не предъявляется рабочей и государственной комиссиям при сдаче объекта в эксплуатацию.

Приемосдаточная исполнительная документация составляется на завершенный этап строительно-монтажных работ, она предъявляется авторскому надзору, органам Госархстройконтроля, генподрядным организациям, заказчику, рабочим и государственным комиссиям по приемке объекта в эксплуатацию.

Приемосдаточная исполнительная документация включает в себя:

- исполнительные планово-высотные схемы по всем видам инженерных коммуникаций;
- исполнительные планово-высотные схемы и акты по готовым котлованам, земляному полотну и другим земляным сооружениям;

- исполнительные планово-высотные схемы свайных полей;

- исполнительные планово-высотные схемы и акты готовых фундаментов (свайных, сборных, монолитных) и их элементов (анкеров, закладных деталей и др.);

- исполнительные схемы планово-высотной съемки опор;

- исполнительные планово-высотные схемы монтажа балок и ферм;

- исполнительные чертежи планово-высотной съемки полотна дороги со всеми элементами;

- исполнительные планово-высотные схемы обстановки, обустройства и благоустройства дороги, дорожно-эксплуатационных и транспортных служб.

На всех исполнительных чертежах и схемах указываются проектные и фактические размеры (или отклонения от проектных размеров по высоте и в плане).

Вся исполнительная геодезическая документация подписывается геодезистом-исполнителем, производителем работ и главным инженером организации, производившей работы.

Все документы могут составляться в любом масштабе, но должны содержать точные цифровые данные (высоты, отметки, размеры, координаты и т.д.).

Все схемы и чертежи изготовляются на форматах в соответствии с ГОСТ 2.301-68. За исходный принят лист со сторонами 1189х841 мм. Остальные форматы получают делением большого формата на две равные части параллельно его меньшей стороне.

Размеры основных форматов: 1189х841, 594х841, 594х420, 297х420, 297х210.

12. ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ РАБОТ

При выполнении геодезических работ должны строго соблюдаться правила техники безопасности, действующие в пределах строительного производства и на топографо-геодезические работы.

До начала производства геодезических работ работники должны пройти инструктаж по технике безопасности, на котором они знакомятся со всеми специфическими особенностями работы на объекте. Инструктаж проводит главный инженер организации или инженер, ответственный за технику безопасности.

К работе допускаются только лица, имеющие соответствующее здоровье, прошедшие инструктаж и сдавшие экзамен необходимого минимума знаний по технике безопасности.

Записи о проведении инструктажа, сдаче экзамена и роспись о прохождении инструктажа делаются в соответствующих специальных журналах. Проверка знаний по технике безопасности проводится не реже 1 раза в год.

При выполнении геодезических работ необходимо соблюдать следующие общие правила:

- не работать в жаркие, солнечные дни с непокрытой головой;

- пить только кипяченую воду, в разгоряченном состоянии не пить холодной воды;

- не ложиться на мокрую и мерзлую землю;

- при работе в лесных районах пользоваться накомарниками и делать противоэнцифалитные прививки;

- при работе в морозные дни смазывать лицо обезвоженным жиром и прекращать (или ограничивать) работу при температуре ниже установленной для данного района (-30° для центральной европейской части России);

- при работе в горных условиях соблюдать правила передвижения по крутым склонам, осыпям и др., страховать передвижение с помощью веревок;

- при преодолении водных преград следить, чтобы верх борта лодки возвышался над водой не менее чем на 20 см, а при ветреной погоде - 40 см;

- причаливать к берегу только против течения;

- с приближением грозы прекращать работу, складывать в стороне все металлические приборы и инструменты, по возможности уходить в закрытое помещение;

- во время грозы не становиться под отдельно стоящие деревья, не подходить ближе 10 м к молниеотводам, столбам, большим камням, не ходить по возвышенным местам и открытым равнинам, не стоять на геодезических вышках и у линий электропередач;

- при работе на существующих дорогах одевать сигнальные жилеты, соблюдать правила движения, устанавливать сигнальные ограждения и дорожные знаки, стоянку инструмента устраивать на обочине или за кюветом;

- при переноске реек, вешек, штативов и других приборов необходимо соблюдать безопасный интервал между несущими инструмент.

В населенных пунктах и на промышленных территориях запрещается носить рейку на плече.

При производстве геодезических работ на мостовых переходах через реки требуется до начала работ проверить наличие и исправность спасательных средств(кругов, поясов, шаров, веревок). На воде должна быть дежурная лодка. На судоходных и сплавных реках использовать плавучие средства.

При движении на них следует соблюдать "Правила плавания по внутренним водным путям СССР".

В комплект плавсредств должны входить: весла, уключины, якоря, багры, веревки, принадлежности для водоотлива (ковши, ведра, помпы, насосы); материалы для заделки пробоин (проколов) и трещин (пакля, ветошь, смола, пластырь, клей); спасательные и сигнальные средства (флажки, фонари, рупоры, мегафоны и др.).

При работе в глубоких котлованах и колодцах до начала работы следует проверить, нет ли в них газа.

При возведении искусственных сооружений геодезические работы выполняются только после установки и закрепления конструкций в проектное положение.

При рытье котлованов для закладки реперов и центров запрещается вести работу подкопом.

При подготовке центров к спуску в котлован бровка котлована должна быть чистой.

Во время опускания центра категорически запрещается находиться в котловане

Не разрешается опускаться в шурф или котлован по реперам Опускаться можно только по наклонной лестнице

Открытые шурфы, траншеи и котлованы должны быть ограждены, а для темного времени суток оборудованы световыми сигналами

Рабочие, выполняющие разработку шурфов и котлованов, должны иметь резиновые сапоги и рукавицы

Без крепления можно рыть шурфы и котлованы с вертикальными стенками на глубину 1 м - в песчаных грунтах, 1,25 м - в супесях, 2 м - в особо плотных грунтах При большей глубине должно применяться крепление из досок толщиной 4-5 см со стойками креплений не реже 1-1,5 м

При геодезическом контроле за работой дорожно-строительных механизмов необходимо внимательно следить за перемещением строительных машин и подавать сигнал об их приближении В отдельных случаях предусматривать технологический разрыв для производства геодезических работ

Не направлять инструмент в сторону солнца или мест ведения сварочных работ во избежание ожогов глаз и потери зрения

Приложение 1

Ведомость линейных промеров трассы

№№ вершин углов и теодолитных стоянок	Пикетажное значение	Длины линий (горизонтальные проложения)				Домеры	Разность за рубленые пикеты
		1-й промер	2-й промер	контрольный	средняя		
5	92+12,52	187,48	187,56		187,52		
6	94+00,00	350,00	350,30		350,15		
7	97+50,00	150,00	150,12		150,06		
8 ВУ	99+00,00	110,34	110,32		110,33	3,59	
9	100+06,75	162,02	162,00		162,01		
10 ВУ	101+68,77	136,82	136,94		136,88	5,59	
11	103+00,00						
		1096,66	1097,24		1096,95	9,18	

Постраничный контроль _ ПК 103+00,00
ПК 92+12,52
1087,48
+домеры 9,18
1096,66

1 Сумма длин по первому промеру равна разности между конечными и начальными пикетами плюс сумма домеров, плюс разница за рубленые пикеты

2 Сумма длин второго промера должна отличаться от суммы первого промера на заданную точность измерения (не ниже 1 1000)

3 Сумма средних длин должна отличаться от суммы длин первого и второго промеров примерно на половину разности 1-го и 2-го промеров

Составил Проверил

Приложение 2

Таблица поправок за наклон линии к горизонту
Δ Д (в сантиметрах)

Углы наклона		Расстояния, м									
градусы	минуты	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
3	-	1	3	4	5	7	8	10	11	12	14
	30	2	4	6	7	9	11	13	15	17	19
4	-	2	5	7	10	12	15	17	20	22	24
	30	3	6	9	12	15	18	22	25	28	31
5	-	4	8	11	15	19	23	27	31	34	38
	30	5	9	14	18	23	28	32	37	41	46
6	-	5	11	16	22	27	33	38	44	49	55
	30	6	13	19	26	32	39	45	51	58	64
7	-	8	15	22	30	37	45	52	60	67	75
	30	9	17	26	34	43	51	60	69	77	86
8	-	10	20	29	39	49	58	68	78	88	97
	30	11	22	33	44	55	66	77	88	99	110
9	-	12	25	37	49	62	74	86	99	111	123
	30	14	27	41	55	69	82	96	110	123	137
10	-	15	30	46	61	76	91	106	122	137	152
	30	17	34	50	67	84	100	117	134	151	167
11	-	18	37	55	74	92	111	129	148	166	184
	30	20	40	61	81	101	121	141	162	182	202
12	-	22	44	66	87	109	131	153	175	197	218
	30	24	47	71	95	118	142	166	189	213	237
13	-	26	51	77	102	128	153	179	205	230	256
	30	28	55	83	110	138	166	193	221	248	276

Окончание прил. 2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
14	-	30	59	89	119	149	178	208	238	267	297
	30	32	64	96	127	159	191	223	255	287	318
15	-	34	68	102	136	170	204	238	272	306	341
	30	36	73	109	146	182	218	254	291	327	363
16	-	39	77	116	154	193	232	270	309	347	386
	30	41	82	124	165	206	247	288	330	371	412
17	-	44	87	131	174	218	262	305	349	392	436
	30	46	92	139	185	231	277	323	370	416	462
18	-	49	98	146	195	244	293	342	390	439	488
	30	52	103	155	206	258	310	361	413	464	516
19	-	54	109	163	218	272	326	381	435	490	544
	30	57	115	172	229	286	344	401	458	515	573
20	-	60	120	181	240	301	361	421	482	542	602

Форма и пример заполнения угломерного журнала

"___"_____19 г. Наблюдал _____

Угол № 35 Пикет № _____

№№ точек визирования	Отсчеты по горизонтальному кругу									
	При круге право					При круге лево				
	1 верньер		П вер.	Среднее		1 верньер		П вер.	Среднее	
	°	′	′	°	′	°	′	′	°	′
Уг 34	274	44	44	274	44	52	35	35	52	35
Уг 36	79	23	23	79	23	217	14	14	217	14

Гориз. угол 195°21′ Гориз. угол 195°21′

Среднее значение угла из 2-х полуприемов 195°21′

Направления	Румбы	Вычисленные			Наблюденные		
		название	°	′	название	°	′
Предыдущее ("старое")		СВ	82	0	ЮЗ обратный	82	15
Последующее ("новое")		СВ	66	39	СВ прямой	66	45

Элементы закругления

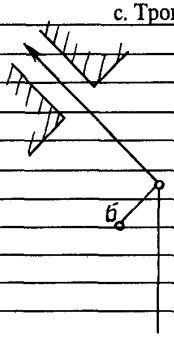
Угол поворота влево		Угол поворота вправо		Радиус	Тангенс	Кривая	Биссектриса	Домер
°	′ ″	°	′ ″	Я	Т	К	Б	Д-2 Т-К
15	21	-	-	3000	404,36	803,74	27,12	4,98

Расстояние по дальномеру от _____ до _____(м)
(с учетом поправок за углы наклона)

_____19 г. Вычислял _____

Приложение 3

Для абрисов и вычислений



274°44' → 52°35'
− 79°23' 360°00'
195°21' 412°35'
− 217°14'
195°21'
− 180°00'
15°21'

Угол поворота влево

Половина угла справа по ходу лежащего:

195°21':2=97°40'30"

Направление биссектрисы (задний отсчет минус половина угла справа по ходу лежащего или передний отсчет плюс половина угла):

79°23'+ 97°40'30"= 177°03'30"

Форма журнала тахеометрической съемки

Съемку произвел _____ 198 г.

№№ точек	Отсчеты по рейке			Разн. отсч.	Верт. круг	Угол наклона		Превыш. по табл.	
	средн.	верх.	нижн.						
	V	a	b	l = a - b	° ′	+	° ′	±	n
			Наим. станц.		Коэф. дальн.			Выс. инст.	i

Приложение 4

Вычислял _____ 198 г.

Поправка на отсч.		Полное превыш.	Гориз. угол	Гориз. прол	Отметка точки	№№ точек
±	$j - V$	$n + i - V$	° ′		H	
Ориент. на		М.О. =		Отм. ст. H^0		

Ведомость углов поворота

№№ пп	УГЛЫ							Элементы			
	Положение вершины угла			Величина угла поворота				радиус	тангенс	кривая	биссектр.
	проектн. км	ПК	+	влево		вправо		R	Т	К	Б
				°	'	°	'				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	0	0	00								
1	1	8	83,00	37	50	-	-	100	34,27	66,03	5,76
2	2	16	94,94	-	-	51	58	200	94,47	181,40	22,49
3	2	19	0,14	-	-	28	39	100	25,54	50,00	3,20
4	3	21	10,84	-	-	12	20	150	16,21	32,29	0,87
5	3	25	77,44	39	47	-	-	100	36,18	69,43	6,34
	4	33	09,84								
			Σ =	77	37	92	57		209,67	399,15	

К приложению 5

Контроль:

1. Угловой контроль: Разность между суммами углов поворота вправо и влево равна разности начального и конечного направлений, для чего вычисленные румбы предварительно переводятся в азимуты по формулам приведения (1 четверть (СВ) $А_1 = Ч_1$; П четверть (ЮВ) $А_2=180^o-Ч_2$; Ш четверть (ЮЗ) Аз=180+Чз; 1У четверть (СЗ) $А_4=360-Ч_4$, где А - азимут линии, Ч - румб линии в соответствующей четверти), причем при $\Sigma\alpha_{пр} > \Sigma\alpha_{лев}$ их разность равна $А_п - А_1$; при $\Sigma\alpha_{пр} < \Sigma\alpha_{лев}$ их разность равна $А_1 - А_п$.

Углы: $\Sigma\alpha_{пр} - \Sigma\alpha_{лев} = 92^o57' - 77^o37' = 15^o20'$

Приложение 5
К проекту дороги _____

прямых и кривых

Участок _____

КРИВЫЕ					ПРЯМЫЕ				Рубленые пикеты	
	Начало кривой		Конец кривой		расстояние между вершинами углов, М Р	длина прямой, М П	РУМБ,		№ пикета	протяжение, м
поправка (домер) Д-2Г-К	ПК	+	ПК	+			наблюденный	вычисленный		
13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
					883,00	848,73	СЗ 43°	СЗ 42°30'		
2,51	8	48,73	9	14,76						
					814,45	682,61	СЗ 80°	СЗ 80°20'		
13,55	15	97,47	17	78,87						
					218,75	95,73	СЗ 28°	СЗ 28°22'		
1,07	18	74,60	19	24,60						
					211,77	170,03	СВ 0°	СВ 0°17'		
0,12	20	94,63	21	26,92						
					466,82	311,34	СВ 18°	СВ 12°37'		
2,93	25	41,26	26	10,69						
					735,33	699,15	СЗ 27°	СЗ 27°10'		
20,18					3330,02	2910,69				

Направления: А=360°-Ч (оба румба - начальный и конечный находятся в 1У четверти); $A_п$ =360°-27°10'=332°50' , A_1 = 360°-42°30'=317°30';$A_п$ - A_1=332°50'-317°30' =15°20' .

2. Линейный контроль: а) протяжение участка трассы равно сумме длин прямых и кривых (с учетом рубленых пикетов); пк 33+09,84-пк 0 = 3309,84 м;

$$\Sigma П + \Sigma К = 2910,69 + 399,15 = 3309,84;$$

б) сумма расстояний между вершинами углов за вычетом суммы диаметров равна длине участка трассы: $\Sigma Р - \Sigma Д$ = 3330,02-20,18= 3309,84 м; в) разность между удвоенной суммой тангенсов за вычетом суммы кривых равна сумме домеров: $\Sigma (2Т - К) \approx \Sigma Д$; 2х209,67-339,15=419,34-399,15=20,18 м.

_____ филиал

Ведомость

№ вершин углов или станций	Углы β, справа по ходу лежащие				Вычисленные дирекционные углы А		Румбы, г		
	Измеренные		Исправленные				Направление	°	'
	°	'	°	'	°	'			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	168	57,2	168	56,6	32	17,7	СВ	32	17,7
П	99	26,8	99	26,3	112	51,4	ЮВ	67	08,6
Ш	29	45,2	29	44,7	263	06,7	ЮЗ	83	06,7
1У	197	57,0	197	56,5	245	10,2	ЮЗ	65	10,2
У	43	56,5	43	55,9	381	14,3	СВ	21	14,3
1									
	540	02,7	540	00					

Невязка приращений:

$\Sigma\beta$ теор=180°(n-2)=180°x3=540°

Невязка полигона

Угловая невязка

$f_\beta = \Sigma_{практ} - \Sigma_{теор} = 540°02',7 - 540 = +2',7$ Допустимость невязки

Допустимая невязка

$f_{\beta доп} = 1,5\sqrt{n} = 1,5\sqrt{5} = 3'3$

Приложение 6

к о о р д и н а т

Участок _____

Расстояния между вершинами углов (горизонтальные проложения) м	Приращения координат								Координаты			
	Вычисленные				Исправленные							
	±	Δx	±	Δy	±	Δx	±	Δy	±	x	±	y
11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
70,48	+	59,58	+	37,66	+	59,58	+	37,63	+	42,18	+	265,93
195,34	-	75,87	+	180,01	–	75,86	+	179,93	+	101,76	+	303,56
176,29	-	21,15	-	175,03	-	21,15	-	175,10	+	25,90	+	483,49
76,50	-	32,13	-	69,43	-	32,13	-	69,46	+	4,76	+	308,39
74,60	+	69,54	+	27,03	+	69,54	+	27,00	+	27,36	+	238,93
									+	42,18	+	265,93
P=593,21	+	129,12	+	244,70	+	129,12	+	244,56				
	-	129,15	-	244,46	-	129,12	-	244,56				
	f_x	=-0,03	f_y	=+0,24		0,00		0,00				

$$\Delta P = \sqrt{f_x^2 + f_y^2} = \sqrt{0,03^2 + 0,24^2} = 0,24$$

$$\frac{\Delta P}{P} = \frac{024}{593,21} = \frac{1}{2470} < \frac{1}{1000}$$

К приложению 6

Пояснения к последовательности составления ведомости координат

1. В соответствующие графы выписывают из угломерного журнала порядковые номера и величины измеренных справа по ходу лежащих углов, а также расстояния между вершинами углов.

2. Определяют угловую невязку, вводят поправки и получают исправленные углы.

3. Выписывают исходный дирекционный угол и вычисляют последующие дирекционные углы сторон путем прибавления к предыдущему дирекционному углу А величины 180° и вычитания соответствующего угла β . Отрицательные дирекционные углы недопустимы, для чего в процессе вычислений при полученном $A>360^{o}$ величина 360° сразу вычитается.

4. По формулам приведения вычисляют румбы.

5. По румбам и горизонтальным проложениям вычисляют приращения координат.

6. Определяют величину и допустимость невязки приращений.

7. Распределяют полученную линейную невязку с обратным знаком пропорционально длинам сторон.

8. Выписывают исправленные приращения в соответствующие графы.

9. В графу координат выписывают исходные координаты опорной точки и путем последовательного алгебраического сложения получают координаты всех остальных вершин углов.

Приложение 7

Форма журнала теодолитного хода

_____199___ г. Наблюдал_____199___ г. Вычислял _____199___ г.

№ станции	№ наблюдаемых точек	Отсчеты по горизонтальному кругу		Среднее из отсчетов	Горизонтальный угол	Измеренная длина линии, м	Угол наклона	Наблюден. магнитный азимут	А б р и с
		1 верньер	П верньер						
				Круг право					
				Круг лево					
	Среднее из отсчетов								
				Круг право					
				Круг лево					
	Среднее из отсчетов								

Приложение 8

Таблица для перевода уклонов в соответствующие углы

Уклоны в тысячных	Углы			Уклоны в тысячных	Углы			Уклоны в тысячных	Углы		
	°	′	″		°	′	″		°	′	″
0,1	0	0	20	15	0	51	30	38	2	10	30
0,2	0	0	40	16	0	55	0	39	2	14	0
0,3	0	1	0	17	0	58	30	40	2	17	30
0,4	0	1	20	18	1	1	50	41	2	20	50
0,5	0	1	40	19	1	5	20	42	2	24	20
0,6	0	2	0	20	1	8	40	43	2	27	40
0,7	0	2	20	21	1	12	10	44	2	31	10
0,8	0	2	50	22	1	15	40	45	2	34	40
0,9	0	3	10	23	1	19	0	46	2	38	0
1	0	3	30	24	1	22	30	47	2	41	30
2	0	6	50	25	1	26	0	48	2	44	50
3	0	10	20	26	1	29	20	49	2	48	20
4	0	13	50	27	1	32	50	50	2	51	46
5	0	17	10	28	1	36	10	55	3	8	50
6	0	20	40	29	1	39	40	60	3	26	0
7	0	24	0	30	1	43	10	65	3	43	10
8	0	27	30	31	1	46	30	70	4	0	10
9	0	31	0	32	1	50	0	75	4	17	20
10	0	34	20	33	1	53	20	80	4	34	30
11	0	37	50	34	1	56	50	85	4	51	30
12	0	41	10	35	2	0	20	90	5	8	30
13	0	44	40	36	2	3	40	95	5	25	40
14	0	48	10	37	2	7	10	100	5	42	40

Приложение 9

Учреждение ДРСУ-8 Форма № 3
Трасса Коломна-Малино Полевой журнал
Участок км 7 - км 14

ЖУРНАЛ № _____
технического нивелирования

Инструмент НЗ № 1184
Увеличение трубы 32-х
Цена деления уровня 20"
Рейки 4-метровые

Начат 17 апреля 1994 г.
Окончен 5 мая 1994 г.
Страниц _____

Мастер Петров М.А.
Нач. участка Смирнов Н.В.

Нашедшего журнал прошу отослать по следующему адресу
_____
_____

Наблюдал Петров 17.04 1994 г Вычислял Петров 17.04.1994 г

Приложение 9 /окончание/

№№ ре- пе- ров	Пикет и плюс	Отсчеты по рейке					Превышения		Горизонт инстр м	Абсо- лютная отмет- ка, м	Услови отметка м	Приме- чание
		Читанные			Средние		+	-				
		задний	промеж.	передн.	задн	передн.						
Рп1		1908							229.296		227.388	Рп1 на
	пк 0		0860								228.436	пк 0+30 вправо
	+14		2840								226.456	25 м
	+60		2580								226.716	
	+89		2390								226.906	
	+91		1870								227.426	
	+93		1735								227 561	
	+99		1610								227 686	
	пк 1		0450								228 846	
	+ 8		2070								227 226	
	+10		2010								227 286	
	ПК1+17	0034		1950				42	227 380		227 346	
	+62		1965								225.415	
	пк 2	0613		2562				2528	225 431		224.818	
	+ 33		1120								224 311	
	+34		0860								224 571	
	+40		0890								224 541	
	+42		1370								224.061	
	+80		1930								223.501	
	+86		1645								223.786	
	пк 3			1708				1095			223.723	
		2555		6220								
			-3665					-3665			-3.665	

Приложение 10

Форма и пример заполнения журнала поперечного нивелирования

20.06.1989 г. Наблюдал Жуков

Пикеты + и расстояния от трассы		Отсчеты по рейке		Горизонт визирования	Отметка	Примечание
влево	вправо	задний	передний, промежуточный			
		Поперечник на пк 40+00				
Пк40		105		391.55	390,50	
10			227		389,28	
20			254		389,01	
	10		160		389,95	
	20		116		390,39	Линия застройки
		Поперечник на пк 40+60				
пк 40+60		183		397,35	395,52	
5			217		395,18	
8			262		394,73	
14			264		394,71	
20			306		394,29	
	5		207		395,28	
	7		257		394,78	
	10		155		395,80	Линия связи
	25		102		396,33	Линия застройки

Приложение 11

Форма и пример заполнения журнала ватерпасовки

20 марта 1995 г. Ватерпасовку производил Иванов

Пк 73 + 00 Отметка 110,00

Лево				Право			
Расстояние	±	Превыш.	Отметка	Расстояние	±	Превыш.	Отметка
2	+	1,10	111,10	2	-	1,05	108,95
2	+	1,00	112,10	2	-	1,15	107,80
2	+	0,90	113,00	2	-	1,30	106,50
2	+	0,80	113,80	2	-	1,30	105,20
2	+	1,00	114,80	2	-	1,50	103,70
2	+	1,00	115,80	2	-	1,10	102,60
2	+	1,50	117,30	2	-	1,10	101,50
2	+	1,70	119,00	2	-	1,10	100,40
2	+	1,30	120,30	2	-	1,05	99,35

Приложение 12

Союздорпроект Автомобильная дорога

Участок

ВЕДОМОСТЬ

невязок между связующими точками нивелировочного хода

Связующие точки	Превышения по I нивел. ±	Превышения по II нивел. ±	Разница превышения	Превышение по контролю ±
1	2	3	4	5
Рп14				
	85,730	85,730	0	
пк 85				
	85,320	85,326	+ 6	
пк 86				
	85,352	85,362	+10	
пк 87				
	85,067	85,082	+15	
пк 88				
	85,300	85,309	+ 9	
пк 89				
	84,845	84,863	+18	
пк 90				
	83,720	83,735	+15	
пк 91				
	82,998	83,018	+20	83,017
пк 92				
	82,593	82,614	+21	82,595
пк 93				
	82,529	82,557	+ 28	82,528
пк 94				
	83,419	83,420	+1	
пк 95				
	84,019	84,021	+ 2	
пк 96				
	85,185	85,200	+ 15	
пк 97				
	86,235	86,235	0	
пк 98				
	87,487	87,490	+ 3	
пк 99				
Составил				
Проверил				

Приложение 13

Союздорпроект

К проекту дороги _____

ВЕДОМОСТЬ
высотной увязки реперов

Участок _____

№№ реперов	Привязка к трассе		Расстояние от реперов трассы до реперов или марок государственной нивелировочной сети, км	Отметки 1 нивелира	Расхождение отметок (невязка)		Окончательные отметки	Примечание
	пикет	плюс			допускаемая по форме $\pm 50\sqrt{1}$ мм / факт. ±мм	распределение фактич. невязки ±мм		
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Рп 2185	0	0	вправо 0,5 км	228,598	-	-	228,598	Абсолютные Балтийской системы
1	0	00	0,5	228,366	-	+ 6	228,372	
2	11	0	1,6	228,775	-	+21	228,796	
3	21	0	2,6	228,880		+34	228,914	
4	31	0	3,6	229,099		+47	229,944	Невязка, приходящаяся на 1 км хода
Марка 2602	31	50	7,65	228,844	113 / -100	+100	228,944	$\frac{100}{7,65}$ = 13 мм
				228,944 (абсолютная)				

Составил

Проверил

Приложение 14

Автомобильная дорога _____

_____

Участок _____

Ведомость реперов

Проектный км	Расположение репера /пикет и плюс/	№ репера или марки	Отметка репера абсолютная	Расстояние репера от трассы, м по ходу километража		Род репера: марка, столб, цоколь, др.	Примечание
				Влево	Вправо		
	0+00	1	228,538	-	25		Отметки абсолютные в Балтийской системе
1	2+80	Марка 2602	228,944	-	80		
4	39+40	2	242,540	38	-		

Составил Проверил

Приложение 15

Автомобильная дорога _____

_____

Участок _____

Ведомость закрепления трассы

№№ пп	Положение закрепительного знака			Расстояние закрепит. знака от трассы в м		Эскиз и описание закрепительного знака
	проектный километр	пикет	плюс	вправо	влево	
1	2	3	4	5	6	7

Составил Проверил

Приложение 16

Основные типы теодолитов

Группа точности	Теодолиты	Обозначение инструмента по ГОСТ 10529-70	Средняя квадратическая ошибка измерения угла одним приемом	Назначение инструмента	Инструменты, находящиеся в обращении, которые соответствуют ГОСТу
1	Высокоточные	ТО5	± 0",5	Триангуляция и полигонометрия 1 и П классов	ТТ-2/6, Ти, ТВО-1, ТТ-2, ОТ-2, ДМК-2
П П	Точные	Т1	± 1",0	То же, П класса	Трг, ОТВ, Т-3, ОТС, Theo-003, ТБ-1.
		Т2	± 2",0	То же, Ш-1У классов	Theo-010, ТК-В1
Ш Ш	Повышенной точности	Т5	± 5",0	То же, 1-го и 2-го разрядов	ОТШ, А-1, ТА-1, Theo-020, Т-16, ТЕ-01, ТТ-4.
		Т10	±10",0		ОТМ, ТЕ-Д2
1У	Инженерно-технические	Т15	±15",0	Теодолитные ходы, разбивочные и привязочные работы	ОТМ-30, ТТ-5, ТГ-5, ТН, ТТП, Theo-120, S, ТЕ-Б4, КТ-1, ТТ-50, Т-30, ТОМ, ТЕ-Б5.
		Т30	±30",0		

Приложение 17

Основные типы нивелиров

Обозначение инструментов по ГОСТ 10528-69	Характеристика инструментов	Инструменты, соответствующие ГОСТу
Н1	Нивелир высокоточный глухой для нивелирования 1 класса,с элевационным винтом и плоскопараллельной пластинкой. Средняя квадратическая ошибка не более 0,5 мм на 1 км хода.	НА-1.НБ-1, Ni-004,N1-A1
Н2	То же. П класса Средняя квадратическая ошибка не более 1,0 мм на 1 км хода.	НА-1,НБ-1, Ni -004,N1-A1
НС2	Нивелир высокоточный, с самоустанавливающейся линией визирования и плоскопараллельной пластинкой для нивелирования П класса Средняя квадратическая ошибка 1 мм на 2 км хода.	Ni 007, N1-B3, N A-2,Ni -2
Н3	Нивелир точный, глухой с уровнем и элевационным винтом для нивелирования Ш класса. Средняя квадратическая ошибка не более 4 мм на 1 км хода.	НС-2, НВ-1 , НГ Ni -030 , N1-B1
НС3	Нивелир точный с самоустанавливающейся линией визирования для нивелирования Ш класса. Средняя квадратическая ошибка 4 мм на 1 км хода.	НСМ-2М, НЗК-1, Ni- 025, N1-B1
НС4	Нивелир точный с самоустанавливающейся линией визирования и горизонтальным кругом для нивелирования 1У класса. Средняя квадратическая ошибка 8 мм на 1 км хода.	Нивелиры типа Н3, НС3, НС4
НТ	Нивелир технический ,с самоустанавливающейся линией визирования и горизонтальным кругом для технического нивелирования. Средняя квадратическая ошибка 15 мм на 1 км хода.	То же
НЛС	Нивелир технический с самоустанавливающимся высотным штрихом,наклонным лучом визирования и горизонтальным кругом для технического нивелирования. Средняя квадратическая ошибка 30 мм на 1 км хода.	НЛ-3

ФОРМУЛЫ ПЛОЩАДЕЙ ПЛОСКИХ ФИГУР

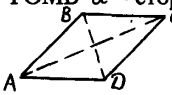
КВАДРАТ a - сторона, d - диагональ:

$$S = a^2 = \frac{d^2}{2}$$

ПРЯМОУГОЛЬНИК a, b - стороны:

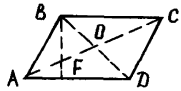
$$S = ab$$

РОМБ a - сторона, d_1, d_2 - диагонали, α - один из углов острый или тупой:



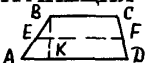
$$S = \frac{d_1 d_2}{2} = a^2 \sin\alpha$$

ПАРАЛЛЕЛОГРАММ a, b - стороны, α - один из углов острый или тупой, h - высота:



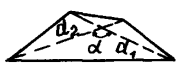
$$S = ah = ab\sin\alpha$$

ТРАПЕЦИЯ a, b - основания, h - высота, c - средняя линия:



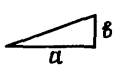
$$S = \frac{a+b}{2} h = ch$$

ЛЮБОЙ ЧЕТЫРЕХУГОЛЬНИК d_1, d_2 - диагонали, α - угол между ними



$$S = \frac{1}{2} d_1 d_2 \sin\alpha$$

ПРЯМОУГОЛЬНЫЙ ТРЕУГОЛЬНИК a, b - катеты:



$$S = \frac{1}{2} ab$$

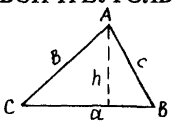
РАВНОБЕДРЕННЫЙ ТРЕУГОЛЬНИК a - основание, b - боковая сторона:

$$S = \frac{1}{2} a \sqrt{b^2 - \frac{a^2}{4}}$$

РАВНОСТОРОННИЙ ТРЕУГОЛЬНИК a - сторона:

$$S = \frac{1}{4} a^2 \sqrt{3}$$

ЛЮБОЙ ТРЕУГОЛЬНИК a, b, c - стороны, a - основание, h - высота, A,B,C - углы, лежащие против сторон a, b, c, p - полупериметр: $p = \frac{a+b+c}{2}$



$$S = \frac{1}{2}ah = \frac{1}{2}ab\sin C = \frac{a^2 \sin B \sin C}{2\sin A} = \frac{h^2 \sin A}{2\sin B \sin C} = \sqrt{p(p-a)(p-b)(p-c)}$$

ПРАВИЛЬНЫЙ ШЕСТИУГОЛЬНИК a - сторона:

$$S = \frac{2}{3}\sqrt{3a^2}$$

КРУГ d - диаметр, r - радиус, C - длина окружности:

$$S = \frac{1}{2}Cr = \pi r^2 \approx 3{,}142\, r^2 = \pi \frac{d^2}{4} \approx 0{,}785\, d^2$$

СЕКТОР r - радиус, n - градусная мера центрального угла, p_{n° - длина дуги:

$$S = \frac{1}{2} r\, p_{n^\circ} = \frac{\pi r^2 n}{360}$$

СЕГМЕНТ площадь сегмента находится как разность площадей сектора OAB и треугольника AOB.

Приложение 19

Формулы объемов и поверхностей тел

Обозначения: V - объем, S - площадь основания, $S_{бок}$ - боковая поверхность, P - полная поверхность, h - высота, a, b, c - измерения прямоугольного параллелепипеда, A - апофема правильной пирамиды и правильной усеченной пирамиды, l - образующая конуса, p - периметр или окружность основания, r - радиус основания, d - диаметр основания, R - радиус шара, D - диаметр шара.

ПРИЗМА, прямая и наклонная, ПАРАЛЛЕЛЕПИПЕД:

$$V = Sh$$

ПРЯМАЯ ПРИЗМА:

$$S_{бок} = ph$$

КУБ:

$$V = a^3 \qquad P = 6a^2$$

ПИРАМИДА, правильная и неправильная: $V = \frac{1}{3} Sh$.

Пирамида правильная: $S_{бок} = \frac{1}{2} pA$.

Усеченная пирамида, правильная и неправильная:

$$V = \frac{1}{3}(S_1 + \sqrt{S_1 S_2} + S_2)h .$$

Усеченная пирамида правильная:

$$S_{бок} = \frac{1}{2}(p_1 + p_2)A .$$

ЦИЛИНДР круговой, прямой и наклонный:

$$V = Sh = \pi r^2 h = \frac{1}{4}\pi d^2 h$$

Конус круглый:

$$S_{бок} = \frac{1}{2} pl = \pi r l = \frac{1}{2}\pi d l$$

Усеченный конус круглый:

$$S_{бок} = \pi(r_1 + r_2)l = \frac{1}{2}\pi(d_1 + d_2)l$$

Усеченный конус круговой, круглый и наклонный:

$$V = \frac{1}{3}\pi h(r_1^2 + r_1 r_2 + r_2^2) = \frac{1}{12}\pi h(d_1^2 + d_1 d_2 + d_2^2).$$

ШАР:

$$V = \frac{4}{3}\pi R^3 = \frac{1}{6}\pi D^3 \quad P = 4\pi R^2 = \pi D^2$$

ПОЛУШАРИЕ:

$$V = \frac{2}{3}\pi R^3 = \frac{1}{12}\pi D^3 \quad S = \pi R^2 = \frac{1}{4}\pi D^2$$

ШАРОВОЙ СЕГМЕНТ:

$$V = \pi h^2\left(R - \frac{1}{3}h\right) = \frac{\pi h}{6}(h^2 + 3r^2); \quad S_{бок} = 2\pi Rh \quad P = \pi(2r^2 + h^2)$$

ШАРОВОЙ СЛОЙ:

$$V = \frac{1}{6}\pi h^3 + \frac{1}{2}\pi(r_1^2 + r_2^2)h; \quad S_{бок} = 2\pi Rh$$

ШАРОВОЙ СЕКТОР:

$$V = \frac{2}{3}\pi R^2 h'$$

h' - высота сегмента, содержащегося в секторе.

Приложение 20

Наименьшие расстояния при пересечении и сближении ВЛ (воздушных линий электропередачи) с автомобильными дорогами

Пересечение или сближение	Наименьшее расстояние, м, при напряжении, кВ					
	до 20	35-110	150	220	330	500
Расстояние по вертикали:						
а) от провода до полотна дороги:						
в нормальном режиме ВЛ	7	7	7,5	8	8,5	9
при обрыве провода в соседнем пролете	5	5	5,5	5,5	6	
Расстояния по горизонтали:						
а) от основания опоры до бровки земляного полотна дороги при пересечениях	Высота опоры					
б) то же, при параллельном следовании	Высота опоры плюс 5 метров					
в) то же, на участках стесненной трассы от любой части опоры до подошвы насыпи дороги или до наружной бровки кювета:						
при пересечении дорог I и II кат.	5	5	5	5	10	10
при пересечении дорог остальных категорий	1,5	2,5	2,5	2,5	5	5
г) при параллельном следовании, от крайнего провода при неотклоненном положении до бровки земляного полотна	2	4	5	6	8	10

Приложение 21

Предварительное определение напряжения ВЛ по типу и числу изоляторов

Напряжение ВЛ /кВ/	Тип изоляторов или гирлянд	Тип опоры	Кол-во изоляторов (шт.) на 1 провод
0,4	Штыревые на крюке		1
6-10	Штыревые на крюке		1
6-10	Штыревые на траверсе		1
35	Поддерживающая	метал. и ж.б.	3
35		деревянная	2
35	Натяжная	метал. и ж.б.	4
		деревянная	3
110	Поддерживающая	метал. и ж.б.	6-8
		деревянная	5-7
	Натяжная	метал. и ж.б.	7-9
		деревянная	6-8
150	Поддерживающая	метал. и ж.б.	8-10
		деревянная	7-9
	Натяжная	метал. и ж.б.	8-10
		деревянная	7-9
220	Поддерживающая	метал. и ж.б.	10-14
		деревянная	9-13
	Натяжная	метал. и ж.б.	10-14
		деревянная	9-13
330	Поддерживающая	метал. и ж.б.	14-21
	Натяжная	метал. и ж.б.	14-21
500	Поддерживающая	металлические	21-29
	Натяжная		

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. СНиП 3.01.03-84 Геодезические работы. Госстрой СССР. - 1985.

2. В.И.Федоров, П.И.Шилов. Инженерная геодезия. М., Недра. - 1982.

3. М.П.Сироткин, В.С.Сытник. Справочник по геодезии для строителей. М. - Недра. - 1987.

4. Наставление пикетажисту при изысканиях автомобильных дорог. Союздорпроект. М., - Автотрансиздат. - 1957.

5. И.Е.Субботин, А.С.Мазницкий. Справочник по инженерно-геодезическим изысканиям для линейного строительства. Киев. - Будивельник, 1978.

6. Наставление по угломерной и тахеометрической съемке при изысканиях автомобильных дорог. Союздорпроект. - М. - Автотрансиздат. - 1958.

7. Инструкция по сооружению земляного полотна автомобильных дорог. Государственный производственный комитет по транспортному строительству СССР. - М.- Транспорт. - 1964.

8. Инструкция по разбивочным работам при строительстве, реконструкции и капитальном ремонте автомобильных дорог и искусственных сооружений. ВСН 5-81. Минавтодор РСФСР. М. - Транспорт. - 1983.

9. Указания по разбивочным работам при строительстве и реконструкции автомобильных дорог и искусственных сооружений ВСН 5-70 Минавтодор РСФСР. М. - Транспорт. - 1971.

10. Н.А.Митин. Таблицы для разбивки кривых на автомобильных дорогах. Издание второе. - М. - Недра, 1978.

11. В.И.Ксенодохов. Таблицы для проектирования и разбивки клотоидной трассы автомобильных дорог. М. - Транспорт. - 1969.

12. Н.М.Антонов, Н.А.Боровков,Н.Н.Бычков, Ю.Н.Фриц. Проектирование и разбивка вертикальных кривых автомобильных дорог. - М. - Транспорт. - 1968.

13. Г.Д.Дубелир. Дорожное дело. Нормальное руководство для высшей школы. М. - Петроград, Госиздат, 1923.

14. СНиП Ш-43-75. Правила производства и приемки работ. Мосты и трубы. Госстрой СССР. М. - Стройиздат, 1976.

15. В.А.Коугия, В.В.Грузинов, О.Н.Малковский, В.Д.Петров. Геодезические работы при строительстве мостов. М. - Недра. - 1986.

16. В.Д.Большаков, Г.П.Левчук. Справочник геодезиста. М., Недра. - 1985.

17. Методические указания. Построение геодезических разбивочных сетей для многопролетных мостов длиной до 1 км. М., Мосгипротранс, 1974.

18. Указания по производству геодезических разбивочных работ при строительстве больших и внеклассных мостов. М., ЦНИИС Минтрансстроя. - 1971.

19. Б.С.Марышев, А.К.Петрушин, А.М.Шейнин. Скоростное строительство дорожных одежд с цементобетонным покрытием. - М., Транспорт. - 1978.

20. Е.Е.Гибшман, И.С.Аксельрод, М.Е.Гибшман. Мосты и сооружения на автомобильных дорогах. - М., Транспорт, 1973.

21. Наставление нивелировщику при изысканиях автомобильных дорог. - Союздорпроект. - М., 1962.

22. Справочник инженера-дорожника. Проектирование автомобильных дорог. Под редакцией Г.А.Федотова. М., Транспорт, 1989.

23. Справочник инженера-дорожника. Строительство мостов и труб. Под общей редакцией В.С.Кириллова. М., Транспорт, 1965.

24. СНиП 3.06.04-91. Мосты и трубы. Госстрой СССР. М. - 1992.

25. Правила приемки работ при строительстве, капитальном и среднем ремонте автомобильных дорог. Минавтодор РСФСР. - Транспорт. - 1982.

26. Справочник инженера-дорожника. Содержание и ремонт автомобильных дорог. Издание второе. Под общей редакцией А.П.Алексеева. М., Транспорт. - 1974.

27. В.Ф.Бабков. Ландшафтное проектирование автомобильных дорог. М., Транспорт, 1980.

28. Л.С.Хренов. Геодезические таблицы для строителей. М., Недра, 1983.

29. М.Я. Выгодский. Справочник по элементарной математике. М., Наука, 1987.

30. Методические указания по съемке и согласованию существующих коммуникаций в местах пересечений и сближений с автомобильными дорогами. М., Союздорпроект. - 1986.

31. Стандарт предприятия. Технология инженерных изысканий для реконструкции автомобильных дорог. М., Союздорпроект. - 1983.

СОДЕРЖАНИЕ

1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ 1
2. ОБЩИЕ ПОНЯТИЯ И ПРИЕМЫ РАБОТЫ 3
Основные геодезические инструменты и приспособления 3
Поверки теодолита 7
Способы и точность измерения горизонтальных углов 10
Измерение вертикальных углов 12
Вешение линий на местности 13
Измерение линий 15
Нивелирование 20
Поверки нивелиров 24
Закрепление точек ходов нивелирования знаками 26
Установка рейки на нивелируемой точке 27
Тригонометрическое нивелирование 27
Произвольная система прямоугольных геодезических координат 28
Ориентирование линий. Азимуты, румбы, дирекционные углы 29
Уравнивание приращений координат 32
3. ПРЕДЕЛЫ ТОЧНОСТИ ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ РАЗБИВОЧНЫХ РАБОТ 34
Точность работ при перенесении проектов автомобильных дорог на местность 34
Точность детальной разбивки автомобильной дороги и ее сооружений 36
Точность разбивочных работ при строительстве мостовых сооружений 39
4. МЕТОДЫ И СПОСОБЫ РАЗБИВОЧНЫХ РАБОТ И ВЫНОСА В НАТУРУ ПРОЕКТНЫХ ДАННЫХ 47
Восстановление трассы 47
Восстановление опорных сетей и закрепление трассы 52

5. РАЗБИВКА ЗЕМЛЯНОГО ПОЛОТНА И ПРОЕЗЖЕЙ ЧАСТИ 55
Контроль за возведением насыпи и разработкой выемки 62
Разбивка виражей и уширений 66
Разбивочные работы при устройстве дорожной одежды 68
6. ДЕТАЛЬНАЯ РАЗБИВКА КРИВЫХ 69
Детальная разбивка горизонтальных кривых методом прямоугольных координат 73
Разбивка горизонтальных круговых кривых продолженными хордами 74
Разбивка закруглений без таблиц 76
7. ГЕОДЕЗИЧЕСКИЕ РАБОТЫ ПРИ РАЗБИВКЕ МАЛЫХ ИСКУССТВЕННЫХ СООРУЖЕНИЙ..... 79
8. ГЕОДЕЗИЧЕСКИЕ РАБОТЫ ПРИ ВОССТАНОВЛЕНИИ, РЕКОНСТРУКЦИИ, РЕМОНТЕ И СОДЕРЖАНИИ БОЛЬШИХ И СРЕДНИХ МОСТОВ, ЭСТАКАД, ПУТЕПРОВОДОВ 84
Общие сведения 84
Опорные сети разбивки 85
Общие сведения о разбивочной сети моста 87
Схемы построения мостовых разбивочных сетей 91
Мостовая триангуляция 91
Линейно-угловая сеть. Полигонометрия 93
Трилатерация 95
Приближенное уравнивание разбивочной сети 95
Методика нивелирования 99
Разбивка центров опор мостов, эстакад и путепроводов 101
Геодезические работы при монтаже сборных конструкций сооружений 106
9. ГЕОДЕЗИЧЕСКИЙ КОНТРОЛЬ ЗА РАБОТОЙ ДОРОЖНО-СТРОИТЕЛЬНЫХ МАШИН 110
Ручное геодезическое управление работой машин 112
Автоматизированное и полуавтоматизированное

геодезическое управление работой машин 113
10. ГЕОДЕЗИЧЕСКИЕ РАБОТЫ ПО СОДЕРЖАНИЮ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ И ИСКУССТВЕННЫХ СООРУЖЕНИЙ 118
Геодезические измерения деформаций сооружений 120
Методы геодезических измерений величин сдвигов, осадок и деформаций сооружений 121
Измерение кренов зданий 123
11. ИСПОЛНИТЕЛЬНЫЕ СЪЕМКИ 126
Состав исполнительной документации 129
12. ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ РАБОТ 131
ПРИЛОЖЕНИЯ:
Приложение 1. Ведомость линейных промеров трассы 135
Приложение 2. Таблица поправок за наклон линии к горизонту Δ Д в см. 136
Приложение 3. Форма и пример заполнения угломерного журнала 138
Приложение 4. Форма журнала тахеометрической съемки 140
Приложение 5. Ведомость углов поворота, прямых и кривых ... 142
Приложение 6. Ведомость координат 144
Приложение 7. Форма журнала теодолитного хода 147
Приложение 8. Таблица для перевода уклонов в соответствующие углы 148
Приложение 9. Форма и пример заполнения журнала технического нивелирования 149
Приложение 10. Форма и пример заполнения журнала поперечного нивелирования 151
Приложение 11. Форма и пример заполнения журнала ватерпасовки 152
Приложение 12. Ведомость невязок между связующими точками нивелировочного хода 153
Приложение 13. Ведомость высотной увязки реперов 154
Приложение 14. Ведомость реперов 155
Приложение 15. Введомость закрепления трассы 156
Приложение 16. Основные типы теодолитов 157
Приложение 17. Основные типы нивелиров 158

Приложение 18. Формулы площадей плоских фигур 159
Приложение 19. Формулы объемов и поверхностей тел 161
Приложение 20. Наименьшие расстояния при пересечении и сближении ВЛ (воздушных линий электропередачи) с автомобильными дорогами 163
Приложение 21. Предварительное определение напряжения ВЛ по типу и числу изоляторов 164
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ 165

Подписано в печать 28.06.95 г. Формат бумаги 60x84 1/16. Печать плоская.
Уч.-изд.л. 9,5. Печ.л. 10,75. Тираж 3000. Изд. № 7164. Зак. 118

Ротапринт Информавтодора: Москва, Зеленодольская, 3

gost.e-ecolog.ru