

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«Пензенский государственный университет
архитектуры и строительства»
(ПГУАС)

Т.И. Хаметов

ИНЖЕНЕРНАЯ ГЕОДЕЗИЯ

Рекомендовано Редсоветом университета
в качестве учебного пособия для студентов,
обучающихся по направлению подготовки 08.05.01
«Строительство уникальных зданий и сооружений»

Пенза 2016

УДК 528.48.69 (075.8)

ББК 38.115 я 73

X18

Рецензенты: генеральный директор ООО «Пенз-геоизыскания» А.В. Нуждин;
кандидат технических наук, доцент
кафедры «Землеустройство и геодезия» Е.П. Тюкленкова (ПГУАС)

Хаметов Т.И.

X18 Инженерная геодезия: учеб. пособие по направлению подготовки 08.05.01 «Строительство уникальных зданий и сооружений» / Т.И. Хаметов. – Пенза: ПГУАС, 2015. – 280 с.

Содержит основные сведения о геодезии и геодезических измерениях, нивелировании поверхности, способах изображения рельефа местности, а также по решению инженерно-геодезических задач по топографическим планам и картам, по инженерно-геодезическим изысканиям и проектировании трассы линейных сооружений, геодезической подготовке данных и разбивочных работах при перенесении проектных элементов зданий и сооружений на стройплощадку, методам геодезического обеспечения строительства и инструментальных наблюдений за деформацией зданий и сооружений.

Подготовлено на кафедре «Землеустройство и геодезия» и предназначено для использования студентами, обучающимися по направлению подготовки 08.05.01 «Строительство уникальных зданий и сооружений», при изучении дисциплины «Инженерная геодезия».

© Пензенский государственный университет
архитектуры и строительства, 2016

© Хаметов Т.И., 2016

ПРЕДИСЛОВИЕ

Учебное пособие подготовлено в соответствии с требованиями ФГОС ВО подготовки специалистов по направлению 08.05.01 «Строительство уникальных зданий и сооружений» и рабочей программой дисциплины «Инженерная геодезия»

Целью дисциплины является: приобретение теоретических и практических знаний, необходимых при выполнении геодезических работ при строительстве уникальных зданий и сооружений; ознакомление с современными технологиями использования геодезических приборов, методов геодезических измерений и камеральных вычислений, построения разбивочной геодезической основы, производства исполнительских съемок, геодезического сопровождения строительно-монтажных работ при строительстве уникальных зданий и сооружений

Задачей дисциплины «Инженерная геодезия» является: изучение состава и организации геодезических работ на всех стадиях строительства уникальных зданий и сооружений изучение методов и средств при перенесении зданий и сооружений в натуру, сопровождении строительства подземной, надземной частей зданий и сооружений и монтажа строительных конструкций при строительстве высотных каркасных зданий и сооружений; изучение организации геодезического мониторинга за зданиями и сооружениями, требующими специальных инструментальных наблюдений за деформациями в процессе их эксплуатации.

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций:

- владение знанием нормативной базы проектирования и мониторинга высотных и большепролетных зданий и сооружений;
- способность организовывать процесс возведения высотных и большепролетных сооружений и конструкций с применением новых технологий и современного оборудования, принимать самостоятельные технические решения.

В результате освоения компетенций студент должен:

знать: нормативную базу проектирования, строительства и мониторинга высотных и большепролетных зданий и сооружений; Организацию технологического процесса возведения высотных и большепролетных сооружений и конструкций с применением новых технологий и современного оборудования, принимать самостоятельные технические решения;

уметь: использовать нормативную базу проектирования и мониторинга при строительстве высотных и большепролетных зданий и сооружений; использовать передовые способы и методы геодезического сопровождения процесса возведения высотных и большепролетных сооружений и кон-

струкций с применением новых технологий и современного оборудования, принимать самостоятельные технические решения;

владеть: навыками соблюдения на практике нормативной базы проектирования и строительства высотных и большепролетных зданий и сооружений; навыками использования инструментального контроля в процессе возведения высотных и большепролетных сооружений и конструкций с применением новых технологий и современных геодезических приборов и оборудования.

Учебное пособие предназначено для студентов строительных вузов, изучающих дисциплину "Инженерная геодезия"

Методически учебное пособие составлено таким образом, чтобы при изучении раздела 1 студенты могли ознакомиться с общими сведениями по геодезии, картографии, топографии; геодезическими приборами; видами и методами геодезических измерений; порядком обработки измерений, вычислений и оценкой точности их результатов.

Раздел 2 учебного пособия посвящен видам, методам и способам нивелирования поверхности участка местности, составлению топографического плана участка местности, решению инженерно-геодезических задач по топографическим картам и планам.

В разделе 3 учебного пособия рассматривается содержание инженерно геодезических работ, выполняемых при изысканиях и проектировании зданий, сооружений. Изложены порядок изысканий, геометрического нивелирования трассы линейного сооружения, проектирования и построения профиля автодороги, расчета элементов круговой кривой и ее детальной разбивке на местности.

В разделе 4 учебного пособия изложены методы геодезического обеспечения строительства и эксплуатации зданий и сооружений, в том числе: геодезических работ при строительстве нулевого цикла и надземной части зданий различного типа; перенесения проектных осей на местность и на исходный, монтажный горизонты зданий; исполнительной съемки; инструментального наблюдения за деформациями зданий и сооружений; решения основных инженерно-геодезических задач на строительной площадке.

В конце каждого подраздела приведены вопросы для самоконтроля знаний.

Раздел 1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О ГЕОДЕЗИИ И ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ ИЗМЕРЕНИЯХ

1. Земная поверхность и способы ее изображения

1.1. Форма земли и определение положения точек на земной поверхности

Форма и размеры земли. Физическая поверхность земли в геометрическом отношении имеет сложную форму. При определении формы окружающих нас предметов их обычно сравнивают с геометрически правильными телами. Если предположить, что земля находится в состоянии покоя и плотность ее равномерно распределяется по всей массе, то она имела бы форму шара. Под действием центробежной силы вызванной вращением вокруг оси с постоянной скоростью земля бы приобрела форму, сплюснутую по направлению к полюсам, то есть форму сфероида или эллипсоида (рис. 1). Поверхность такого эллипсоида была бы всюду горизонтальной, а направление силы тяжести было бы перпендикулярным (нормальным) к ней, т.е. направление силы тяжести совпадало бы в каждой точке с нормалью к поверхности эллипсоида. Такие поверхности называются **уровенными**, и поверхность такого эллипсоида была бы **уровенной**.

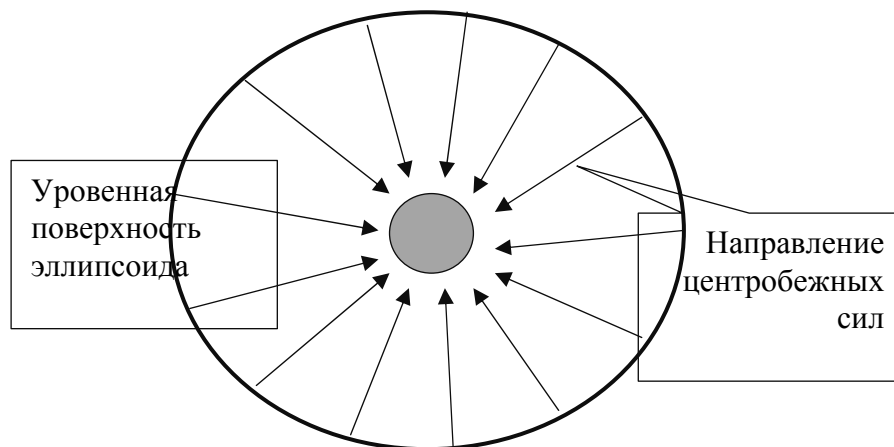


Рис.1. Эллипсоид вращения

Однако земля неоднородна, она состоит из нескольких слоев, плотность, которых примерно одинакова в каждом слое. Теоретические расчеты показывают, что и в этом случае земля имела бы форму эллипсоида, но с другим коэффициентом сжатия. Однако самый верхний слой (земная кора) мощностью от 6 до 70 км, средняя 40 км, закономерностей в распределении плотностей не имеет и строение его весьма сложно. Таким образом, поверхность земли имеет сложную геометрическую форму. Под действием неравномерно, расположенных масс в земной коре изменяется

направление сил притяжения, а следовательно и сил тяжести. Уровенная поверхность земли отступает от поверхности эллипсоида, становится сложной и неправильной в геометрическом отношении, она совпадает с невозмущенной (спокойной) поверхностью океанов и морей и не определяется, какой-либо из известных аналитических форм. Ей присвоено название геоид.

Геоидом называется уровенная поверхность, совпадающая с поверхностью океанов и морей при спокойном состоянии водных масс и мысленно продолженная под материками, таким образом, что бы направление силы тяжести пересекало бы ее под прямым углом. Наибольшее отступление геоида от эллипсоида незначительное и не превышает 100-150 км. Поэтому фигурой наиболее приближенной к геоиду является эллипсоид вращения.

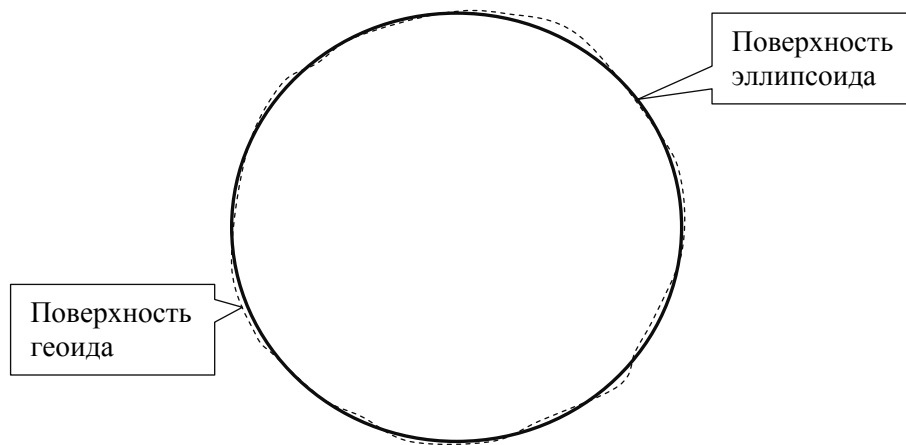


Рис.2. Схема соотношения поверхности эллипсоида и геоида

Эллипсоид, ориентированный в геоиде называется референц эллипсоид. Ориентировка референц – эллипсоида в теле Земли задается исходными геодезическими данными: координатами начального пункта государственной геодезической сети (пункт Пулково вблизи Санкт-Петербурга), исходным азимутом и высотой поверхности эллипсоида, над поверхностью геоида.

Вычисление и уточнение размеров земного эллипсоида, начатое еще в XVIII веке, продолжается по сей день. Теперь для этого используются спутниковые наблюдения и точные гравиметрические измерения. Но и в этом случае, многие исследователи, пользуясь разными исходными данными и методиками расчета, получают неодинаковые результаты. Поэтому исторически сложилось так, что в разные времена и в разных странах были приняты и законодательно закреплены различные эллипсоиды, и их параметры не совпадают между собой. В нашей стране за основу принят эллипсоид Красовского, размеры которого получены в 1940 году советскими учеными Красовским и Изотовым Его параметры: Большая полуось (a) – 6378245 м. Малая полуось (b) – 6356863 м. Коэффициент сжатия

($\alpha = a - b / a = 1 : 298.3$). В 1984 году на основе спутниковых измерений, вычислен международный эллипсоид WGS – 84 (World Geodetic System).

Карты, составленные на основе разных эллипсоидов, получаются в различающихся между собой координатных системах, что создает неудобство при их сопоставлении. Несовпадения бывают особенно заметны на крупномасштабных картах, при определении по ним точных координат объектов. Но на широко применяемых географами средне и мелкомасштабных картах такие различия не очень чувствительны. Более того, иногда вместо эллипсоида берется шар, и средний радиус Земли принимается равным $R = 6367,6$ км. Погрешности при замене эллипсоида на шар оказываются, столь малы, что не проявляются на большинстве географических карт.

Геодезические и прямоугольные координаты. В геодезических построениях принимаются различные системы координат.

В геодезической системе координат за основу координационной поверхности принимается поверхность референц-эллипсоида, а за основные координационные линии геодезические меридианы и параллели. Геодезическим меридианом называется сечение эллипсоида плоскостью проходящей через точку на его поверхности и малую полярную ось (рис. 3). Геодезической параллелью называют сечения эллипсоида плоскостью проходящей через точку на его поверхности и перпендикулярной к малой оси. Параллель, проходящая через центр эллипсоида, называется экватором (рис.3).

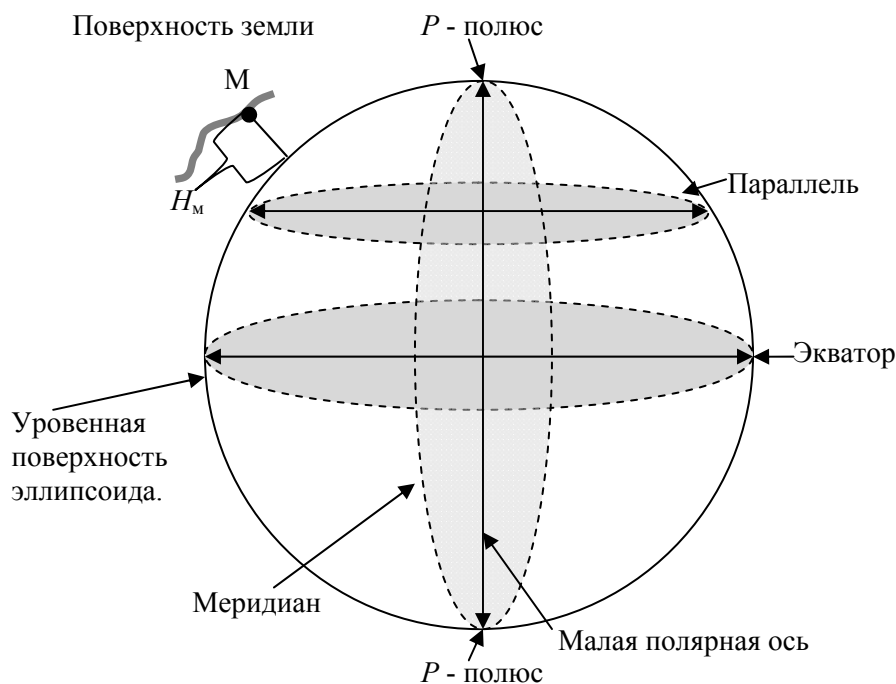


Рис.3. Определение геодезических координат

Положение точки на эллипсоиде задается пересечением параллели и меридиана. Меридиан задается геодезической долготой (L), а параллель геодезической широтой (B).

Геодезическая широта B – это острый угол, образованный нормалью к поверхности эллипсоида, проведенной через точку на поверхности земли, и плоскостью экватора (рис. 4).

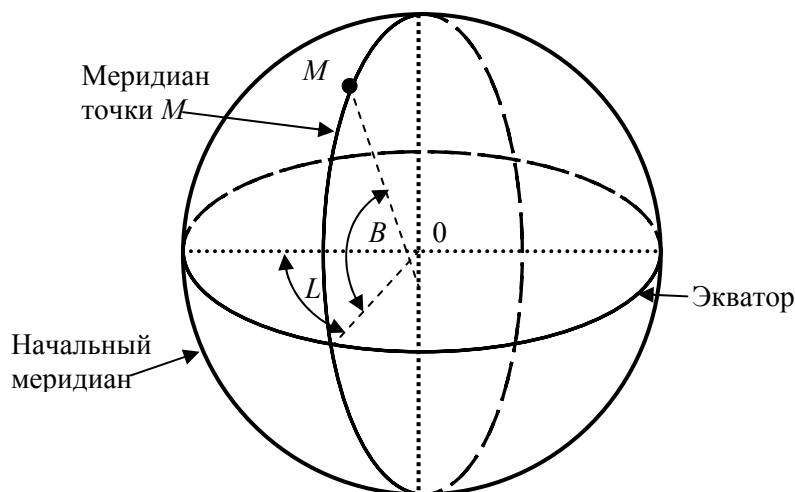


Рис.4. Геодезические координаты: широта B и долгота L

Геодезической долготой L – называется двугранный угол между плоскостью гринвичского (начального) меридиана и плоскостью меридиана проходящей через данную точку (см. рис. 4). Геодезические широты бывают северные и южные и изменяются от 0° (на экваторе) до 90° (на земных полюсах).

Геодезические долготы бывают западные и восточные и изменяются от 0° (на Гринвичском меридиане) до 180° (на Тихоокеанской ветви).

Для определения положения конкретной точки на поверхности эллипсоида помимо долготы и широты необходимо знать высоту ее от поверхности эллипсоида (H_M). За начальную отсчетную поверхность принимается уровень моря. Относительно ее и принимают высоты точек поверхности земли, называемые абсолютными (рис.3). В нашей стране за начальную точку отсчета принят нуль Крондштадского футштока, близко совпадающий с уровнем Балтийского моря. Таким образом, точка M в геодезической системе имеет координаты $B_M; L_M; H_M$ (см. рис. 3;4).

Астрономическая система координат отличается от геодезической на 3-4 секунды и вместе с геодезической входит в понятие географической системы координат, которой и пользуются в геодезии, проводя измерения геодезическими методами.

Для изображения значительных частей земной поверхности на плоскость принимают специальные проекции, дающие возможность переноса

силь на плоскость положение точек земной поверхности. Точки переносятся по математическим законам, что позволяет определять их положение в плоской системе координат X, Y . В нашей стране за основу системы координат принята проекция, предложенная немецкими учеными Гауссом и Крюгером и получившая, наименование Гаусса – Крюгера. Согласно этой проекции земной шар разделен на 3 или 6 градусные зоны вдоль меридианов, нумерация которых ведется с запада на восток, начиная от Гринвичского меридиана, принятого за ноль. Далее каждый сегмент разворачивается на плоскость, где осевой меридиан изображается прямой линией без искажения, т.е. с точным сохранением его длины. Экватор в каждом сегменте также изображается прямой линией перпендикулярной осевому меридиану. За начало отсчета координат принимается пересечение экватора и осевого меридиана (рис .5).

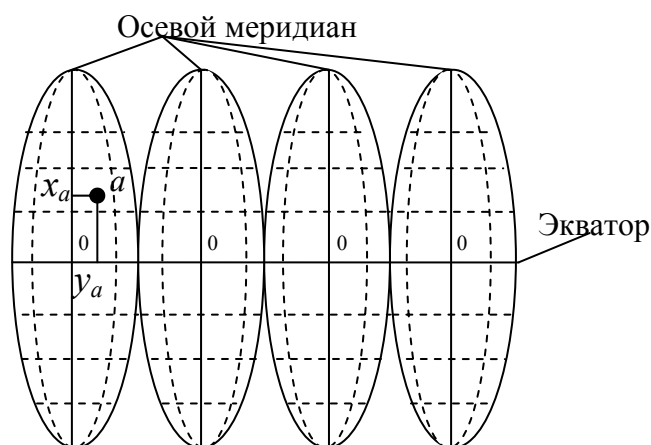


Рис. 5. Изображение зон в проекции Гаусса – Крюгера

Искажение длин линий в проекции Гаусса – Крюгера возрастают по мере удаления от осевого меридиана и могут достигать величины порядка 1:1500 в шестиградусной зоне и 1:6000 в трехградусной. В инженерно-геодезических работах и при крупномасштабных съемках такие искажения необходимо учитывать, либо применять частную систему координат с осевым меридианом, проходящим через середину участка работ.

Система координат в каждой зоне (сегменте) одинакова. Все географические карты на территории бывшего СССР, стран восточной и части стран западной Европы составлены в проекции Гаусса – Крюгера. Изображение на плоскости каждой шестиградусной полосы представляет собой колонну листов Международной карты мира в масштабе 1:1000000. Шестиградусная полоса, в свою очередь, является шестиградусной координатной зоной, ограниченной соответствующими меридианами. Ось ординат (y) направлена на восток и совмещена с изображением экватора. Ось абсцисс (x) совмещена с изображением осевого меридиана зоны и направлена на север.

Прямолинейное изображение осевого меридиана и экватора можно использовать в качестве осей прямоугольной системы координат.

Положение точки (а) на плоскости определяется плоскими прямоугольными координатами x_a и y_a . Каждую шестиградусную зону нумеруют арабскими цифрами. В РФ принята нумерация зон отличная от мировой. Крайняя западная зона с долготой осевого меридиана $L_0=21^\circ$, имеет номер 4, а на Чукотке номер 32. Номер зоны N и долгота L_0 осевого меридиана, связаны между собой равенством: $L_0 = 6^\circ N - 3^\circ$.

Например: долгота осевого меридиана в 10 зоне будет равна:

$$L_0 = 6^\circ \cdot 10 - 3^\circ = 57^\circ.$$

Для исключения из обращения отрицательных ординат ко всем ординатам добавляют число 500000 м. Кроме того к ординате слева подписывается номер зоны. В результате получают число, представляющее собой условную ординату. Например: условная ордината точки равна 12298897,3 м. это означает что точка, имеющая такую ординату, находится в 12 зоне, ее действительная ордината равна -201102,7 м, а долгота осевого меридиана зоны: $L_0 = 6^\circ \cdot 12 - 3^\circ = 69^\circ$. Следовательно, точка находится в 201102,7 метрах к западу от осевого меридиана.

1.2. Масштабы и ориентирование на местности

На планах и картах участки местности изображаются в уменьшенном виде. Степень уменьшения изображения отрезка на плане (карте) называют **масштабом**.

Масштаб выражают отношением отрезка на плане (карте) к горизонтальной проекции соответствующего отрезка на местности.

Масштабы могут быть численными, линейными и поперечными.

Численный масштаб представляет собой дробь, у которой числитель единица, а знаменатель – число M , показывающее, во сколько раз предметы местности уменьшались при изображении их на плане или карте. Исходя из определения масштаба, можно записать:

$$\frac{ab}{AB} = \frac{1}{M}, \quad (1)$$

где ab – отрезок на плане или карте;

AB – соответствующий ему отрезок на местности;

M – знаменатель численного масштаба.

Например, длина линии на местности $AB=256,0$ м в масштабе 1:1000 будет равна:

$$ab = AB:M = 256,0 \text{ м} : 1000 = 0,256 \text{ м} = 25,6 \text{ см}.$$

Если на плане масштаба 1:500 длина отрезка $cd = 73$ мм, то на местности ему будет соответствовать отрезок

$$CD = 73 \text{ мм} \cdot 500 = 36500 \text{ мм} = 36,5 \text{ м.}$$

Линейный и поперечный масштабы являются графическим изображением численного масштаба.

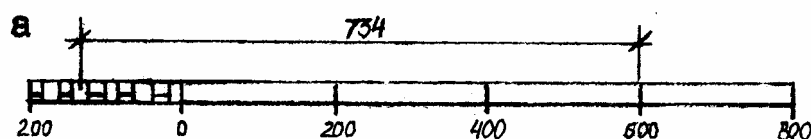
Линейный масштаб представляет отрезок прямой, разделенный на равные части, с подписанными значениями соответствующих им расстояний на местности. Основание масштаба надо выбирать таким, чтобы оно в численном масштабе выражало целое число метров. В настоящем примере (см. рис. 1) оно равно 2 см. Левое крайнее основание линейного масштаба разделено на 10 равных частей, каждая из которых является наименьшим делением линейного масштаба.

Пример 1. Измеренный на карте масштаба 1:10000 отрезок оказался равным 7,34 см. Определить соответствующий ему отрезок на местности. Изобразить длину этого отрезка с помощью линейного масштаба.

Решение.

$$AB = ab \cdot M = 7,34 \cdot 10000 = 73400 \text{ см} = 734 \text{ м.}$$

М 1:10000



М 1:5000

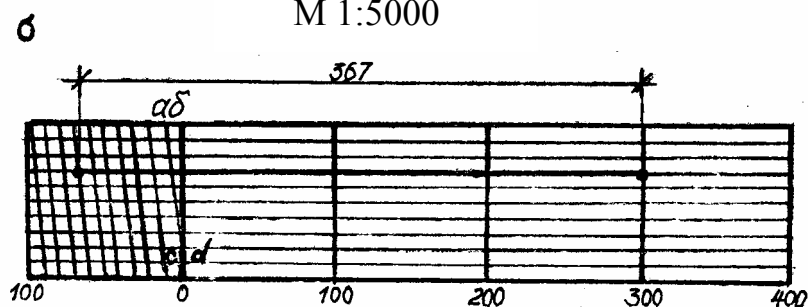


Рис. 6. Графические масштабы:
а – линейный; б – поперечный

Из рис.6 видно, что линейный масштаб не дает высокой точности, поэтому на практике чаще пользуются поперечным масштабом.

Для построения поперечного масштаба (см. рис.6) на горизонтальной прямой откладывают 5-7 раз основание масштаба, равное 2 см. Из концов отложенных отрезков восстанавливают перпендикуляры. Крайние из них

делят на 10 равных частей и соответствующие точки соединяют прямыми, параллельными нижней линии масштаба. Затем первое слева основание и противолежащий ему отрезок на верхней горизонтальной линии также делят на 10 равных частей и точки этого деления соединяют наклонными линиями. Из построения следует, что отрезок $ab = \frac{1}{10}$ основания;

$$cd = \frac{1}{10} ab.$$

Применение любого масштаба не может обеспечить точности выше определенного предела, зависящего от свойств человеческого глаза. Невооруженным глазом с расстояния нормального зрения (25 см) можно оценить на плане размер, не превосходящий 0,1 мм.

Точностью масштаба τ называют отрезок на местности, соответствующий 0,1 мм на плане данного масштаба:

$$\tau \text{ см} = 0,01 \text{ м.} \quad (2)$$

Определение углов ориентирования. Ориентировать линию значит определить ее направление относительно начального меридиана.

В качестве начальных в геодезии используют три ориентирных направления: осевого меридиана, совпадающего с направлением оси абсцисс, истинного меридиана и магнитного меридиана. В соответствии с этим каждая линия может иметь три основных угла ориентирования: дирекционный угол α , истинный азимут A и магнитный азимут A_m (рис.7). Дополнительными углами ориентирования являются румбы r .

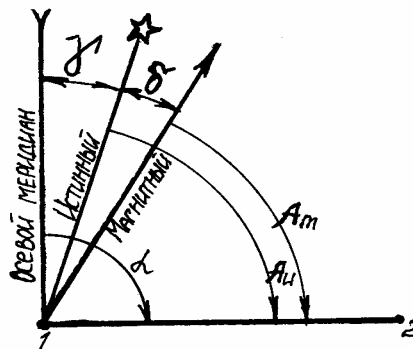


Рис.7. Углы ориентирования и зависимость между ними

Зависимость между основными углами ориентирования определяют по формулам:

$$A = \alpha + \gamma; \quad (3)$$

$$A = A_m + \delta, \quad (4)$$

где δ – склонение магнитной стрелки;
 γ – сближение меридианов.

При этом западные δ и γ берутся со знаком минус, а восточные – со знаком плюс.

Дирекционным называется горизонтальный угол, отсчитываемый от северного конца осевого меридиана или линии, параллельной ему, по ходу часовой стрелки до направления данной линии. Дирекционные углы могут иметь значения от 0 до 360°.

Дирекционный угол на карте измеряют от северного направления линии километровой сетки по ходу часовой стрелки до заданного направления. Измерения выполняют при помощи транспортира (см. рис.7).

Румбом называется острый горизонтальный угол, отсчитываемый от ближайшего направления меридиана (северного или южного) до данной линии. Румбы имеют значения в пределах между 0 и 90°

На рис.8 обозначены дирекционные углы и румбы четырех линий: M_1 , M_2 , M_3 и M_4 , а также показана зависимость между дирекционными углами и румбами по четвертям.

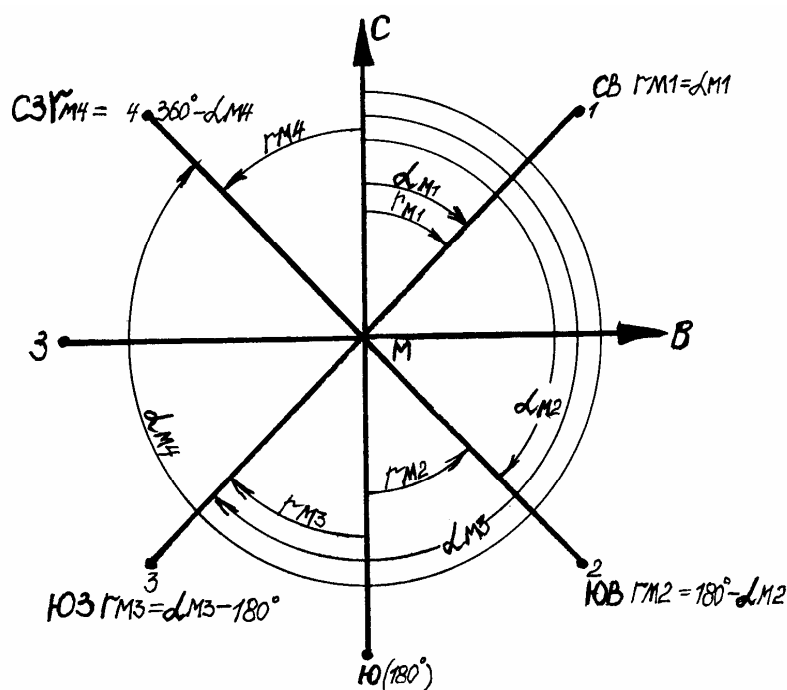


Рис.8. Схема зависимости между дирекционными углами и румбами

Зависимость между прямыми и обратными дирекционными углами показана на рис.9. Она определяется по формуле

$$\alpha = \alpha_{AB} \pm 180^\circ. \quad (5)$$

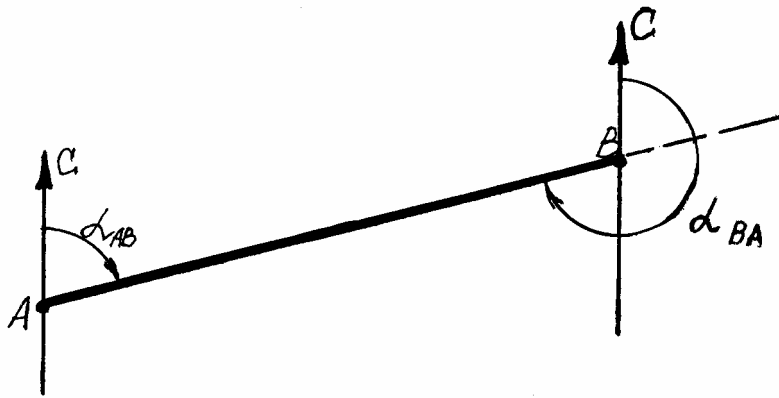


Рис.9. Схема зависимости между прямыми и обратными дирекционными углами

На практике часто пользуются соотношениями между дирекционными углами и углами полигона.

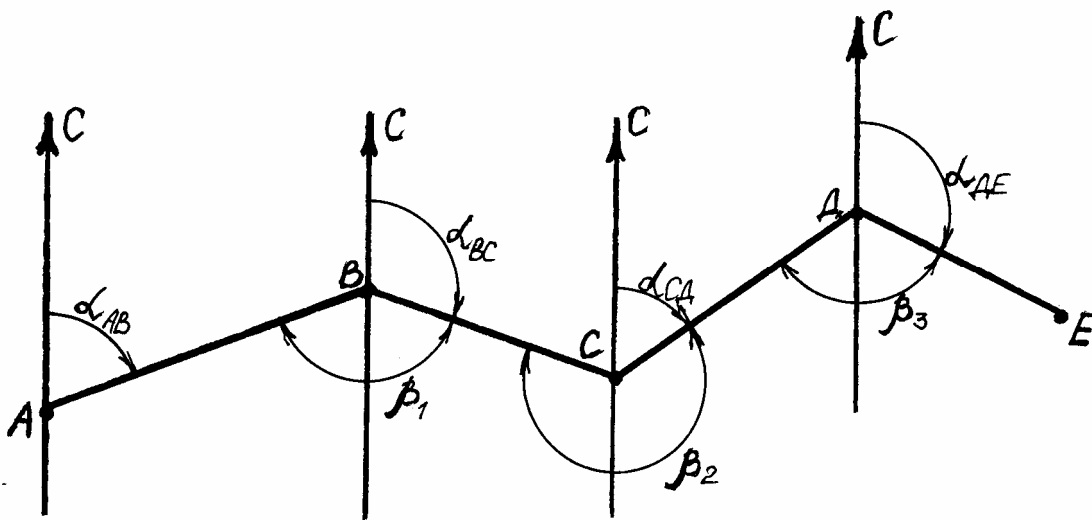


Рис.10. Схема зависимости между дирекционными и внутренними углами в полигоне

Контрольные вопросы

1. Что называется масштабом?
2. С какой точностью измеряют на плане масштаба 1:1000 длины линий?
3. Что называется дирекционным углом?
4. В чем заключается разница между истинным и магнитным азимутами?
5. Как вычисляют дирекционные углы в полигоне?
6. Как найти дирекционный угол обратного направления?

1.3. Определение координат точек, направлений и длин линий

Прямая геодезическая задача. Даны координаты первой точки (X_1 и Y_1), горизонтальное расстояние

от первой до второй точки d_{1-2} и дирекционный угол α_{1-2} линии 1-2 (рис.11). Требуется определить координаты точки 2 (X_2 и Y_2).

Из треугольника 1-2-3 (рис.11) находим приращения координат ΔX и ΔY .

$$\Delta X = d_{1-2} \cdot \cos \alpha_{1-2}; \Delta Y = d_{1-2} \cdot \sin \alpha_{1-2}$$

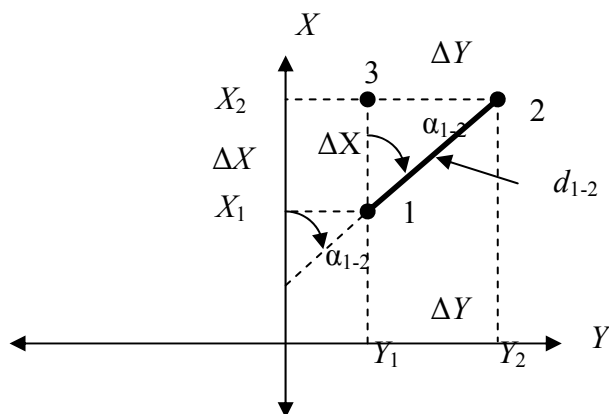


Рис.11. Прямая геодезическая задача

Координаты точки 2 находим по формулам:

$$X_2 = X_1 + \Delta X; Y_2 = Y_1 + \Delta Y.$$

Например: даны координаты точки 1, дирекционный угол направления 1-2, и расстояние (горизонтальное проложение) между точками 1 и 2. ($X_1 = 886$ м; $Y_1 = 222$ м; $\alpha_{1-2} = 82^\circ 30'$, $d_{1-2} = 604.0$ м). Требуется определить координаты точки 2 (X_2 ; Y_2).

Находим приращения координат линии 1 – 2:

$$\Delta X_{1-2} = d_{1-2} \cdot \cos \alpha_{1-2} = 604,0 \text{ м} \cdot \cos 82^\circ 30' = 78,84 \text{ м}.$$

$$\Delta Y_{1-2} = d_{1-2} \cdot \sin \alpha_{1-2} = 604,0 \text{ м} \cdot \sin 82^\circ 30' = 598,83 \text{ м}.$$

Приращения координат по осям X и Y имеют положительные значения, так как дирекционный угол отвечает первой четверти.

Перед тем как взять функцию косинуса или синуса, переводим значение градусов из градусной системы в десятичную. Для этого значения минут делим на 60, а затем прибавляем значение градуса. $(30' : 60) = 0,5 + 48^\circ = 48,5^\circ$. Эта операция осуществляется при положении DEG на калькуляторе.

Определяем координаты точки 2 по формулам:

$$X_2 = X_1 + \Delta X_{1-2} = 886 + 78,84 = 964,84 \text{ м}.$$

$$Y_2 = Y_1 + \Delta Y_{1-2} = 222 + 598,83 = 820,83 \text{ м}.$$

Обратная геодезическая задача. Даны координаты точек 1 ($X_1=886$ м, $Y_1=222$ м) и 2 ($X_2=964,84$, $Y_2=820,83$ м). Требуется определить дирекционный угол (α_{1-2}) направления 1-2 и расстояние d_{1-2} . Из треугольника 1-2-3 (рис.11), можно определить, что

$$\Delta Y / \Delta X = \operatorname{tg} \alpha_{1-2}.$$

Эта формула справедлива только для I четверти, в остальных четвертях мы получаем тангенс румба направления 1-2. Определяем значения приращений координат:

$$\Delta X_{1-2} = X_2 - X_1 = 964,84 - 886 = 78,84 \text{ м.}$$

$$\Delta Y_{1-2} = Y_2 - Y_1 = 820,83 - 222 = 598,83 \text{ м.}$$

Определяем тангенс дирекционного угла:

$$\operatorname{tg} \alpha_{1-2} = \Delta Y_{1-2} / \Delta X_{1-2} = 598,83 / 78,84 = 7,5955,$$

что соответствует углу $82,4998^\circ$. Первые две цифры после запятой соответствуют значениям минут, а вторые секунд. Для того чтобы перевести минуты и секунды из десятичной системы в градусную, умножаем их значения на 0,6. $49 \cdot 0,6 = 29'$; $98 \cdot 0,6 = 59''$, таким образом $r_{1-2} = 82^\circ 29' 59''$. Так как знаки приращения координат имеют положительные значения и дирекционный угол отвечает первой четверти, следовательно: $\alpha_{1-2} = r_{1-2} = 82^\circ 29' 59''$.

Расстояние d_{1-2} определяем по формулам:

$$d_{1-2} = \Delta X_{1-2} / \cos \alpha_{1-2}, \quad d_{1-2} = \Delta Y_{1-2} / \sin \alpha_{1-2}.$$

Определяем длину линии 1-2:

$$d_{1-2} = \Delta X_{1-2} / \cos \alpha_{1-2} = 78,84 / 0,13053 = 603,99 \text{ м.}$$

$$d_{1-2} = \Delta Y_{1-2} / \sin \alpha_{1-2} = 598,83 / 0,991444 = 603,99 \text{ м.}$$

$$d_{1-2 \text{ ср}} = 603,99 \text{ м.}$$

Длину линии можно определить по теореме Пифагора. По формуле:

$$d = \sqrt{\Delta X^2 + \Delta Y^2}.$$

Незначительная разница между длинами прямой и дирекционными углами объясняется округлением количества знаков после запятой при расчетах.

Контрольные вопросы

1. Форма земли и её размеры?
2. Суть метода проекции в геодезии.

3. Как определяется положение точки в прямоугольной системе координат?
4. Что значит ориентировать линию на местности?
5. Что называется румбом линии?
6. Что называется дирекционным углом линии?
7. Какая зависимость между азимутами и румбами?
8. Зависимость между прямым и обратным азимутом.
9. Связь между дирекционными и внутренними углами полигона?
10. Как определить внутренний угол, если известны дирекционные углы его сторон?

2. Общие сведения из теории погрешностей измерений

2.1. Погрешности измерений и их характеристики

Погрешностью Δ измерения называют отклонение результатов измерения l от истинного точного значения измеряемой величины x : $\Delta = l - x$.

Грубые погрешности возникают из-за грубых промахов в процессе измерений и вычислений. Их можно избежать, а поэтому они недопустимы, должны быть обнаружены и полностью исключены из результатов измерений, например, путем многократного повторного измерения или вычисления; способом измерения, отличающимся один от другого приемами и приборами; повторного вычисления другим лицом.

Систематические погрешности возникают в процессе измерений из-за однообразного и непрерывного действия какой-либо причины. Их не всегда удается выявить и полностью исключить из результатов измерений, несмотря на принятые меры. Поэтому в ходе выполнения и обработки измерений эти погрешности стараются исключить, вводя поправки в результаты измерений, юстируя или компарируя приборы или соблюдая необходимую методику измерений. Например, если рулетка или мерная лента короче своей номинальной длины на 2 мм, то следует либо отказаться от прибора, либо ввести поправки в длину измеренного расстояния. Устанавливая нивелир на равных расстояниях от задней и передней реек, можно исключить влияние систематических погрешностей за счет оставшейся после поверки нивелира непараллельности оси визирования и оси цилиндрического уровня за счет влияния кривизны Земли.

Случайные погрешности неизбежны при измерениях и представляют собой мелкие погрешности, закономерность появления которых при небольшом ряде измерений данной величины не обнаруживается. Поэтому исключить их из результатов измерений невозможно, а в ходе выполнения и обработки измерений необходимо стремиться лишь ослабить их влияние.

Причины появления случайных погрешностей и их действие в данный момент измерения установить невозможно, они могут быть разными: ограниченная точность мерного прибора, помехи среды, оценка на глаз доли делений шкалы мерного прибора и т.п. Путем совершенствования техники измерений или улучшения условий для измерений можно ослабить влияние случайных погрешностей, но исключить их полностью не представляется возможным.

Поэтому необходимо знать, что случайные погрешности обладают следующими свойствами: малые по абсолютному значению погрешности встречаются чаще больших; погрешности со знаком плюс появляются также часто, как и со знаком минус; среднее арифметическое из случайных погрешностей с увеличением числа измерений приближается к нулю.

Среднее арифметическое из результатов даже небольшого числа измерений будет ближе к истинному значению, чем любой отдельно взятый результат. Поэтому среднее арифметическое из результатов измерений называют **вероятнейшим значением** измерений величины, а отклонение результата измерения от среднего арифметического – **вероятнейшей погрешностью**.

Например, если $l_1, l_2, l_3, \dots, l_n$ – отдельные результаты измерений величины x при числе измерений n , то ее вероятнейшее значение

$$L = \frac{l_1 + l_2 + l_3 + \dots + l_n}{n} = \frac{[l]}{n}. \quad (6)$$

Ввиду того, что истинные значения измеряемых величин в основном неизвестны, при оценке точности измерений пользуются вероятнейшими значениями измеряемых величин. Например, в замкнутом многоугольнике истинные значения измеренных величин являются известными в виде суммы горизонтальных углов или суммы превышений.

Основным критерием для оценки точности результатов измерений, выполненных в одинаковых условиях, является **средняя квадратическая ошибка измерений m** , определяемая по формуле Гаусса:

$$m = \sqrt{\frac{\Delta_1^2 + \Delta_2^2 + \dots + \Delta_n^2}{n}} = \sqrt{\frac{[\Delta^2]}{n}}, \quad (7)$$

где $\Delta_1, \Delta_2, \dots, \Delta_n$ – случайные погрешности измерений;
 n – число измерений.

Установлено, что погрешности измерений, превышающие среднюю квадратическую погрешность m в 2 раза, встречаются редко, а превышающие в 3 раза – еще реже; 95,5 % всех погрешностей по модулю меньше, чем $2m$; 99,7 % погрешностей – меньше, чем $3m$. Поэтому утроенную квадратическую погрешность называют предельной:

$$\Delta_{\text{пред}} = 3m.$$

Измерения, содержащие погрешности больше $\Delta_{\text{пред}}$, бракуют. Критерием точности линейных измерений является относительная погрешность, равная отношению абсолютной величины погрешности к измеренной величине и выраженная в виде дроби с единицей в числителе:

$$\frac{m}{l} = \frac{1}{N}, \quad (8)$$

где $N = \frac{l}{m}$.

2.2. Оценка точности результатов измерений

Равноточными называют измерения, выполненные приборами одинаковой точности, равным числом приемов, в одной и той же внешней среде, одним и тем же исполнителем. Если для определения величины x выполнен ряд равноточных измерений и получены результаты l_1, l_2, \dots, l_n , то за окончательное значение L принимают величину, вычисляемую как среднее арифметическое из всех результатов:

$$L = \frac{l_1 + l_2 + \dots + l_n}{n} = \frac{[l]}{n}. \quad (9)$$

Для контроля вычислений находят вероятнейшие погрешности v (уклонение от среднего арифметического):

$$v_1 = L - l_1; \quad v_2 = L - l_2; \quad v_3 = L - l_3; \quad v_n = L - l_n.$$

Сумма вероятнейших погрешностей (поправок) должна равняться нулю ($[v] = 0$) при любом числе измерений.

Знание поправок позволяет вычислить среднюю квадратическую погрешность по формуле

$$m = \sqrt{\frac{[v^2]}{n-1}}. \quad (10)$$

Так как все измерения равноточны, то средняя квадратическая погрешность m в равной мере дает оценку точности l_1, l_2, \dots, l_n и является обобщенной оценкой погрешности данного ряда измерений.

Для оценки точности среднего арифметического x_0 вычисляют среднюю квадратическую погрешность по формуле

$$M = m/\sqrt{n}. \quad (11)$$

Кроме оценки точности выполненных измерений, формула (11) может быть использована для расчета числа измерений точности M :

$$n = m^2/M^2. \quad (12)$$

В геодезической практике распространены двойные непосредственные измерения. Так, превышения при техническом нивелировании определяют для контроля дважды: один раз по черным сторонам реек, другой раз – по красным. Расстояния лентой измеряют дважды – в прямом и обратном направлениях. Различие двух результатов одной и той же величины несет информацию о величине погрешностей измерений. Имея разности измерений ряда величин, можно вычислить среднюю квадратическую погрешность одного измерения:

$$m = \sqrt{\frac{[d^2]}{2n}}, \quad (13)$$

где d – разность двойных измерений;

n – число двойных измерений.

Неравноточными называют измерения, выполненные приборами разной точности, разным числом приемов и в различных условиях. Для обработки таких измерений каждому измерению присваивают свой вес, вычисляемый по формуле

$$p = c/m^2,$$

где c – произвольное число.

Имея ряд результатов измерений l_1, l_2, \dots, l_n , полученных со средними квадратическими погрешностями m_1, m_2, \dots, m_n , определяют соответствующий им вес:

$$p_1 = c/m_1^2; \quad p_2 = c/m_2^2; \dots, \quad p_n = c/m_n^2. \quad (14)$$

Окончательное значение измеряемой величины находят как общую арифметическую середину или среднее весовое по формуле

$$L_0 = \frac{P_1 l_1 + P_2 l_2 + \dots + P_n l_n}{P_1 + P_2 + \dots + P_n} = \frac{[Pl]}{[P]}. \quad (15)$$

Контролем правильности вычисления среднего весового служит равенство $[Pv] = 0$, где поправки v_i вычисляют по формулам:

$$v_1 = L_0 - l_1; \quad v_2 = L_0 - l_2; \quad \dots \quad v_n = L_0 - l_n.$$

Среднюю квадратическую погрешность одного измерения, имеющего вес, равный единице, определяют по формуле

$$\mu = \sqrt{\frac{[pv^2]}{n-1}}. \quad (16)$$

Оценку точности вероятнейшего значения L_0 находят по формуле

$$M_0 = \mu / \sqrt{[P]}. \quad (17)$$

2.3. Источники погрешностей и их устранение

В связи с тем, что точность измерений на строительномонтажных работах увязывается со значениями строительных допусков, необходимо знать их величины погрешностей, источники их появления и методы устранения или ослабления. Ниже приводится перечень возможных источников систематических и случайных погрешностей, способов их устранения при измерении длин линий лентой и при геометрическом нивелировании.

Источники погрешностей при измерении длин линий лентой или рулеткой следующие:

1. Отклонение конца ленты (или рулетки) при измерениях от створа линии (допустимы до 15 см). Это позволяет укладывать мерный прибор в створе линии на глаз.

2. Несоответствие силы натяжения ленты при измерениях силе натяжения ее при компарировании (допустимо до 1,5 кг).

3. Неточность отсчитывания по ленте при измерении остатков линии (допустима до 1 см при длине линии 100 м и более). Остатки более коротких линий следует измерять стальной рулеткой.

4. Неточность определения длины ленты при компарировании (допустима до 3 мм).

5. Неточность определения поправки за наклон линии к горизонту (зависит от величины угла наклона, который можно измерять с ошибкой до 50, и величины превышения, определяемого с ошибкой до 1,5 м на 100 м расстояния).

6. Различие в температурах ленты в моменты компарирования и измерения (допустимо до 8).

7. Провес или прогиб ленты в вертикальной плоскости или изгиб ее в сторону (допускается до 0,1 м в одной из точек прибора).

8. Состояние поверхности, на которой располагается мерный прибор (измерения по вязкой и липкой почве могут привести к накоплению недопустимых ошибок).

Источники погрешностей при геометрическом нивелировании и их устранение:

1. Погрешность x в отсчетах по рейкам, возникающую при непараллельности визирной оси и оси цилиндрического уровня, можно устранить, соблюдая равенство плеч l (расстояний от нивелира до задней и передней реек). Действительно, при нивелировании по способу из середины и при наличии в отсчетах по рейкам погрешности x превышение $h = (a - x_1) - (b - x_2) = a - b + (x_2 - x_1)$. Так как $x_1 = l_1 \operatorname{tgi}$ и $x_2 = l_2 \operatorname{tgi}$, то погрешность в превышении из-за наличия x будет: $\Delta h = (x_2 - x_1) = (l_2 - l_1) \operatorname{tgi}$. При $l_1 = l_2$ погрешность в превышении $\Delta h = 0$. Так как угол i изменяется под влиянием температуры, то проверку параллельности визирной оси и оси цилиндрического уровня следует производить особенно тщательно.

2. Погрешности от оседания штатива можно избежать, если устанавливать его на твердом грунте, надежно вдавливая в него ножки. При перемещении пузырька цилиндрического уровня в одну сторону следует проверить крепление винтов штатива. При нивелировании заболоченной местности необходимо заранее в местах установки штатива и реек забивать прочные деревянные колья.

При нивелировании песчаной местности для устранения погрешностей от оседания реек следует пользоваться «башмаками», при нивелировании по пашне предварительно снимают верхний рыхлый слой и используют «костыли». При постановке «башмака» на траву снимают дерн. При нивелировании через торфяные болота в местах установки реек забивают большие колья с гвоздями в их головках. При нивелировании по льду

следует предварительно произвести разбивку мест установки нивелира и реек и вморозить в лед кольца с гвоздями на головках.

3. При геометрическом нивелировании способом из середины для уменьшения погрешностей Δ в отсчетах, возникающих от оседания реек, рекомендуется производить отсчеты в такой последовательности: 1) по черной стороне задней рейки $a_ч$; 2) по черной стороне передней рейки $b_ч$; 3) по красной стороне передней рейки $b_к$; 4) по красной стороне задней рейки $a_к$. Если допустить, что эти отсчеты выполняются через одинаковые промежутки времени, то погрешности в этих отсчетах следующие: $\Delta a_ч = 0$; $\Delta b_ч = \Delta$; $\Delta b_к = 2\Delta$; $\Delta a_к = 3\Delta$. При этих условиях превышения на станциях определяют по формулам:

$$\begin{cases} h_ч = a_ч - (b_ч + \Delta) = a_ч - b_ч - \Delta; \\ h_к = (a_к + 3\Delta) - (b_к + 2\Delta) = a_к - b_к + \Delta, \end{cases}$$

а их средние значения $h = (h_ч + h_к)/2$ будут свободны от погрешностей Δ . Так как оседание оставленной на точке рейки происходит и при переходе с нивелиром на следующую станцию (для которой она будет задней), то для избавления от погрешностей, вызываемых оседанием реек, следует ставить их на «костыли», деревянные колышки или «башмаки», забиваемые в твердый грунт. Если при правильных отсчетах по рейкам суммы превышений прямого и обратного ходов будут значительно отличаться друг от друга, то одна из причин этого – оседание реек.

4. Погрешности от рефракции и конвекционных токов воздуха имеют наибольшее значение с 11 до 15 часов дня. Поэтому рекомендуется производить нивелирование в ранние утренние и вечерние часы. К 11 часам расстояния между нивелиром и рейкой следует сокращать. В горных условиях работу можно выполнять в любое время дня при расстояниях между нивелиром и рейкой не более 20 м.

5. Погрешности в отсчетах от неточного нанесения делений на рейках должны быть определены при компарировании реек и учтены при вычислении превышений путем введения соответствующих поправок в отсчеты по рейкам.

6. Погрешность от наклона реек носит систематический характер. Погрешность отсчета по наклонной рейке $\Delta_n = a' - a$, где a' и a – отсчеты соответственно по наклонно и вертикально установленным рейкам. Отсчет $a = a \cdot \cos \varepsilon$, где ε – угол между наклонно и вертикально установленными рейками. По размеру угла ε можно принять $\cos \varepsilon = 1 - \varepsilon^2 / (2p^2)$, где $p = 3438'$. При этих условиях $\Delta_n = a' \varepsilon^2 / (2p^2)$. При $a = 3$ м и $\varepsilon = 15'$ погрешность $\Delta_n = 0,03$ мм.

Контрольные вопросы

1. Что такое погрешность измерения?
2. Чем различаются между собой случайные и систематические погрешности?
3. Перечислите свойства случайных погрешностей.
4. Как определяют наилучшее приближение к истинному значению измеряемой величины? Почему его называют вероятнейшим значением?
5. Что такое средняя квадратическая погрешность и для чего она служит?
6. Какую погрешность называют предельной?
7. По какой формуле определяется относительная погрешность измерений?
8. Назовите источники погрешностей измерения при геометрическом нивелировании.
9. Назовите возможные источники случайных и систематических погрешностей при измерении длин линий.
10. Как оценить точность функций измеренных величин?
11. Как оценить точность измерений и среднее арифметическое, если дан ряд равноточных измерений?
12. Как оценить точность по разностям двойных равноточных измерений?
13. Что понимают под весом измерения и по какой формуле его можно вычислить?
14. Какой ряд измерений называют равноточным?
15. Что такое средняя квадратическая погрешность единицы веса?
16. Что такое весовое среднее и как его определить?
17. Как вычислить среднюю квадратическую погрешность среднего весового значения и результатов ряда неравноточных измерений?

3. Измерение длины линий

3.1. Измерение длины линий мерными приборами

Применяемые в настоящее время приборы для измерения длины линий в инженерной геодезии можно условно разделить на две группы: механические и физико-оптические.

Механические мерные приборы представляют собой линейные меры различной длины, изготавливаемые чаще всего из металла в виде лент. Они служат для измерения длины путем последовательной укладки прибора в створе линии. Конечный результат получают суммированием количества отложений в принятых единицах измерений. Различают ленты штриховые типа ЛЗ-20 и ЛЗ-50 (соответственно длиной 20 и 50 м) и шкаловые типа ЛЗШ-20 и ЛЗШ-50.

За длину штриховых лент (рис.12) принимается расстояние между штрихами, нанесенными у крючков.

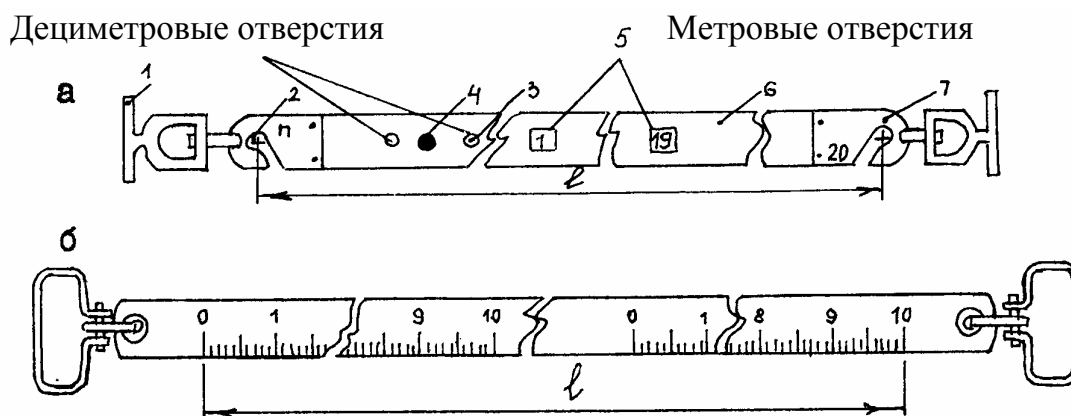


Рис.12. Схемы землемерных лент:

- а – штриховая; б – шкаловая;
1 – ручки; 2 – прорезы для шпилек; 3 – дециметровые отверстия;
4 – полуметровые заклепки; 5 – метровые пластины;
6 – стальное полотно; 7 – шпилька

На ленте отдельные метры обозначены пластинами 5 с номерами, полуметры-заклепками 4, а дециметры – небольшими круглыми отверстиями 3. При перевозке и хранении ленту наматывают на железное кольцо и закрепляют винтом. К ленте прилагается 6 или 11 шпилек, служащих для обозначения концов ленты при укладывании ее на местности. Шпильки надевают на проволочное кольцо.

Для более точных измерений применяются узкие шкаловые ленты (см. рис.12) шириной 6-10 мм или стальные и инварные проволоки. На концах таких лент имеются шкалы с миллиметровыми делениями.

В строительной практике для измерения расстояний применяют измерительные рулетки стальные, а также тесьмяные в закрытом корпусе.

Перед использованием мерные приборы должны быть проверены путем сравнения их длины с эталоном, длина которого известна с высокой точностью. Такое сравнение называют *к о м п а р и р о в а н и е м*. Компарирование выполняют на специальных приборах – компараторах. Компараторы бывают лабораторные и полевые. Лабораторные компараторы устанавливают на ровном полу, на бетонных столбах или на специальных полках, укрепленных вдоль стен. Длина компаратора определяется путем измерения высокоточными приборами – инварными жезлами, которые регулярно сравнивают с эталоном длины. На концах компаратора прикрепляются металлические шкалы с миллиметровыми делениями длиной 150 мм. Компарлируемая лента укладывается на компаратор и при натяжении ленты силой 10 кг берутся отсчеты по шкалам. Компарирование выполняют несколькими приемами, сдвигая каждый раз ленту вдоль шкалы компаратора. За окончательную длину ленты принимается среднее значение, определенное из нескольких приемов.

При компарировании лент вычисляется температура воздуха t_k . Ее величина записывается в журнал. После компарирования получают уравнение рабочей ленты:

$$l_{\phi} = l_0 \pm \delta l_k,$$

где l_{ϕ} – фактическая длина рабочей ленты, м;
 l_0 – номинальная длина рабочей ленты, м;
 δl_k – поправка за компарирование.

Компарирование лент может быть выполнено на полевом компараторе (базисе) длиной около 120 м. Базис измеряют рабочей лентой не менее 4-х раз в прямом и обратном направлениях, а поправку δl_k за компарирование вычисляют по формуле

$$\delta l_k = \frac{D_k - D_p}{n}, \quad (18)$$

где D_k – длина компаратора, м;
 n – число уложений мерного прибора;
 D_p – результат измерения базиса рабочей лентой при нормальной температуре $t_0 = + 20^{\circ}\text{C}$.

Температура компарирования t_k обычно отличается от температуры t_0 , поэтому средний результат измерения $D_{и}$ приводят к температуре $t_0 = +20^\circ\text{C}$:

$$D_p = D_{и} + \alpha D_{и} (20^\circ\text{C} + t_k),$$

где $\alpha = 12,5 \cdot 10^{-6}$ – коэффициент линейного расширения стали.

Точность компарирования в основном зависит от точности измерения базиса рабочими лентами. Поэтому сначала вычисляют среднюю квадратическую погрешность измерения базиса одним приемом:

$$m = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n V_i^2}{n-1}},$$

где V_i – отклонение от арифметической середины, $V_i = D_{иi} - D_{и}$;

n – число приемов измерения базиса,

а затем оценивают погрешность поправки за компарирование:

$$M = \frac{m}{\sqrt{n}}.$$

По результатам компарирования составляют уравнение мерного прибора:

$$l = l_0 + \delta l_t,$$

где l_0 – номинальная (стандартная) длина рабочей ленты;

δl_t – поправка за температуру, определяемая по формуле

$$\delta l_t = \alpha l_0 (t - 20^\circ) = \alpha_{\text{МП}} (t - 20^\circ\text{C}).$$

При этом $\alpha_{\text{МП}} = \alpha l_0$ – линейное расширение мерного прибора при измерении температуры на 1°C .

При измерении расстояний штриховую ленту последовательно укладывают в створ с измеряемой линией, регистрируют число N передач шпилек у заднего мерщика и измеряют остаток r . Если в комплекте $(K+1)$ шпилек, то длину линии вычисляют по формуле

$$D_{\text{пр}} = (kN + n) \cdot l_0 + r.$$

Для повышения точности и осуществления контроля измерения повторяют в обратном направлении, вычисляют значения $D_{\text{обр}}$ и находят расхождение в результатах $\Delta D = |D_{\text{пр}} - D_{\text{обр}}|$. При этом величина ΔD зависит от длины линий и условий измерений. В табл.1 приведены допускаемые значения ΔD для измерений длин линий трех классов местности.

Т а б л и ц а 1

Длина линии, м	Допускаемые расхождения, см		
	при благоприятных условиях	при средних условиях	при неблагоприятных условиях
	I класс	II класс	III класс
100	7	9	10
200	11	13	15
300	14	17	19
400	17	20	23
500	19	23	27
600	22	27	31
700	24	30	34
800	27	33	38
900	29	36	41
1000	32	39	45

Пользуясь таблицей, можно рассчитать относительные ошибки $\Delta D/D$ для различных условий.

Например, при средних условиях относительные ошибки для $D = 100, 500$ и 1000 м получатся следующие:

$$\frac{\Delta D}{D} = \frac{0,09}{100} \approx \frac{1}{1100}; \quad \frac{0,23}{500} \approx \frac{1}{2200}; \quad \frac{0,39}{1000} \approx \frac{1}{2600}.$$

Для исключения систематических погрешностей в результаты измерений длин линий вводят следующие поправки.

Поправка δD_k за компарирование.

Если поправка за компарирование мерного прибора длиной l_0 равна δl_k , то поправку за компарирование в длину линии D вычисляют по формуле

$$\delta D_k = \delta l_k \frac{D}{l_0}.$$

Поправка δD_t за температуру мерного прибора. Если температура t , при которой производят измерения, отличается от температуры t_0 компарирования на 8° и более, то в измеряемую длину линии вводят поправку

$$\delta D_t = \alpha(t - t_0)D.$$

В некоторых случаях для вычисления поправки используют уравнение мерного прибора со значением его линейного удлинения при измерении температуры на 1°C . В этом случае поправку вычисляют по формуле

$$\delta D_t = \frac{\alpha_{\text{МП}}}{l_0}(t - t_0)D.$$

Поправка δD_v за наклон линии. Она позволяет от наклонного расстояния D прийти к горизонтальному проложению. Если линия местности AB (рис.13) наклонена к горизонту под некоторым углом v , то для определения горизонтального проложения поступают следующим образом. На местности измеряют стальной лентой длину D , линии AB и ее угол наклона v . Тогда горизонтальная проекция $d = AC$ получается вычислением из прямоугольного треугольника ABC по формуле

$$d = D \cos v.$$

Разность $\delta D_v = D - d$ называется поправкой за наклон линии местности к горизонту.

Если угол v не превышает 10° , то поправку вычисляют по формуле

$$\delta D_v = -0,5 D \sin^2 v,$$

а при углах $|v| > 10^\circ$ – по формуле $\delta D_v = -2 D \sin^2 \frac{v}{2}$.

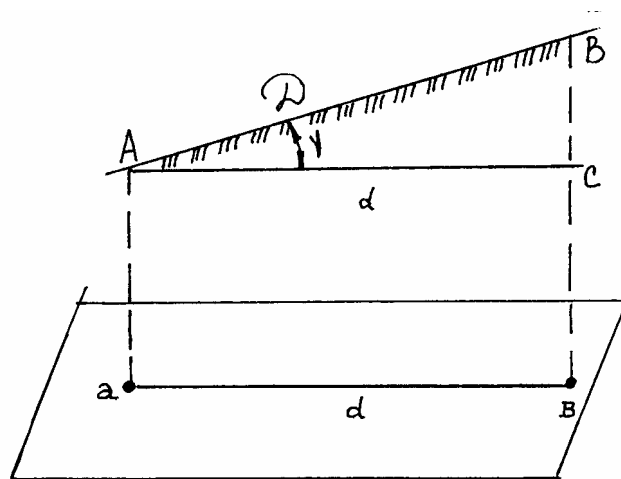


Рис.13. Схема определения горизонтальных проложений

По данным формулам составлена таблица поправок за наклон (табл.2), в которой приведены величины δD_v для небольших углов наклона v .

Т а б л и ц а 2

Угол наклона	Расстояния, м									
	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Поправки δD_v , мм										
1°0'	2	3	5	6	8	9	11	12	14	15
1°30'	3	7	10	14	17	20	24	27	30	34
2°0'	6	12	18	24	30	37	43	49	55	61
2°30'	10	19	29	38	48	57	67	76	86	95

Окончание табл. 2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
3°0′	14	27	41	55	69	82	96	110	124	137
3°30′	19	37	56	75	94	112	131	149	168	187
4°	24	49	73	98	122	146	171	195	220	224
4°30′	31	62	92	123	154	185	216	246	277	308
5°	38	76	114	152	190	229	2678	305	343	381
5°30′	46	92	138	184	230	276	322	368	414	460

Пример: $D = 125,70$ м; $v = 4°30′$.

Из таблицы находим δD_v :

для 100 м $\delta D = 308$ мм;

для 20 м $\delta D = 62$ мм;

для 5 м $\delta D = 15$ мм;

для 0,70 м $\delta D = 2$ мм;

127,5 м $\delta D = 387$ мм; округлив, получим 0,39 м.

Тогда горизонтальное проложение

$$d = D - \Delta D = 125,7 - 0,39 = 125,31 \text{ м.}$$

После определения поправок за компарирование мерного прибора δD_k , за температуру δD_t и за наклон δD_v вычисляют горизонтальное проложение линии по формуле

$$d = D + \delta D_k + \delta D_t + \delta D_v.$$

Рассмотрим пример определения длины по результатам ее измерения. Уравнение ленты, полученное по результатам компарирования:

$$l = l_0 + \delta l = 20,000 \text{ м} + 0,005 \text{ м.}$$

Температура компарирования $t_k = + 15°$. При измерении линии получены: число передач шпилек по 10 шт. $N = 1$; число шпилек у заднего мерщика $n = 4$; остаток в прямом направлении $r_1 = 6,28$ м, в обратном – $r_2 = 6,20$ м. Температура воздуха при измерении линии $t = + 25°$. Угол наклона $v = 4°30′$.

Длина измеренной линии в прямом направлении

$$D_{\text{пр}} = 200 \cdot 1 + 20 \cdot 4 + 6,28 = 286,28 \text{ м,}$$

в обратном направлении

$$D_{\text{обр}} = 200 \cdot 1 + 20 \cdot 4 + 6,20 = 286,20 \text{ м.}$$

Полученное расхождение в 0,08 м составляет $\frac{1}{2800}$, что меньше допустимого $\frac{1}{2000}$. Среднее значение длины линии $D = 286,24$ м.

Поправка за компарирование

$$\delta D_k = \frac{286,24}{20} \cdot 0,005 = +0,07 \text{ м.}$$

Поправка за температуру

$$\delta D_t = 286,24 (12,5 \cdot 10^{-6}) \cdot (25^\circ - 15^\circ) = + 0,04 \text{ м.}$$

Поправка за наклон

$$\delta D_v = - 0,5 \cdot 286,24 \sin^2 \cdot 4^\circ 30' = - 0,89 \text{ м.}$$

Окончательная длина линии с учетом поправок

$$d = 286,24 + 0,07 + 0,04 - 0,89 = 285,46 \text{ м.}$$

3.2. Измерение длины линий дальномерами

Для определения расстояний в зрительных трубах теодолитов и нивелиров имеются штрихи kk' и ll' (рис.14).

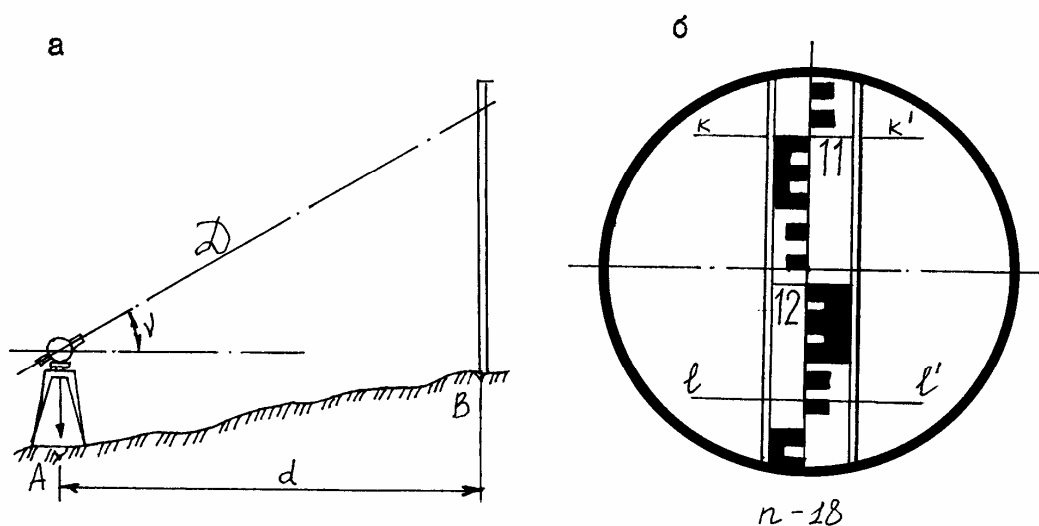


Рис.14. Схема определения расстояний нитяным дальномером:
а – схема измерений; б – поле зрения трубы

При измерении расстояния AB над точкой A устанавливают теодолит, на точку B – рейку и наводят на нее зрительную трубу. Число делений

рейки между дальномерными штрихами называют дальномерным отсчетом n . Расстояние по нитяному дальномеру вычисляют по формуле

$$D = kn + c,$$

где k – коэффициент дальномера (в современных оптических дальномерах $k = 100$);

c – постоянное слагаемое, которое пренебрежимо мало по сравнению с точностью измерений.

Поэтому во многих случаях пользуются формулой

$$D = 100 n.$$

При измерении наклонных линий горизонтальное проложение вычисляют по формуле

$$d = (kn + c) \cos^2 \nu,$$

где ν – угол наклона визирной оси зрительной трубы.

Относительная погрешность измерения расстояний нитяным дальномером составляет величину порядка 1:300-1:400 измеряемого расстояния. При такой точности определения расстояний в вычислениях целесообразно удерживать только десятые доли метра.

Контрольные вопросы

1. Какие механические приборы применяют для определения расстояний?
2. Что такое компарирование мерного прибора?
3. Как влияет температура на результаты измерения расстояний?
4. Напишите формулу определения поправки за наклон линии.
5. От чего зависит точность измерения линий лентой и каковы относительные ошибки измерения линий в зависимости от характера местности?
6. Что такое дальномерный отсчет по рейке?
7. Напишите формулу для вычисления горизонтального проложения линии, измеренной нитяным дальномером.

4. Угловые измерения

4.1. Принципы измерения углов

Подготовка теодолита к работе на станции. Установка теодолита в рабочее положение складывается из трех действий: центрирования, приведения основной оси прибора в отвесное положение, установки трубы для визирования.

Центрирование при помощи оптического центра. Производят предварительное центрирование при помощи нитяного отвеса. Для этого теодолит прикрепляют основным винтом к головке штатива. При помощи ножек штатива осуществляют предварительное центрирование, наблюдая при этом, чтобы головка штатива была горизонтальна, а острие отвеса находилось в непосредственной близости от центра знака, закрепляющего вершину угла. Центрирование уточняют передвижением теодолита на головке штатива. Для этой цели предварительно открепляют становой винт и после уточнения центрирования вновь его закрепляют.

Далее отводят нитяной отвес в сторону, открепляют становой винт и, слегка перемещая теодолит на головке штатива, вводят изображение точки в центр окружности сетки оптического центра, затем вновь закрепляют теодолит на штативе при помощи станowego винта.

Приведение основной оси теодолита в отвесное положение производится при помощи уровня на алидаде горизонтального круга действием подъемных винтов.

Установка трубы для наблюдения состоит из трех действий: установки трубы по глазу, установки трубы по предмету, устранения параллакса сетки нитей. Чтобы установить трубу по глазу, надо привести ее на светлый фон и, вращая окулярное кольцо, добиться четкой видимости сетки нитей. После того, как наблюдаемый предмет попадает в поле зрения трубы, зажимают закрепительные винты лимба и зрительной трубы. Вращением кольца кремальеры добиваются четкого изображения наблюдаемого предмета. Действуя наводящими винтами алидады и зрительной трубы, совмещают центр сетки с изображением визирного знака. После получения четкой видимости наблюдаемой точки и совмещения ее изображения с центром нитей надо слегка отвести глаз в сторону от центра окуляра. Если изображение точки смещается относительно центра сетки нитей, то параллакс имеется. Устранение параллакса сетки нитей производится небольшим вращением кольца кремальеры.

Способы измерения горизонтальных углов. Для измерения горизонтального угла выверенный и исправленный теодолит устанавливают в рабочее положение над вершиной угла. После этого приступают к угловым измерениям. Углы можно измерять способом приемов и способом круговых приемов – непосредственным чтением величины угла

по лимбу, или способом измерения угла от нуля. При измерении горизонтального угла способом приемов работа осуществляется в следующем порядке:

- открепляют зажимные винты трубы и алидады и наводят трубу на заднюю визирную цель с помощью оптического прицела: цель попадает в поле зрения трубы;

- закрепляют зажимные винты трубы и алидады и, действуя наводящими винтами, вводят цель в центр сетки нитей;

- берут отсчет по отсчетному устройству горизонтального круга при положении вертикального круга КЛ, то есть слева от наблюдателя;

- открепляют зажимные винты трубы и алидады, выполняют аналогичные действия, наводя трубу на переднюю визирную цель.

Разность заднего a и переднего b отсчетов – есть угол, измеренный одним полуприемом β (рис.15). После завершения полуприема трубу теодолита переводят через зенит, переставляют лимб примерно на 90° и выполняют измерения при втором положении вертикального круга КП.

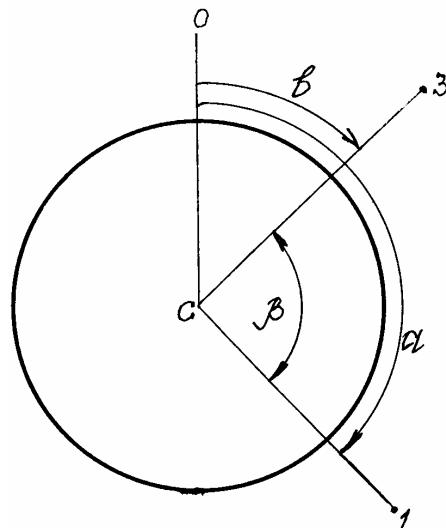


Рис.15. Схема измерения горизонтального угла способом приемов

Результаты измерений записывают в журнал (табл.3).

Расхождение углов, полученных из двух полуприемов, не должно превышать двойную точность приборов.

Т а б л и ц а 3

Журнал измерений горизонтальных углов способом приемов теодолитом ТЗО

Наименование станции	Наблюдаемые точки	Положение вертикального круга	Отсчеты	Угол из 1-го и 2-го полуприемов	Среднее значение угла
	1	КЛ	142°18'		
	3		23°44'	118°34'	
III	1	КП	230°42'		118°34'
	3		112°08'	118°34'	

При измерении горизонтальных углов **способом измерений угла от нуля** работы производят в следующем порядке:

- отпустив зажимной винт алидады и лимба, совмещают нулевой штрих лимба с нулевым штрихом алидады и закрепляют алидаду;
- поворотом лимба наводят трубу на переднюю точку, закрепляют лимб;
- отпускают алидаду, поворотом ее наводят трубу на заднюю точку и снимают отсчет по отсчетному устройству.

Точность измерения углов зависит от следующих погрешностей: неточного центрирования и нивелирования теодолита, неточной установки вех на точках наблюдения и неточного наведения трубы на цель, от погрешности при снятии отсчета, инструментальных погрешностей, длины сторон, угла и др.

В инженерной геодезии, в частности, при определении превышений тригонометрическим нивелированием необходимо измерять вертикальные углы (углы наклона) при помощи теодолита.

Измерение вертикальных углов производят при обоих положениях вертикального круга КЛ и КП и вычисляют угол наклона по формуле

$$v = \frac{(КЛ - КП - 180^\circ)}{2}, \quad (19)$$

где КЛ и КП – отсчеты по вертикальному кругу.

Если угол измеряют теодолитом ТЗО, а также при одном (КЛ или КП) положении вертикального круга, то предварительно вычисляется МО:

$$МО = \frac{(КЛ + КП + 180^\circ)}{2}.$$

На рис.16 показана схема измерения угла наклона v .

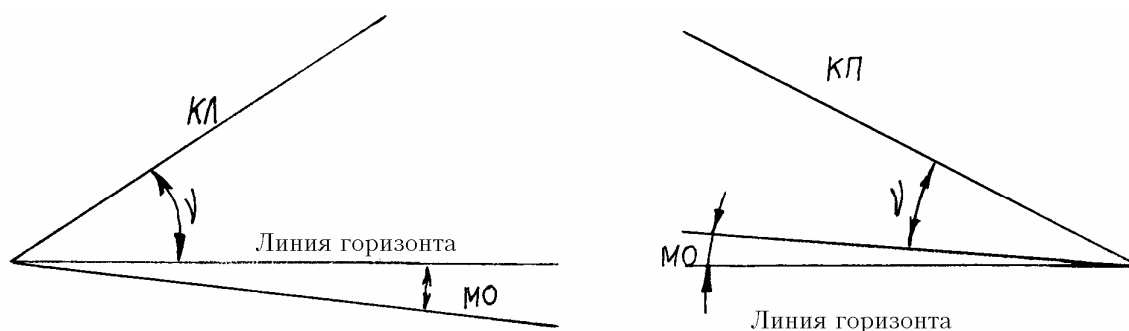


Рис.16. Схема измерения угла наклона

Угол наклона можно вычислить по формулам:

$$v = МО - КП - 180^\circ; \quad (20)$$

$$v = \text{КЛ} - \text{МО}, \quad (21)$$

где КЛ и КП – отсчеты по вертикальному кругу при его положении слева и справа от наблюдателя;

МО – место нуля вертикального круга.

При вычислении углов наклона по данным формулам к отсчету КП и КЛ, меньше 90° , прибавляют 360° .

Перед измерением вертикального угла пузырек уровня при алидаде приводят подъемными винтами на середину

Результаты измерений записывают в журнал (табл.4).

Т а б л и ц а 4

Журнал измерений вертикальных углов теодолитом ТЗО

Номер станции	Наблюдаемые точки	Положение вертикального круга	Отсчеты по вертикальному кругу	Место нуля	Угол наклона v	Формула
		КП	$178^\circ 16'$			$\text{МО} = \frac{\text{КЛ} + \text{КП} + 180^\circ}{2}$
5	3			$-2'$	$1^\circ 42'$	$v = \frac{\text{КЛ} - \text{КП} - 180^\circ}{2}$
		КЛ	$1^\circ 40'$			$v = \text{КЛ} - \text{МО}$
						$v = \text{МО} - \text{КП} - 180^\circ$

Контрольные вопросы

1. Назовите основные типы теодолитов. Каковы особенности их конструкций?
2. Что такое вертикальная ось инструмента, ось вращения зрительной трубы и ось цилиндрического уровня? Какое положение оси должны занимать по отношению друг к другу у отъюстированного инструмента?
3. Назовите основные части и оси теодолита.
4. Что значит «установить теодолит в рабочее положение»? Объясните, как это сделать?
5. Как измерить горизонтальный угол по способу приемов?
6. Как измерить горизонтальный угол по способу повторений?
7. Что такое место нуля теодолита?
8. Как измерить угол наклона?
9. Что такое коллимационная погрешность, как ее определить?
10. Как определить расстояние по нитяному дальномеру?
11. Как определить превышения при помощи теодолита?

4.2. Устройство теодолита 4Т30П

Технический оптический теодолит 4Т30 П (рис.17) предназначен для выполнения инженерно-геодезических работ, для измерения горизонтальных и вертикальных углов в теодолитных и тахеометрических ходах, при создании плановых и высотных съемочных сетей, для измерения расстояния с помощью нитяного дальномера, определения магнитных азимутов по ориентир буссоли [2, 3, 5, 10]. Масса теодолита (без футляра) равна 2.3 килограмма.

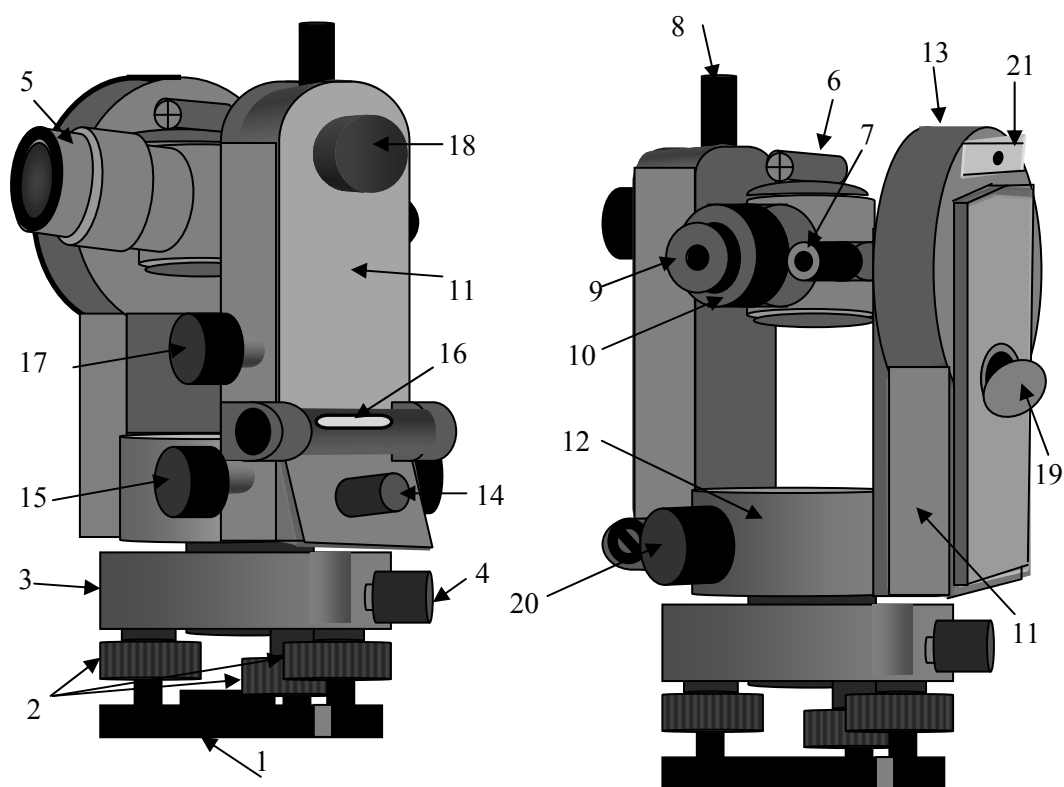


Рис. 17. Устройство теодолита 4Т30П:

1 – основание с втулкой; 2 – подъемные винты; 3 – подставка; 4 – закрепительный винт лимба; 5 – зрительная труба; 6 – визир; 7 – окуляр микроскопа; 8 – закрепительный винт зрительной трубы; 9 – окуляр зрительной трубы; 10 – колпачок; 11 – колонка, со встроенными в нее корпусами горизонтального и вертикального кругов; 12 – корпус горизонтального круга; 13 – корпус вертикального круга; 14 – закрепительный винт алидады; 15 – наводящий винт алидады; 16 – цилиндрический уровень при алидаде; 17 – наводящий винт зрительной трубы; 18 – винт резкости (кремальера); 19 – зеркало подсветки; 20 – рукоятка перевода лимба; 21 – скоба для крепления буссоли

Применение основных частей теодолита

1. Основание теодолита устанавливается на штатив и с помощью станочного винта штатива, который вкручивается во втулку основания, крепится к штативу.

2. С помощью подъемных винтов на середину выводится пузырек цилиндрического уровня при алидаде.

Подставка с цилиндрическим выступом, на котором крепится верхняя вращающаяся часть теодолита.

3. Закрепительный винт лимба. При открепленном винте лимба, алидада вращается вместе с лимбом. А при закрепленном винте лимба и открепленном винте алидады, алидада вращается относительно лимба, что позволяет брать отсчеты по горизонтальному кругу.

4. Зрительная труба имеет 20 кратное увеличение. Она вращается вокруг горизонтальной оси на 360° . Сетка нитей зрительной трубы позволяет измерять расстояния с помощью дальномера.

5. Визир служит для приблизительного наведения трубы на измеряемую точку.

6. Микроскоп и окуляр микроскопа. В поле зрения микроскопа попадают отсчеты по лимбам вертикального и горизонтального круга. Верхняя шкала, обозначенная буквой (В) отвечает вертикальному кругу (рис.18), а нижняя (Г) – горизонтальному. шкала микроскопа соответствует 1° лимба, разделенному на 12 частей. Цена одного деления равна $5'$. Отсчеты берутся с точностью до $1'$, с округлением до 0.1 деления, т.е. до $0.5'$. Индексом для отсчета служит штрих лимба. Отсчет по горизонтальному кругу производится от 0 к 6 (слева – направо). Шкала вертикального круга имеет два ряда цифр. Отсчет по нижнему ряду цифр от -0 к -6 берется тогда, когда в поле зрения шкалы появляется штрих лимба с отрицательным значением отсчета (рис. 18). В случае положительного значения цифры отсчета, он производится от 0 к 6.

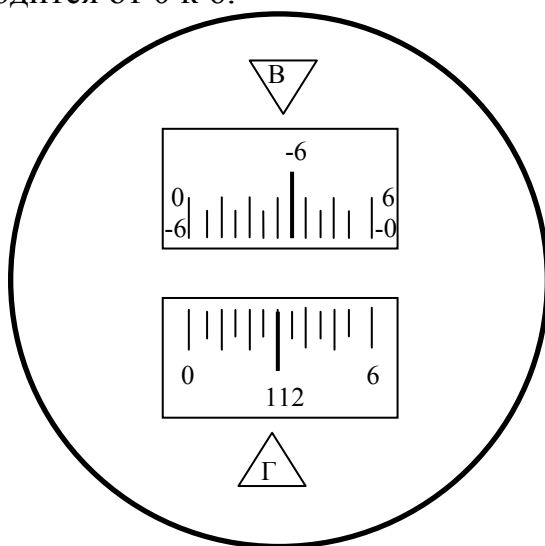


Рис. 18. Поле зрения шкалового микроскопа 4Т-30:
Отсчеты: по горизонтальному кругу ($112^\circ 30'$) по вертикальному кругу ($-6^\circ 25'$)

7. Закрепительный винт зрительной трубы служит для фиксации зрительной трубы в неподвижном положении после наведения ее на измеряемый предмет.

8. С помощью окуляра зрительной трубы, помимо его оптических функций, устанавливается четкость изображения сетки нитей.

9. Колпачок прикрывает юстировочные винты, расположенные на зрительной трубе, а также закрепительные винты сетки нитей.

10. Колонка, со встроенными в нее корпусами горизонтального и вертикального кругов.

11. Корпус горизонтального круга. Внутри корпуса горизонтального круга находятся лимб и алидада горизонтального круга, с помощью которых, измеряются горизонтальные углы. Лимб представляет собой стеклянный круг, оцифрованный через 1° , от 0° до 360° , по часовой стрелке. Алидада представляет собой круг меньшего диаметра находящийся внутри лимба, с нулевой чертой позволяющей брать отсчеты с лимба. В целом и лимб и алидада представляют собой довольно сложные устройства, соединенные с закрепительными винтами. Изображение штрихов и оцифровки лимба передается на шкаловый микроскоп (см. рис. 18). Лимб и алидада, устроены таким образом, что при закрепленном винте алидады и открепленном винте лимба, алидада вращается вместе с лимбом. А при закрепленном винте лимба и открепленном винте алидады, алидада вращается относительно лимба, что позволяет брать отсчеты по горизонтальному кругу.

12. Корпус вертикального круга. В корпусе вертикального круга также, расположены лимб и алидада вертикального круга, но в отличие от горизонтального круга лимб оцифрован по секторам через 1° , от 0° до 75° и от -0° до -75° . Лимб жестко скреплен со зрительной трубой и вращается вместе с ней вокруг неподвижной алидады. Нулевой отсчет лимба параллелен визирной оси трубы. Отсчеты по лимбу выведены на шкаловый микроскоп (см. рис.18).

13. Закрепительный винт алидады. При закрученном винте алидады и открученном винте лимба, алидада вращается вместе с лимбом. Если закрепительный винт алидады откручен, а винт лимба закручен, алидада вращается относительно лимба, и на шкале микроскопа появляется отсчет по горизонтальному кругу.

14. Наводящий винт алидады служит для точного наведения сетки нитей на определяемую точку, по горизонтали.

15. Цилиндрический уровень при алидаде. С помощью цилиндрического уровня, вращая подъемные винты, в отвесное положение устанавливается вертикальная ось теодолита. Цена деления уровня равна $45''$.

16. Наводящий винт зрительной трубы служит для точного наведения сетки нитей на определяемый предмет по вертикали.

17. При помощи кремальеры добиваемся четкого изображения предмета, на который наведена сетка нитей.

18. Вращением и наклоном зеркала подсветки добиваемся наилучшего освещения штрихов лимба в микроскопе.

19. Рукоятка перевода лимба, позволяет, не откручивая закрепительный винт лимба, изменить отсчет по нему. Наиболее часто при помощи рукоятки производится обнуление отсчетов. Для этого рукоятка прижимается к горизонтальному кругу, и постепенным вращением, добиваемся нужного отсчета.

20. Скоба для крепления ориентир буссоли, представляет собой пластинку с пазом, в который вкручивается винт буссоли.

Установка теодолита в рабочее положение

Для установки теодолита в рабочее положение необходимо выполнить следующие действия:

а) Устанавливаем теодолит на штатив и с помощью станкового винта соединяем его со штативом. С помощью отвеса или оптического центрира (в зависимости от модели теодолита), устанавливаем теодолит над точкой станции.

б) Приводим вертикальную ось теодолита в отвесное положение. Для этого освобождаем закрепительный винт алидады, при закрепленном винте лимба и устанавливаем цилиндрический уровень при алидаде параллельно двум подъемным винтам. Этими винтами выводим пузырек цилиндрического уровня на середину. Поворачиваем теодолит на 90° и оставшимся подъемным винтом выводим пузырек уровня на середину. Поворачиваем теодолит на 180° и если пузырек цилиндрического уровня не отклоняется более половины деления, считаем что условие, при котором вертикальная ось теодолита выведена в вертикальное положение, выполненным. Если пузырек уровня отклонился, более одного деления, то делаем юстировку цилиндрического уровня.

в) Наводим теодолит на определяемую точку с помощью визира, или ориентируясь по направлению трубы, при закрепленном винте лимба.

г) Закручиваем закрепительные винты алидады и зрительной трубы.

д) С помощью кремальеры добиваемся четкости изображения предмета.

е) Вращая окуляр зрительной трубы, добиваемся четкости изображения сетки нитей.

ж) Наводящими винтами алидады и зрительной трубы точно наводим сетку нитей на определяемый предмет

После выполнения этих действий теодолит готов к работе.

4.3. Поверки и юстировки теодолита 4Т-30П

Целью поверок и юстировок теодолита является выявление отступлений от основных геометрических условий теодолита, вызванных нарушением правильного взаимного расположения его частей и осей. Поверки и, если необходимо, юстировки следует проводить систематически.

Поверка №1. Ось цилиндрического уровня на алидаде горизонтального круга должна быть перпендикулярна к вертикальной оси.

Эта поверка выполняется аналогично тому, как производится установка теодолита в рабочее положение (пункты 2 – 5).

Если, после поворота на 180° , пузырек отклонился более чем на половину деления уровня, делаем юстировку уровня. Для этого с помощью подъемных винтов перемещаем пузырек на половину дуги отклонения, после чего юстировочными винтами уровня приводим его на середину (рис.19).

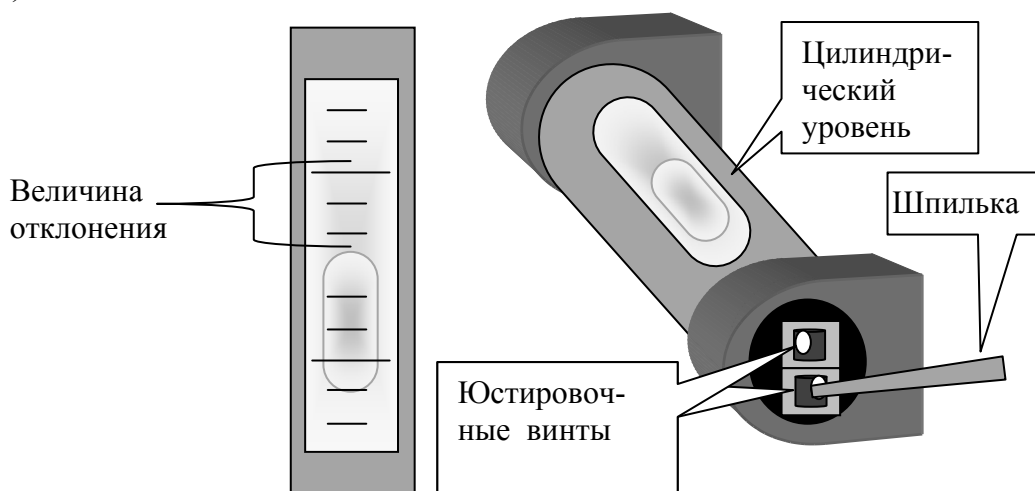


Рис. 19. Схема юстировки цилиндрического уровня при алидаде

Затем поверку повторяют до тех пор, пока пузырек, при повороте на 180° , не останется на середине.

Поверка №2. Визирная ось зрительной трубы должна быть перпендикулярна к горизонтальной оси вращения трубы.

Для выполнения этой поверки выбирают на местности точку, при наблюдении на которую, зрительную трубу устанавливают приблизительно горизонтально. Приведя теодолит в рабочее положение делают отсчеты при КЛ1 и КП2. Затем открепив закрепительный винт лимба, поворачиваем прибор на 180° . Закрепляем винт лимба, открепляем винт алидады. И наведя теодолит на ту же точку, берем отсчеты КЛ2 и КП2.

Вычисляем значение коллимационной погрешности по формуле

$$C_1 = 0,25 [(КЛ1 - КП1 \pm 180^\circ) + (КЛ2 - КП2 \pm 180^\circ)].$$

Для контроля повторяют определения, визируя трубу на вторую точку и вычисляют среднее арифметическое значение $C_0 = (C_1 + C_2) / 2$. Колебания C не должны превышать $1'$. Если среднеарифметическое значение погрешности превышает $2'$, то производят исправления.

Предположим $C_0 = 6'$. Для исправления этой погрешности берем последний отсчет. Например: $КЛ2 = 212^\circ 25'$.

Теодолит наводим на вершину вешки, где брался отсчет $КЛ2$. Вычисляем исправленный отсчет.

$$КЛ_{испр.} = КЛ2 - C_0 = 212^\circ 25' - 0^\circ 06' = 212^\circ 19'.$$

Наводящим винтом алидады устанавливаем на лимбе исправленный отсчет. Перекрестье нитей сойдет с верхней части вешки. Откручиваем колпачок зрительной трубы и боковыми юстировочными винтами совмещаем перекрестие нитей с верхушкой вешки (рис.20). После исправления поверка повторяется.

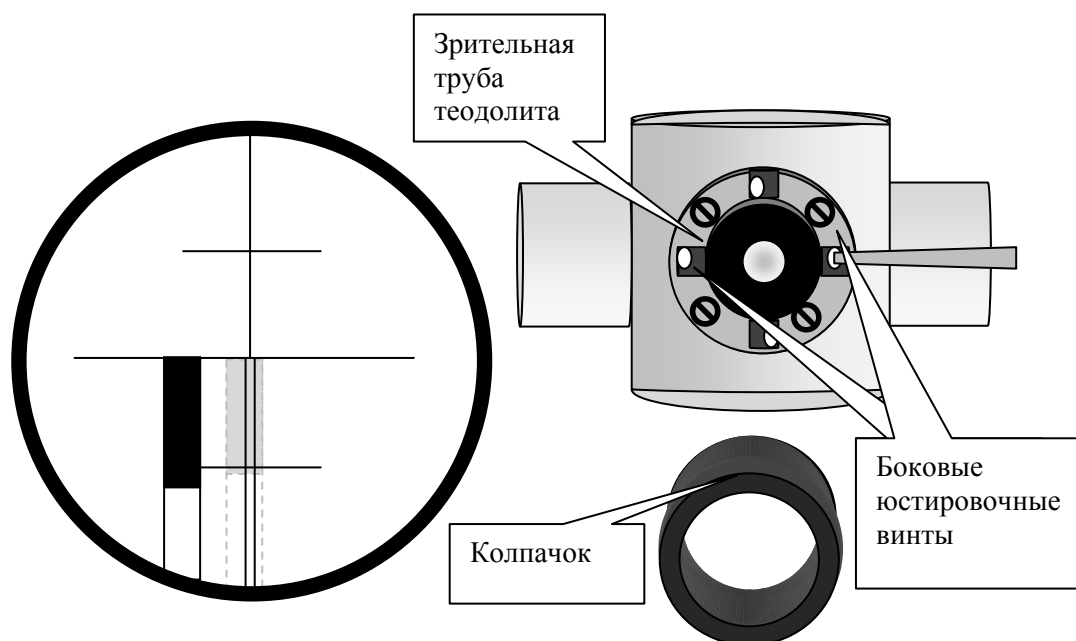


Рис. 20. Схема исправления коллимационной погрешности

Поверка № 3. Горизонтальная ось должна быть перпендикулярна вертикальной оси.

Для выполнения этой поверки теодолит устанавливается в 5 -30 метрах от стены здания. На стене выбирается высоко расположенная точка А, на которую, приведя теодолит в рабочее положение, при КЛ, наводится перекрестие сетки нитей. Застопорив закрепляющие винты горизонтального круга, опускаем трубу теодолита вниз до горизонтального положения и отмечаем на стене точку В. Переводим трубу через зенит, наводим ее на точку А' и при КП опускаем ее в точку В'. Если точки В и В' совпадают, то условие поверки считается выполненным. Если точки В и В' не совпали то условие считается нарушенным. Исправление необходимо выполнять в специальной мастерской или на заводе.

Поверка № 4. Основной вертикальный штрих сетки нитей должен быть перпендикулярен к горизонтальной оси.

Для выполнения этой поверки теодолит наводится на хорошо видимую удаленную точку на местности. Вращая наводящий винт зрительной трубы, наблюдаем, сходит ли выбранная цель с основного вертикального штриха сетки нитей. Если изображение точки не сходит со штриха, то условие считается выполненным. В противном случае, ослабив винты, скрепляющие окуляр с корпусом трубы, поворачивают его так, чтобы условие оказалось выполненным, и поверку повторяют (рис.21).

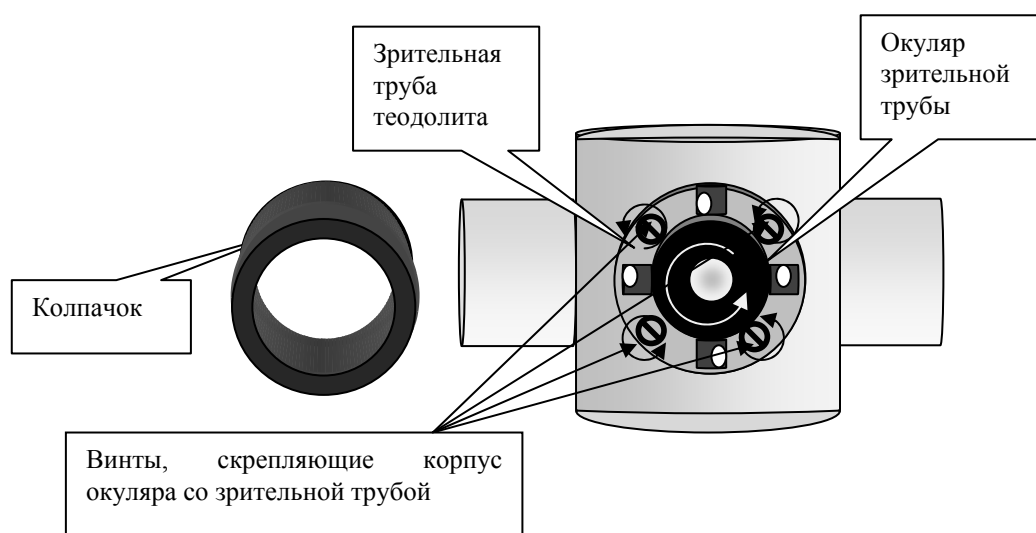


Рис. 21. Схема исправления вертикальности сетки нитей

Поверка № 5. Место нуля вертикального круга должно быть известно или приведено к нулю.

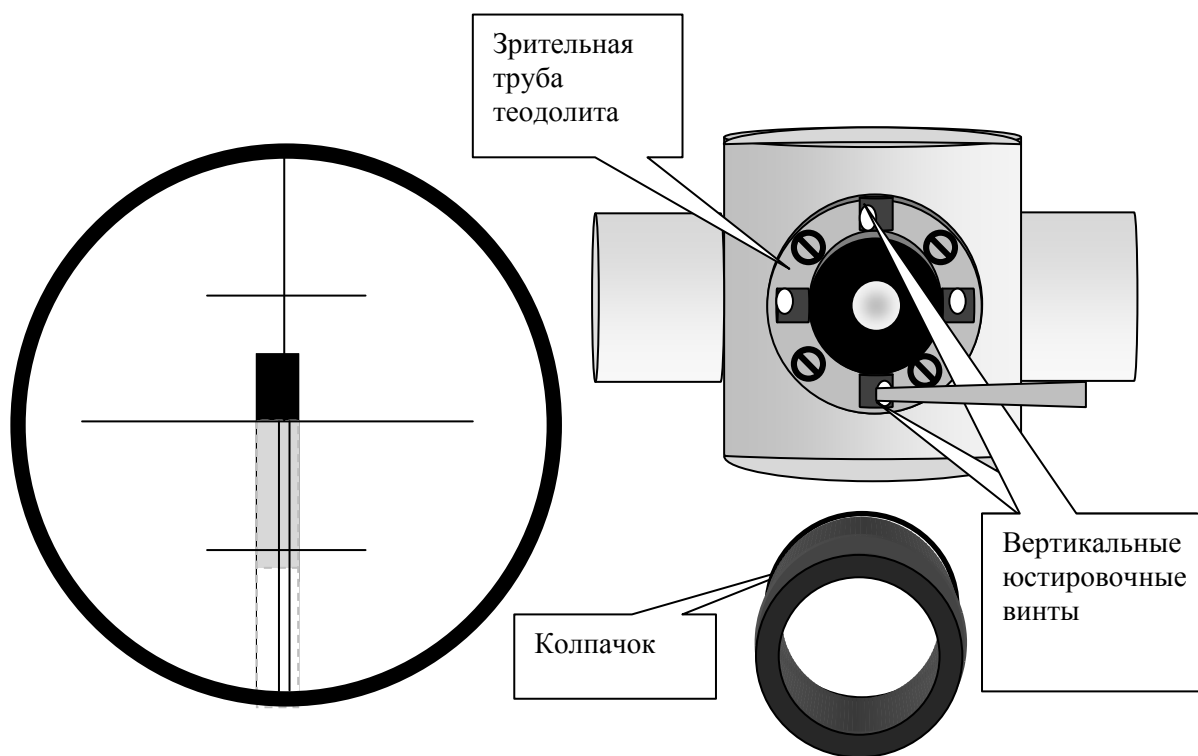


Рис. 22. Исправление места нуля вертикального круга

4.4. Измерение углов на местности

Для выполнения этой поверки теодолит наводится попеременно на 2-3 точки при двух положениях вертикального круга КЛ и КП. Предварительно теодолит приводится в рабочее положение. В каждой точке вычисляется место нуля. Колебания значений места нуля при наблюдениях на разные точки не должно превышать 1'. Если среднеарифметическое место нуля по этим точкам более 2', то его исправляют следующим образом.

Например: среднее значение МО, после наведения на три точки равно 5'. Приводят теодолит в рабочее положение. Наводят трубу на отдаленную цель и делают отсчеты КЛ и КП по вертикальному кругу. Вычисляем исправленное значение при КЛ.

$$КЛ_{испр} = КЛ - МО_{ср} = 3^{\circ}20' - 5' = 3^{\circ}15'.$$

Наводим теодолит при КЛ на выбранную цель, где отсчет был равен $3^{\circ}20'$ и наводящим винтом зрительной трубы устанавливаем исправленный отсчет. В этом случае точка отсчета сместится с центра сетки.

Вертикальными юстировочными винтами совмещаем центр сетки нитей с наблюдаемой точкой (см. рис. 22). Для контроля исправления, рекомендуется вновь определить значение МО.

Измерение горизонтального угла теодолитом может быть выполнено различными способами: способом приемов, способом повторений и способом круговых приемов. При инженерно-геодезических работах наиболее распространенным является способ приемов. При этом способе теодолит приводится в рабочее положение, наводится на точку, аналогично тому, как это было описано выше и берется отсчет по микроскопу. В том случае, когда вертикальный круг находится слева от зрительной трубы, отсчет называется круг «лево» или КЛ. Когда вертикальный круг находится справа от зрительной трубы, отсчет называется круг «право» или КП.

Измерение горизонтального угла производится в следующей последовательности:

а) Теодолит устанавливается на вершине измеряемого угла точка В, приводится в рабочее положение, наводится на правую точку (А) и берется отсчет при круге «лево». В результате получаем отсчет КЛ1 (рис.24).

б) Теодолит переводится на левую точку (С) и берется отсчет КЛ2. Так как измеряемый угол β равен разности двух направлений, а подписи делений лимба возрастают по ходу часовой стрелки, то из правого направления вычитают левое. То есть $\beta_1 = \text{КЛ1} - \text{КЛ2}$. Если полученный отсчет на правую точку меньше отсчета на левую точку, то к его значению прибавляем 360° . Измерение угла при одном положении вертикального круга называется полуприемом.

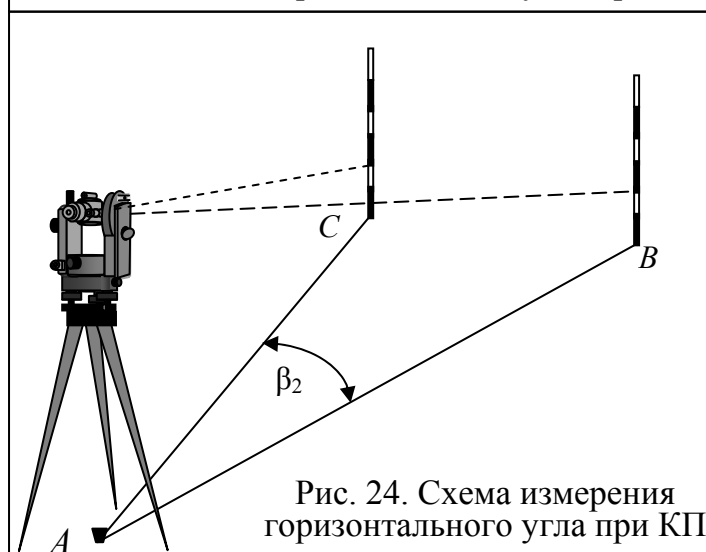
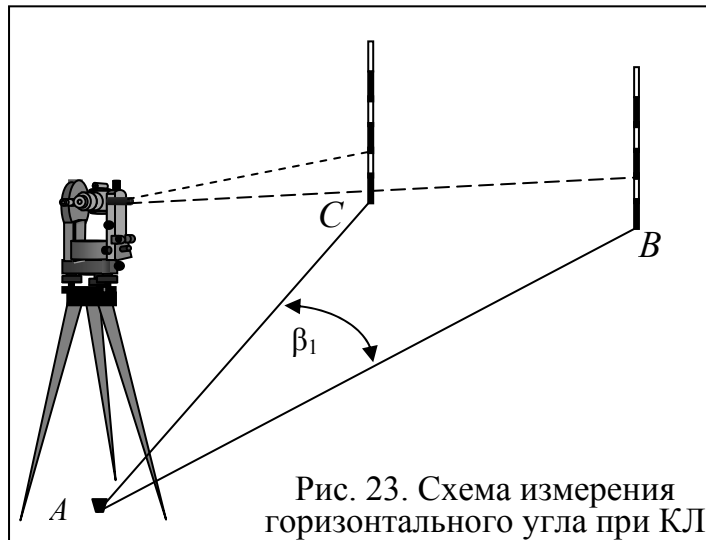
в) Для контроля и ослабления погрешности измеряем угол β_2 при круге право (рис.25). Для этого трубу теодолит переводим через зенит и наводим на правую точку (А), получаем отсчет КП1.

г) Теодолит переводится на левую точку (С) и берется отсчет КП2.

Угол $\beta_2 = \text{КП1} - \text{КП2}$.

Допустимая разница двух полуприемов не должна превышать 1 минуты.

То есть $\beta_1 - \beta_2 \leq 1'$.



д) Значение горизонтального угла вычисляется как среднее из двух полуприемов: $\beta_{\text{ср}} = (\beta_1 + \beta_2) / 2$.

Измерение горизонтального угла при двух положениях вертикального круга называется полным приемом.

Вертикальным углом является угол наклона γ , составленный визирной осью зрительной трубы, наведенной на определяемую точку, с горизонтальной плоскостью. Измерение углов наклона выполняются для определения горизонтальных проекций линий, при определении превышений методом тригонометрического нивелирования, при определении высоты сооружения или отдельных его точек, а также при решении геодезических задач на строительной площадке. Как и при измерении горизонтального угла, измерение вертикального угла производится при двух положениях вертикального круга, круге «лево» и круге «право».

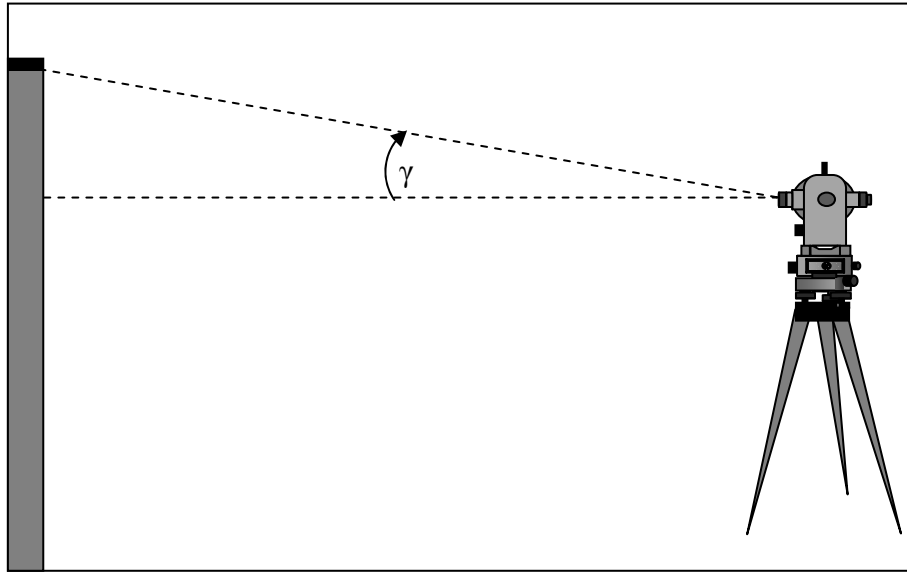


Рис.25. Схема измерения вертикального угла

Определение значения вертикального угла производится в следующей последовательности.

а) Теодолит наводится на удаленную точку при круге «лево» и берется отсчет КЛ по шкале вертикального круга.

б) Зрительная труба теодолита поворачивается на 180° и наводится на определяемую точку при круге «право». Получаем отсчет КП.

в) Определяем место нуля вертикального круга. Если визирную ось поставить в горизонтальное положение и пузырек цилиндрического уровня при алидаде вывести на середину, то отсчет по лимбу вертикального круга должен быть равен нулю, что будет соответствовать нулевому значению угла наклона. В случае, когда ось уровня не окажется параллельна визирной оси, последняя составит с визирной осью некоторый угол X , т.е. отсчет по лимбу будет отличаться от нуля (рис.26). Этот отсчет является местом нуля вертикального круга МО.

г) Таким образом, местом нуля вертикального круга называется отсчет по лимбу вертикального круга, соответствующий горизонтальному положению визирной оси трубы и положению пузырька уровня при алидаде на середине.

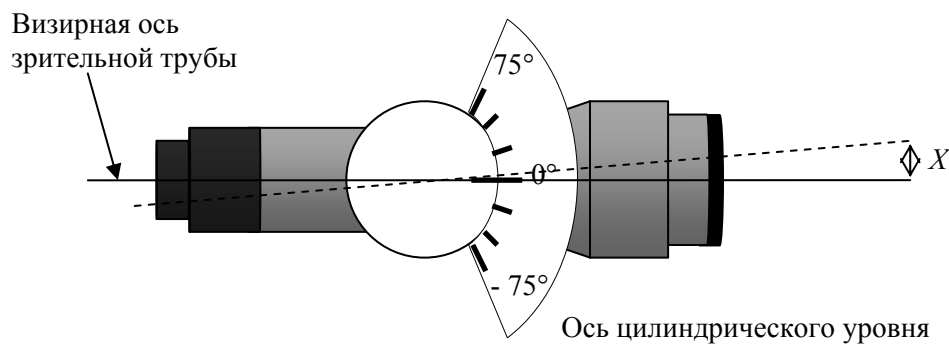


Рис. 26. Соотношение визирной оси теодолита и оси цилиндрического уровня

Место нуля вертикального круга вычисляем по формуле

$$MO = (KЛ + КП)/2.$$

В идеальном варианте место нуля равно нулю. Колебания места нуля не должно превышать двойной точности теодолита. Для теодолита 4Т30П это 1'. Если МО значительно отличается от 0, то возникают трудности при определении угла наклона. Для этого место нуля приводят к значению близкому 0.

д) Угол γ для теодолита 4Т30П вычисляется по формуле

$$\gamma = (KЛ - КП) / 2.$$

Для контроля значения угла γ вычисляем по формулам:

$$\gamma = KЛ - MO; \quad \gamma = MO - КП.$$

Сходимость значений вертикального угла γ , полученных по трем формулам, свидетельствует о правильности выполненных вычислений.

4.5. Электронные тахеометры

Электронным тахеометром называется устройство, объединяющее в себе теодолит и светодальномер. Одним из основных узлов современных электронных тахеометров является микроЭВМ, с помощью которой можно автоматизировать процесс измерений и решать различные геодезические задачи по заложенным в них программам. Увеличение числа программ расширяет диапазон работы тахеометра и область его применения, а так же повышает точность работ. Наличие регистрирующих устройств в тахеометрах позволяет создать автоматизированный геодезический комплекс: тахеометр – регистратор информации – преобразователь – ЭВМ – графопостроитель, обеспечивающий получение на выходе конечной продукции – топографического плана в автоматическом режиме. При этом сводятся к минимуму ошибки наблюдателя, оператора, вычислителя и картографа, возникающие на каждом этапе работ при составлении плана традиционным способом.

Для автоматизации измерений при производстве топографической съемки и инженерно-геодезических работ на строительной площадке созданы высокоточные электронные тахеометры (далее – тахеометр). Тахеометр содержит угломерную часть, сконструированную на базе кодового теодолита, светодальномер и встроенную ЭВМ. С помощью угломерной части определяются горизонтальные и вертикальные углы, светодальномера – расстояния, а ЭВМ решает различные геодезические задачи, обеспечивает управление прибором, контроль результатов измерений и их хранение.

Ниже рассмотрены отдельные типы зарубежных электронных тахеометров, предназначенных для выполнения крупномасштабных топографических

съемок, создания сетей планово-высотного обоснования, выполнения исполнительных съемок застроенных и застраиваемых территорий, автоматизированного решения различных геодезических и инженерных задач при помощи прикладных программ, разбивочных работ на стройплощадке.

В России наибольшее распространение получили эл. тахеометры, изготавливаемые фирмами Японии. Они устойчивы в работе, имеют свыше 30 функций, точные и высокоточные, а по стоимости почти в 1,5 раза дешевле приборов, изготавливаемых в Европе. В табл. 5 приведены технические характеристики приборов фирмы Sokkia и Topcon. Приборы имеют безотражательный режим измерений.

Т а б л и ц а 5

Технические характеристики электронных тахеометров

Страна-изготовитель	Япония	
	SET 350 RX	TOPCON ES-102 L
Измерения на призму	4000м с точн. ± 2 мм+2*Дкм	4000м с точн. ± 2 мм+2*Дкм
Измерения без отражателя	600 м с точн. ± 3 мм	500 м с точн. ± 3 мм
Миним. измеряемое расст.	без отражателя 0,3 м	без отражателя 0,3 м
Компенсатор	Двухосевой $\pm 6'$	Двухосевой $\pm 6'$
Точность угловых измерений	3"	2"
Защита от воды и пыли	IP 66	IP 66
Диапазон рабочих температур	-30°C до +50°	-30°C до +50°
Время работы аккумулятора	8,5 час/внешн. 50 часов	36 часов
Клавиатура	23 клавиши с подсветкой; возможность ввода алфавитно-цифровых символов (кодов)	25 клавиш с подсветкой; возможность ввода алфавитно-цифровых символов (кодов)
Клавиша запуска измерений на боковой панели	есть	есть
Передача данных	Флэшпамять, USB	mini USB
Вес прибора	5,5 кг	5,6 кг

Технический тахеометр Topcon ES-105 (рис.27,а) разработан на смену серии TOPCON 3100N. Значительные изменения в техническом оснащении предоставляют новые возможности для качественного выполнения работ. В новом фазовом дальномере дальность работы без отражателя увеличена с 350 до 500 м, при этом минимальное расстояние составляет всего 30 см.

а



б



Рис.27. Технические тахеометры
а – Topcon ES-105; б – Sokkia CX-102

Время измерения расстояний в новой серии ES значительно снижено и составляет 0,9 с в режиме точных измерений, а измерения в режиме слежения выполняются всего за 0,3 с. Обмен данными теперь возможен не только с помощью кабельного соединения, но и посредством USB flash-диска и беспроводного модуля Bluetooth. Дальность работы беспроводного модуля Bluetooth составляет до 300 м, что позволяет обеспечить коммуникацию с полевыми контроллерами TOPCON и дистанционное управление процессом съемки или разбивки. Новый литий – ионный аккумулятор, по сравнению с предыдущей серией, дает возможность работать с тахеометром более чем в семь раз дольше. Новые графические дисплеи на обеих сторонах прибора и расширенная панель управления делают работу простой и удобной. Для низкотемпературных моделей применяются специально разработанные LCD дисплеи без подогрева, что позволяет стабильно работать при низких температурах, не расходуя при этом заряд аккумулятора. Встроенный телекоммуникационный модуль «TSshield – защитник» предоставляет возможность дистанционно заблокировать тахеометр, в случае его пропажи. Внутреннее программное обеспечение позволяет применение прибора при производстве геодезических работ при изысканиях, строительстве и различных приложениях. Программы тахеометра для лучшего понимания функциональных возможностей снабжены графическими подсказками.

Технический тахеометр Sokkia CX-102 (рис.27,б) разработан в соответствии с международными стандартами и отвечает самым высоким требованиям при производстве геодезических работ.

Модернизированный дальномер REDtech позволяет уверенно измерять расстояния без отражателя до 500 м. Возможны быстрые измерения на

труднодоступные цели – темные поверхности, углы зданий и конструкций, люки, провода и подобные препятствия. Оперативное изменение настроек во время работы производится с помощью специальной клавиши на клавиатуре, а быстрый запуск измерений выполняется с помощью клавиши, расположенной на боковой панели инструмента. Эта функция позволяет проводить измерения, не отрываясь от окуляра и не теряя визуального контроля точности наведения на цель.

Для работы в суровых зимних условиях разработаны низкотемпературные модели. Встроенное программное обеспечение и технические возможности делают тахеометры серии CX незаменимыми помощниками при проведении инженерных изысканий в строительстве и в других приложениях.

К достоинствам тахеометра относятся:

- работоспособность в условиях повышенной влажности и сильной запыленности;
- высокая точность измерения без отражателя до 500 м на различные поверхности;
- высокая точность измерения расстояний (2 мм + 2 ppm на призму, 3 мм + 2 ppm без отражателя);
- время измерения расстояний менее 1 с;
- безотражательный дальномер позволяет легко выполнять измерения сквозь препятствия и на объекты небольшого размера;
- переключение режима работы «без отражателя» – «призма» – «пленка» с помощью одной кнопки;
- подсветка сетки нитей, дисплея и клавиатуры для работы в сумерках;
- память: внутренняя (10000 точек) + внешняя (USB flash-диск);
- створоуказатель для быстрого выноса точек;
- лазерный отвес ;
- низкотемпературные модели с индексом «L» – работают при температуре окружающей среды до -30°C ;
- все приборы изготавливаются только в Японии

В строительстве широко используются универсальные тахеометры Leica FlexLine. Среди преимуществ тахеометра Leica модели FlexLine TS06 следует особо отметить высокую точность съемки и прекрасную работу на стройплощадке в режиме без отражателя. В условиях повышенных температур Leica TS06 в сравнении с другими подобными приборами значительно лучше выполняет засечку и безошибочно определяет атмосферные погрешности, что особенно актуально в процессе проведения измерений при высоких температурах.

Линейка тахеометров Leica Builder специально разработана для выполнения широкого спектра геодезических задач в сфере строительства. Одно из главных достоинств данной серии – возможность выполнять

повседневные измерительные задачи на строительных объектах (исполнительная съемка, разбивка и др.) даже при отсутствии профессиональных знаний в сфере геодезии. Тахеометр позволяет проводить работы с чертежами относительно строительной сетки (при этом каждую ее линию можно задать как опорную), а сам исполнитель может находиться в любом месте стройплощадки. Обладает встроенной функцией многоязычности, что необходимо для слаженной и четкой работы интернациональной бригады на объекте.

При возведении монолитных объектов строительства тахеометр Leica Builder применяется для разбивки осей, съемки, измерения расстояний и углов. К ключевым преимуществам тахеометра относятся простота эксплуатации и быстрота освоения. На изучение устройства тратится относительно немного времени, удобен в работе. Отличается продуманной эргономикой, которая обеспечивает удобство использования и существенное сокращение времени на выполнение геодезических измерений. Наводящие винты инструмента рассчитаны на работу двумя руками одновременно и не имеют механизма крепления, что существенно ускоряет наведение прибора на точку. Находящаяся на торце тахеометра клавиша Trigger дает возможность производить запись и измерение, не отрываясь от окуляра. Контрастный дисплей большого диаметра с яркой подсветкой гарантирует пользователю комфортное чтение данных при любой степени освещенности. Прорезиненные износостойчивые клавиши хорошо разнесены. При работе с прибором в перчатках это снижает риск ошибочных нажатий. Наличие в тахеометре быстрого и точного дальномера PinPoint с возможностью измерения без отражателя существенно упрощает проведение измерений на объекте. Узкий видимый луч дальномера дает возможность измерять кромки, углы и иные точечные объекты, что очень удобно при проведении съемки фасадов.

Тахеометры Leica FlexLine со встроенным дальномером PinPoint ULTRA позволяет без отражателя с миллиметровой точностью измерять расстояния 1000 м и более. Данные показатели обеспечивают надежность полученных данных на расстоянии от 200 м при измерении на поверхность под острым углом, в условиях яркого освещения или с низким отражением.

Новейшие технологии геодезических измерений на строительных объектах предполагают использование функции прямой передачи проектных данных в прибор, т.к. инженеры-геодезисты зачастую вместо традиционных планов на бумаге используют цифровые чертежи в формате CAD. Поддержка съемных USB-накопителей в тахеометрах Leica позволяет просто и быстро выполнять перенос информации с ПК на прибор и обратно. Следовательно, разбивка может осуществляться напрямую с проектного чертежа, а информация исполнительных измерений выгружается из

тахеометра в САД-формате для последующего анализа геометрии сооружения.

Применяемые в строительстве тахеометры Leica имеют не только точные измерительные датчики, но и оснащены набором встроенных прикладных программ, которые упрощают выполнение разнообразных задач на объекте, в том числе разбивку строительной сетки, вынос точек по кривой и по линии, контроль возводимых сооружений, передачу отметок и т.д. Кроме того, используя программы по решению задач координатной геометрии, можно по имеющимся данным прямо на объекте рассчитать координаты элементов, отсутствующих в проекте.

Прикладное программное обеспечение позволяет решать инженерно-геодезические задачи без необходимости проведения дополнительных измерений и расчетов на стройплощадке. В программное обеспечение рассмотренных электронных тахеометров входит: топография; вынос в натуру координат, линий и дуг; обратная засечка; высота недоступного объекта; круговые приемы; определение недоступного расстояния; проекция точки на линию; вычисление площади; измерения со смещением; уравнивание теодолитного хода; вычисление пересечений; базовая линия; съемка поперечников; трасса.

4.6. Поверки и юстировки электронного тахеометра

Все геодезические приборы, используемые для обеспечения строительства, должны быть исследованы на их пригодность к эксплуатации один раз в течение года в специальных лабораториях, имеющих государственную лицензию на тестирование приборов. На каждый прибор лабораторией выдается «Свидетельство о поверке средств измерений _____», где указывается пригоден или не пригоден прибор к эксплуатации.

Если поверки электронного тахеометра ЭТ будут выполняться с его установкой на штативе, то в первую очередь необходимо осмотреть и исследовать штатив на его пригодность к работе. А именно: крепежные винты ножек штатива должны надежно работать, штатив должен быть устойчив, т.е. не должно быть люфта в головке штатива и металлических наконечниках (оковках) ножек штатива.

Надежность работы скрепляющих винтов ножек штатива проверяется вручную, и если имеется срыв резьбы винта, то узел необходимо заменить. Если наконечники ножек штатива имеют подвижность, что практически всегда имеет место у деревянных штативов вследствие усушки дерева, то следует подтянуть болты, скрепляющие металлическую обойму наконечника с ножкой штатива. При этом иногда возникает необходимость вставки клиньев в обойму наконечника, а затем уже надо произвести затяжку болта.

Головка штатива может иметь подвижность (люфт) вследствие усушки дерева ножек штатива или недостаточной затянутости болтов, скрепляющих верх ножек штатива с его головкой. В обоих случаях для устранения имеющейся подвижности надо подтянуть болты, скрепляющие элементы конструкции штатива, не допуская при этом перетяжки болтов.

После осмотра штатива и устранения обнаруженных в нем неисправностей его устойчивость проверяется посредством установки прибора на головку, закрепления станového винта, горизонтирования, наведения зрительной трубы на визирную цель (при этом наконечники ножек штатива должны быть надежно задавлены в грунт). Прикладывается пальцем руки легкое усилие на головку штатива во вращательном направлении. Усилие снимается, наблюдатель смотрит в зрительную трубу – визирная цель не должна сойти с креста сетки, что указывает на устойчивость штатива. После этого приступаем к поверкам и юстированию тахеометра в изложенной ниже последовательности.

1. *Ось цилиндрического уровня, установленного на алидаде ЭТ, должна быть горизонтальна и перпендикулярна главной оси вращения прибора.* (Это требование относится и к изображениям уровней на дисплее прибора).

Прибор горизонтируется. Ампула уровня устанавливается по направлению двух подъемных винтов подставки. Пузырек уровня точно приводится на середину ампулы подъемными винтами подставки (рис.28,а). По отсчету горизонтального круга алидада поворачивается на 180° , если геометрическое условие выполнено, то пузырек уровня останется на середине ампулы уровня, в противном случае пузырек уйдет с середины (рис.28,б). Тогда пузырек уровня приводится на $1/2$ дуги отклонения юстировочным винтом уровня в сторону центра ампулы (шпилькой или отверткой), а на вторую половину дуги отклонения – подъемными винтами подставки, т.е. в центр.

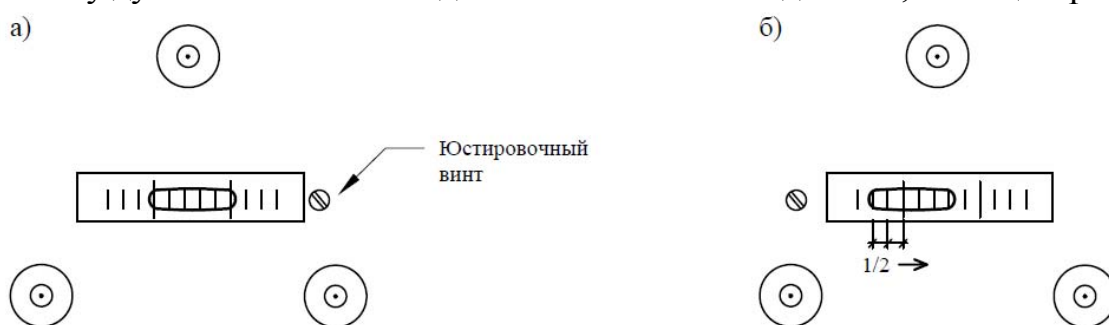


Рис. 28. Схема горизонтирования электронного тахеометра

Затем алидада вновь поворачивается на 180 градусов. Если юстировка выполнена точно, то пузырек уровня останется на середине ампулы. В противном случае юстировку надо повторить. После выполнения условия прибор горизонтируется по направлению третьего подъемного винта. В итоге, вращая алидаду на 360° , пузырек уровня не должен уходить от нуль-пункта больше одного деления.

Наклон вертикальной оси вращения тахеометра определяется с помощью встроенного электронного уровня, и это отклонение индицируется в цифровом виде на дисплее ЭТ. Определяя отклонения оси вращения через каждые 30" дважды (поворот на 720"), надо вывести среднее значение отклонения оси от вертикали, оно не должно превосходить 10 секунд.

После выполнения этой поверки и горизонтирования тахеометра следует посмотреть на положение пузырька круглого уровня, установленного на подставке прибора. Если пузырек не в нуль-пункте (не в центре окружности), то, действуя шпилькой тремя юстировочными винтами уровня необходимо привести пузырек в нуль-пункт. Тем самым будет выполнено требование к прибору – *ось круглого уровня должна быть отвесна и параллельна оси вращения тахеометра*.

В последних моделях электронных тахеометров фирмы "SOKKIA и TOPCON" (серия 50RX) на алидаде цилиндрический уровень отсутствует. Прибор приводится к горизонту по круглому уровню подставки.

Далее после включения электропитания на дисплей ЭТ выводится изображение пузырька уровня и показания датчиков углов наклона прибора по осям X и Y , например, $X 2'38''$, $Y 1'25''$. Действуя тремя подъемными винтами подставки необходимо привести пузырек (черную точку) в центр пересечения осей датчика, т.е. установить отсчеты X и Y близкие к 0-5". После этого следует проверить положение пузырька круглого уровня на подставке. Если пузырек сместился из центра, необходимо при помощи шпильки и юстировочных винтов привести его в центр. Тем самым выполняется требование – *ось круглого уровня должна быть отвесна и параллельна оси вращения прибора*.

Отметим, это будет справедливо только при условии правильной регулировки датчиков углов наклона тахеометра.

Затем следует переходить к поверке места нуля компенсатора.

2. Определение места нуля компенсатора

Если выведенный на дисплей угол наклона лимба горизонтального круга отличается от 0, то это отрицательно повлияет на точность угловых измерений. Чтобы исключить это влияние на результаты измерений необходимо устранить величину «места нуля компенсатора». Для этого надо:

- тщательно горизонтировать прибор, затем установить отсчет 0° на горизонтальном круге (дважды нажать клавишу [уст 0]);
- в режиме Конфигурация, выбрать "Константы прибора", а затем- комп x400 y400, нажать клавишу ENTR.

На дисплее появятся значения, например,

X	0° 01' 16''
Y	0° 00' 08''
ГУп	0° 00' 00''
ДА	

Когда отсчеты стабилизируются, их надо записать в журнал и нажать клавишу ДА;

– повернуть алидаду точно на $180^{\circ}00'00''$, закрепить винт. На дисплее появится новая запись, например,

X	0° 01' 18''
Y	0° 00' 10''
ГУП	0° 00' 00''
ДА	

Далее надо вычислить «место нуля компенсатора» как среднее из двух значений X и Y , соответственно:

$$X_{\text{откл}} = (x_1 + x_2) / 2 = (0^{\circ}01'16'' + 0^{\circ}01'18'') / 2 = 0^{\circ}01'17'',$$

$$Y_{\text{откл}} = (y_1 + y_2) / 2 = (0^{\circ}00'08'' + 0^{\circ}00'10'') / 2 = 0^{\circ}00'09''.$$

Если $X_{\text{откл}}$, $Y_{\text{откл}}$ каждая величина не превышает $20''$, то юстировку «места нуля» выполнять не требуется. Для этого следует нажать клавишу ESC.

В нашем примере необходимо выполнить юстировку «места нуля компенсатора». Для этого следует:

– при значениях X_2 и Y_2 нажать клавишу ДА, на дисплее появится «отсчет при КП»;

– повернуть алидаду на 180° , появятся отсчеты X_1 и Y_1 на дисплее отобразится информация, например, (для приборов серии SET 130R).

Компенсатор		
Текущий	X 400	Y 400
Новый.....	X 410	Y 402
	Нет	Да

Если значения X_2 , Y_2 находятся в пределах 400 ± 30 (диапазон юстировки), то юстировку следует продолжать. Для этого надо нажать клавишу ДА, при этом восстановятся «Константы прибора»:

- нажать клавишу ENTR при информации «Константы прибора»;
- появятся новые скомпенсированные отсчеты X_3 , Y_3 , их нужно записать в журнал и нажать клавишу ДА;
- повернуть алидаду на 180° , появятся скомпенсированные отсчеты X_4 , Y_4 .

Вычисляются средние значения отклонений:

$$X_{\text{откл}} = (X_3 + X_4) / 2,$$

$$Y_{\text{откл}} = (Y_3 + Y_4) / 2.$$

Если средние значения отклонений не превосходят $\pm 20''$, то юстировка завершена. Для выхода из режима юстировки нажать клавишу ESC.

Если среднее значение $X_{\text{откл}}$ и $Y_{\text{откл}}$ превосходят $20''$ (хотя бы одно), то юстировку по вышеизложенной схеме надо повторить 2-3 раза, пока отклонения не будут превосходить $20''$. Если отклонения все же будут превосходить $20''$, прибор необходимо сдать в ремонтную мастерскую.

Здесь угол X – наклон по направлению линии визирования, Y – наклон по оси вращения зрительной трубы.

В приборах серии 50RX на дисплее будут высвечиваться только значения углов наклона по осям X и Y . Действия по устранению влияния места нуля компенсатора на результаты измерений аналогичны вышеизложенному.

3. Определение и юстировка коллимационной погрешности тахеометра.

Геометрическое условие конструкции тахеометра:

Визирная линия должна быть перпендикулярна оси вращения зрительной трубы. Невыполнение этого условия вызывает погрешность в измерении горизонтальных углов и носит название коллимационной погрешности.

Конструкция электронного тахеометра позволяет измерить величину коллимационной погрешности, и при производстве угловых измерений при одном положении вертикального круга автоматически вносить поправки в измеренные углы.

Для этого в режиме «Конфигурация», «Константы прибора» выбрать «Коллимация»:

- навести крест сетки нитей зрительной трубы на хорошо видимую цель (дальность 150-200 м) при КЛ, нажать клавишу ДА, перевести зрительную трубу через зенит и провизировать на ту же цель при КП, нажать клавишу ДА;

- для учета поправок за коллимацию в измеряемые углы тахеометром при одном круге нажать клавишу ДА.

Если нет уверенности в качестве наведения зрительной трубы на цель – нажать клавишу НЕТ.

В этом случае прибор вновь выйдет в режим «Коллимация», операции по учету коллимационной погрешности повторить заново.

В учебных целях рекомендуется определить значение коллимационной погрешности из наблюдений на 2-3 цели, не включая режим учета.

И только при твердой уверенности определения значений коллимационной погрешности при последующем визировании на цель нажать трижды клавишу ДА, т.е. включить программу учета коллимационной погрешности.

4. Вертикальная нить креста сетки нитей должна быть отвесной, а горизонтальная – горизонтальной.

Тщательно горизонтировать прибор. Навести зрительную трубу на хорошо видимую цель, совместив ее с вертикальной нитью креста сетки вверху поля зрения (рис. 29,а) трубы.

Далее при помощи микрометрического винта вертикального круга переместить визирную цель вниз поля зрения трубы (рис. 29,б.). если цель не сойдет с вертикальной нити сетки, то условие отвесности выполнено. В противном случае прибор необходимо сдать в ремонтную мастерскую (сервисный центр фирмы).

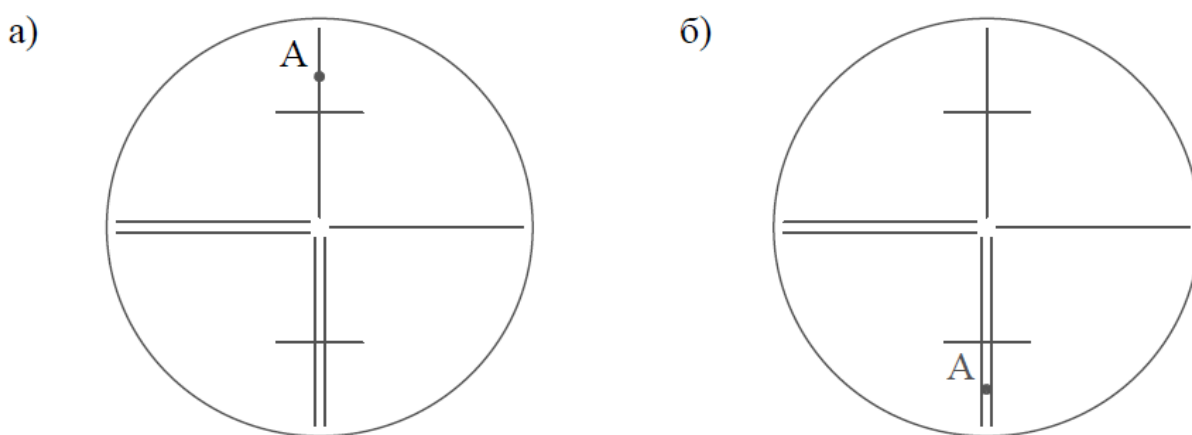


Рис. 29. Схема сетки нитей зрительной трубы

Аналогично контроль положения сетки можно выполнить, пользуясь горизонтальной нитью, при этом перемещение цели, расположенной на горизонтальной нити, из одного края поля зрения на другой переместить вращением микрометрического винта горизонтального круга. Если цель останется на нити – условие выполнено.

Положение креста сетки нитей поверяется по визирной цели, установленной на расстоянии 100 м от прибора примерно на одной высоте, при отсутствии рефракции (рис.30).

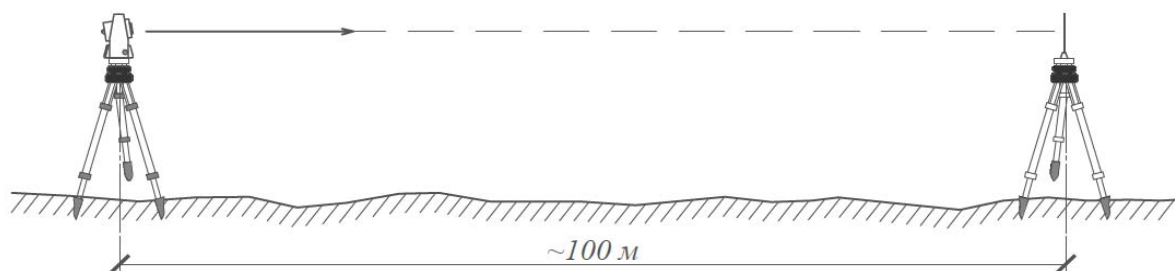


Рис.30. Схема поверки сетки нитей по визирной цели

Крест сетки нитей зрительной трубы наводится на центр визирной марки. Устанавливается режим измерений. Записываются в журнал отсчеты по горизонтальному и вертикальному кругам, например:

*КЛ: Гор. А1 37°18'42",
Верт. В1 269°33'55".*

Зрительная труба переводится через зенит и наводится на центр визирной марки, отсчеты записываются в журнал:

*КП: Гор. А2 217°18'30",
Верт. В2 90°26'17".*

Вычислим разность отсчетов по горизонтальному кругу:

$$A2 - A1 = 217^\circ 18' 30'' - 37^\circ 18' 42'' = 179^\circ 59' 48'',$$

и сумму отсчетов

$$B1 + B2 = 269^\circ 33' 55'' + 90^\circ 26' 17'' = 360^\circ 00' 12''.$$

Если разность ($A2 - A1$) находится в пределах $180^\circ \pm 20''$, а сумма ($B2 + B1$) в пределах $360^\circ \pm 40''$, то юстировка креста сетки нитей не требуется. Если же значения находятся не в указанных пределах (при 2-3 контрольных измерениях), то необходима юстировка положения сетки нитей зрительной трубы в сервисном центре (ремонтной мастерской).

5. Ось оптического центрира должна быть отвесна и совпадать с осью вращения прибора.

Прибор тщательно приводится к горизонту. Внизу, под центр штатива (на землю, асфальт) помещается кусок фанеры или дощечки с прикрепленным листом бумаги. На листе отмечается карандашом проекция креста сетки нитей центрира. Далее надо повернуть алидаду на 180° и вновь отметить проекцию креста сетки нитей. Если проекции не совпадают в пределах 1 мм, то юстировка креста сетки центрира не требуется. В противном случае необходимо выполнить юстировку.

Для этого:

- обе точки проекций креста сетки соединяются линией, отрезок делится пополам и отмечается его середина точкой;
- прибор надо крепко зафиксировать закрепительным винтом горизонтального круга (алидады);
- снять окуляр оптического центрира;
- снять защитное кольцо юстировочных винтов креста сетки центрира;
- установить окуляр на место;
- посредством юстировочных винтов сетки нитей переместить центр креста до его совмещения с серединой точной отрезка, отмеченной на листе бумаги. Перемещать обойму сетки нитей надо, наблюдая одновременно в окуляр, юстировочными винтами, первоначально ослабив противоположный винт, т.е. тот, в направлении которого будет перемещаться обойма сетки. По окончании юстировки все винты должны быть затянуты, но при этом нельзя допускать их перетяжку;

- действуя подъемными винтами подставки, совместить крест сетки нитей с первоначальной проекцией креста сетки (точка 1);
- повернуть прибор на 180° , убедиться, что юстировка выполнена правильно (крест сетки не сошел с точки 1). Поставить на место защитное кольцо юстировочных винтов сетки, для чего надо предварительно снять окулярное колено центрира;
- поставить на место окуляр центрира.

(В сериях приборов RX 50 достаточно вывернуть защитное кольцо в окуляре центрира для доступа к юстировочным винтам сетки нитей).

Вновь после завершения юстировки, т.е. сборки окулярного колена, повторить проверку, допускается несопадение креста сетки нитей с проекцией точки на листе бумаги не более 1 мм .

6. Определение постоянной поправки светодальномера тахеометра.

Постоянную поправку светодальномера требуется определять несколько раз в течение года, а именно:

- при замене светоотражательной призмы,
- при длительном времени неиспользования прибора,
- при заметном отклонении измеренных расстояний от предполагаемых их значений.

Не смотря на то, что на светоотражательной угломерной призме-марке указана ее постоянная поправка (с одной стороны 0 мм , с другой -30 мм) необходимо перед началом работ определить постоянную поправку, вводимую (автоматически) в измеренные расстояния.

Это можно выполнить следующим образом:

1. На относительно ровном месте закрепить 2 точки примерно на расстоянии 100 м одна от другой A и B (рис. 31). В точке A установить тахеометр, в точке B – отцентрированный штатив с визирной маркой-отражателем. Примерно в середине линии AB закрепить третью точку C на местности, устанавливая ее на прямой с помощью тахеометра. Отцентрировать над точкой C третий штатив с подставкой (подставки – адаптеры, т.е. взаимозаменяемые с прибором и марками-отражателями).

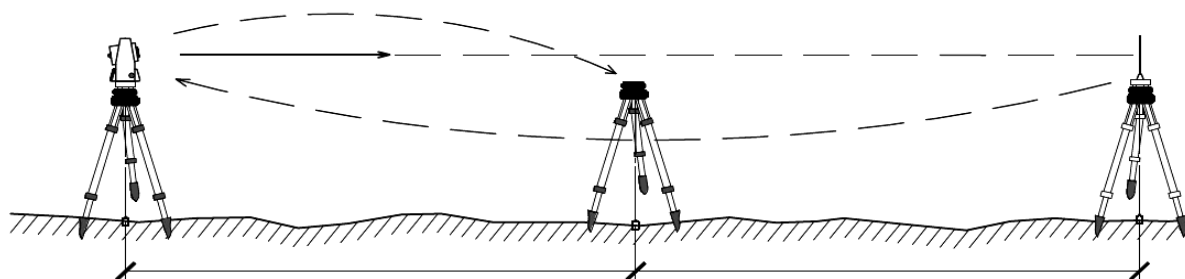


Рис.31. Схема определения постоянной поправки светодальномера тахеометра

Измерить 10 раз горизонтальное проложение линии AB тахеометром.

Затем установить тахеометр в точке C , измерить 10 раз отрезок CB . Снять отражатель с подставки в точке B и установить его в подставку в точке A .

Измерить отрезок CA тахеометром 10 раз. Вычислить средние значения линии AB и отрезков CB , CA (S_{AB}, S_{CB}, S_{CA}).

Далее можно написать равенство и преобразовать его:

$$S_{AB} + K = (S_{CB} + K) + (S_{CA} + K),$$

$$S_{AB} + K - S_{CB} - K - S_{CA} - K = 0,$$

$$S_{AB} - (S_{CB} + S_{CA}) = K,$$

где K – постоянная поправка в измеряемые расстояния тахеометром с используемой светоотражательной маркой-призмой.

Такое определение поправки K следует выполнять два, три раза. Отклонения значений K должно находиться в пределах ± 3 мм. (паспортная характеристика точности измерений расстояний светодальномером).

Если расхождения значений K превосходят указанный предел, прибор надо отправить в сервисный центр (ремонтную мастерскую).

Постоянную поправку K в измеряемые расстояния ЭТ необходимо определить для каждой используемой в измерениях светоотражательной марки-призмы. И эту величину надо вводить в память прибора (клавиша ДЛН) перед началом измерений, она будет автоматически учитываться прибором в измеренных расстояниях.

2. Наиболее быстрый, но менее точный метод определения постоянной поправки K комплекта тахеометра с светоотражательными марками-призмами следующий:

Выбрать ровную площадку (асфальт, бетон), закрепить одну точку на местности A и установить над ней ЭТ, приведя его в рабочее состояние. На второй переносный штатив установить светоотражательную марку-призму. Этот штатив устанавливается от тахеометра свободно на расстоянии 5, 7, 10, 15 м. При каждой его установке измеряется ЭТ расстояние, и это же расстояние измеряется при помощи стальной рулетки с миллиметровыми делениями. Ноль рулетки устанавливается на фиксированную точку A , полотно рулетки укладывается и натягивается (усилие 10 кг) под переносным штативом так, чтобы можно было взять отсчет по рулетке по кресту сетки нетей оптического центрира. Для контроля точности измеренного расстояния рулеткой следует выполнить 3-4 измерения, смещая для этого ноль рулетки и считывая расстояния по оптическим центрирам тахеометра и светоотражательной марки-призмы на штативе.

Разности между расстояниями, измеренными светодальномером и средними значениями из измерений этих же расстояний рулеткой, будут

выражать постоянную поправку K . Расхождения между вычисленными значениями K могут достигать 3-4 мм. Наиболее достоверными будут значения K , полученные на коротких расстояниях, это значение K и надо принять за рабочее.

Пользуясь этим методом, можно определять постоянную поправку K для минипризм, широко используемых в геодезических измерениях.

В этом случае минипризма устанавливается на минимальную высоту вешки (конус) 50мм. Острие конуса устанавливается непосредственно на полотно натянутой рулетки, измеряется расстояние светодальномером. Таких измерений следует выполнить 5-10. Вычислить разности между светодальномерными измерениями расстояний и фактическими – взятыми по рулетке. Среднее значение из этих разностей является постоянной поправкой K для используемой призмы.

Отметим, перед началом измерений круглый уровень, установленный на минипризме, должен быть выверен и отъюстирован.

7. Лазерный указатель створа (направления).

Разделительная линия между зеленым и красным цветом индикатора указателя направления должна совпадать с визирной линией.

Эта поверка выполняется у приборов, имеющих лазерный створоуказатель (серия 50RX).

Для этого в режиме «Установки дальномера» (клавиша ДЛН) нужно установить курсор на излучение СТВОР:

- включить лазерный указатель створа, для этого нажать и удерживать кнопку освещения,
- на расстоянии 20 м от прибора (он установлен и приведен в рабочее состояние) установить на штативе светоотражательную призму и навести при КЛ зрительную трубу на центр призмы,
- установить отсчет по горизонтальному кругу $0^{\circ}00'00''$ (дважды нажать клавишу Уст 0),
- глядя в зрительную трубу, увидим цвет – красный или зеленый, или оба цвета.

Если виден только красный или только зеленый цвет, то требуется юстировка прибора. Для этого надо поворачивать юстировочный винт указателя створа (он находится наверху зрительной трубы у объектива) при красном цвете – по часовой стрелке до момента совпадения разделительной линии с перекрестием сетки; если виден зеленый цвет, то винт надо поворачивать против часовой стрелки до момента совпадения разделительной линии с перекрестием.

Если видны оба цвета, то прибор надо поворачивать микрометрическим винтом горизонтального круга до момента, когда будет виден только один цвет, например, зеленый. Надо снять отсчет по горизонтальному кругу, например, $0^{\circ}06'36''$, затем повернуть прибор в другую сторону пока не

будет виден только красный цвет. Снять отсчет по кругу, например, он будет $359^{\circ}57'06''$, т.е. угол будет равен $2'54''$. Следовательно, разность отсчетов (асимметрия) будет равна $3'42''$, и разделительная линия смещена в зеленый спектр.

Вращая юстировочный винт, надо добиться положения разделительной линии до ее совпадения с перекрестием сетки нитей, затем вновь измерить углы до появления только зеленого и только красного цвета. Разность углов не должна превосходить $1'$. Если разность углов больше $1'$, юстировку следует повторить.

Контрольные вопросы

1. Назовите основные части теодолита 4Т30?
2. Назовите поверки теодолита и порядок их выполнения?
3. Что называется ценой деления лимба?
4. Как берутся отсчёты по штриховому и шкаловому микроскопам?
5. Что называется ценой деления уровня?
6. Что называется визирной осью зрительной трубы?
7. От чего зависит точность визирования трубы?
8. Что называется параллаксом зрительной трубы и как он устраняется?
9. Порядок установки теодолита в рабочее положение.
10. Порядок измерения горизонтального угла способом приёмов.
11. Порядок измерения горизонтального угла способом повторений.
12. Что называют местом нуля (МО) вертикального угла?

5. Теодолитная съемка

5.1. Обработка результатов теодолитной съемки

Получение контурного плана местности с помощью теодолита и мерной ленты (или дальномера) называется теодолитной съемкой. При теодолитной съемке рельеф не изображается. Съемка ведется по принципу от общего к частному, т.е. на местности выбираются и закрепляются опорные точки, определяются их координаты, а с них ведется съемка подробностей. Совокупность таких точек называется съемочной сетью, которая строится в виде теодолитных ходов, представляющих с собой систему ломаных линий, в которых углы измеряются теодолитом, а стороны мерной лентой или дальномером. Теодолитные ходы прокладываются с учетом надежного контроля. Поэтому в районах, где отсутствуют точки геодезической сети или они располагаются близко друг от друга, рекомендуется прокладывать замкнутые полигоны.

Основные требования при проложении теодолитных ходов следующие:

а) Выбирая положение точек теодолитного хода надо стремиться, чтобы вокруг точки была горизонтальная площадка с твердым грунтом, с хорошим обзором соседних точек хода и удобством съемки подробностей.

б) Стороны хода должны находиться на твердых прямых участках местности с углами наклона не более 5 градусов и длиной от 50 до 350 метров.

Теодолитный ход представляет систему ломаных линий на местности, в которых углы измерены теодолитом, а стороны – 20-метровой стальной линейкой.

Исходными данными для вычислений координат вершин теодолитного хода являются горизонтальные углы в вершинах полигона и горизонтальные проложения длин сторон, дирекционный угол стороны ПП10-1 и координаты вершин ПП10 полигона (рис.32). Координаты вершины и дирекционный угол задаются преподавателем.

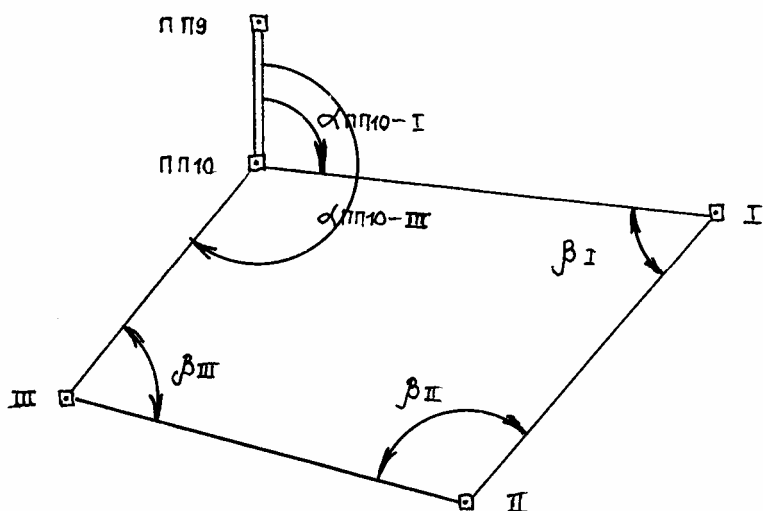


Рис.32. Схема теодолитного хода

Вычисления производятся в специальной ведомости (табл.7) в следующем порядке.

1. В графу 1 ведомости последовательно вписывают наименования точек хода.

2. Выписывают из журнала измерения углов (табл.6) в графу 2 ведомости (табл. 7) средние значения горизонтальных углов.

3. Заносят в графу 5 ведомости значения дирекционного угла стороны ПП10-1 (задаются преподавателем), в графы 15 и 16-значения координат x и y пункта ПП10 (задаются преподавателем) (табл. 8).

4. В графу 8 ведомости выписывают горизонтальные проложения сторон полигона (табл. 7).

Т а б л и ц а 6

Результаты измерений углов и сторон теодолитного хода

Углы		Стороны	
номер вершин теодолитного хода	среднее значение горизонтальных углов и направлений	наименование сторон	горизонтальные проложения, м
I	70°20,5'	I-II	111,96
II	80°59,5'	II-III	93,49
III	94°22,5'	III-ПП10	66,39
ПП10	114°19'	ПП10-I	92,33
На ПП9	0°00'		
На т. I	65°10'		
На т. III	179°29'		
	(179°29' - 65°10' = 114°19')		

Значения горизонтальных проложений длин сторон располагают в строке, которая размещена с наименованием конечных точек стороны.

5. Выполняют оценку точности угловых измерений по замкнутому теодолитному ходу. Для этого:

– подсчитывают сумму $\sum \beta_{\text{пр}}$ измеренных углов по формуле

$$\sum \beta_{\text{пр}} = \beta_{\text{ПП10}} + \beta_{\text{I}} + \beta_{\text{II}} + \beta_{\text{III}}; \quad (22)$$

– вычисляют теоретическую сумму углов $\sum \beta_{\text{т}}$ по формуле

$$\sum \beta_{\text{т}} = 180^\circ(n - 2), \quad (23)$$

где n – число углов в полигоне;

– находят практическую величину невязки f_{β} по формуле

$$f_{\beta} = \sum \beta_{\text{пр}} - \sum \beta_{\text{т}}; \quad (24)$$

$$\begin{array}{rcl}
\alpha_{I-II} = & 214^{\circ}31' & r_{I-II} = \text{ЮЗ:}34^{\circ}31' \\
& + 180^{\circ} & \\
\hline
& 394^{\circ}31' & \\
& - 80^{\circ}59' & \\
\hline
\alpha_{II-III} = & 313^{\circ}32' & r_{II-III} = \text{СЗ:}46^{\circ}28' \\
& + 180^{\circ} & \\
\hline
& 493^{\circ}32' & \\
& - 94^{\circ}22' & \\
\hline
& 399^{\circ}10' & \\
& - 360^{\circ} & \\
\hline
\alpha_{III-III10} = & 39^{\circ}10' & r_{III-III10} = \text{СВ:}39^{\circ}10'
\end{array}$$

Производят контроль вычислений, для чего получают дирекционный угол исходной стороны:

$$\begin{array}{rcl}
\alpha_{III - III10} = & 39^{\circ}10' & \\
& + 180^{\circ} & \\
\hline
& 219^{\circ}10' & \\
& - 114^{\circ}19' & \\
\hline
\alpha_{III10 - I} = & 104^{\circ}51' &
\end{array}$$

Значения вычисленных румбов записаны в графы 6 и 7 табл. 7, против соответствующих дирекционных углов.

Т а б л и ц а 7

Ведомость вычисления координат точек теодолитного хода

Номер точек теодолитного хода	Измеренные углы $\beta_{и}$	Поправки в углы δ_{β}	Уравненные углы $\beta_{ур}$	Дирекционные углы α_{i-k}	Румбы r_{i-k}		Горизонтальное положение линии d_{i-k} , м
					название	величина	
1	2	3	4	5	6	7	8
III10	114°19'	0	114°19'				
				104°51'	ЮВ	75°09'	92,33
I	70°20,5'	-0,5	70°20'				
				214°31'	ЮЗ	34°31'	111,96
II	80°59,5'	-0,5	80°59'				
				313°32'	СЗ	46°28'	93,49
III	94°22'	-0,5	94°22'				
				39°10'	СВ	39°10'	66,32
III10				104°51'			

$$\begin{aligned} \sum \beta_{\text{п}} &= 360^\circ 1,5' & \sum \beta_{\text{ур}} &= 360^\circ 00' & P &= 364,10 \\ \sum \beta_{\text{т}} &= 360^\circ & \sum \beta_{\text{т}} &= 180^\circ (n - 2) \\ f_{\beta} &= +1,5 & f_{\beta} &= \sum \beta_{\text{пр}} - \sum \beta \\ f_{\beta\text{доп}} &= \pm 2 & f_{\beta\text{доп}} &= \pm 1' \sqrt{n} \end{aligned}$$

Таблица 8

Ведомость вычисления координат точек теодолитного хода

Вычисленные приращения координат		Поправки в приращения координат		Исправленные приращения координат		Координаты точек	
$\pm \Delta X_B$, м	$\pm \Delta Y_B$, м	$\pm \delta_x$, м	$\pm \delta_y$, м	$\pm \Delta X_{\text{ур}}$, м	$\pm \Delta Y_{\text{ур}}$, м	X, м	Y, м
9	10	11	12	13	14	15	16
-23,66	+89,25	+0,02	+0,02	-23,64	+89,27	400,00	500,00
-92,25	-63,44	+0,03	+0,02	-92,22	-63,42	376,36	589,27
+64,39	-67,78	+0,03	+0,02	+64,42	-67,76	284,14	525,85
+51,42	+41,89	+0,02	+0,02	+51,44	+41,91	348,56	458,09
						400,00	500,00

$$+151,81 \qquad +131,14 \qquad +115,86 \qquad +131,18$$

$$\Sigma -151,91 \qquad -131,22 \qquad -115,86 \qquad -131,18$$

$$f_x = -0,10 \qquad f_y = -0,08$$

$$f_p = \sqrt{f_x^2 + f_y^2} = 0,13$$

$$f_{\text{отн}} = f_p / P = 0,13 / 364,10 = 1 / 2800 < 1 / 2000$$

8. В ряде случаев полученные дирекционные углы целесообразно перевести в румбы. Зависимость между дирекционными углами и румбами приведена в табл. 9.

Таблица 9

Зависимость между дирекционными углами и румбами.

Знаки приращений координат

Пределы значений дирекционных углов	Четверть	Название румбов	Зависимость между румбами и дирекционными углами	Знаки приращений	
				ΔX	ΔY
0°–90°	I	СВ	$r = \alpha$	+	-
90°–180°	II	ЮВ	$r = 180^\circ - \alpha$	-	+
180°–270°	III	ЮЗ	$r = \alpha - 180^\circ$	-	+
270°–360°	IV	СЗ	$r = 360^\circ - \alpha$	+	-

9. В графе 8 ведомости подсчитывают длину хода

$$P = \sum_1^n d_i.$$

10. По горизонтальным проложениям d линий теодолитного хода и их дирекционным углам α или их румбам r вычисляют приращения координат ΔX и ΔY по формулам:

$$\begin{aligned}\Delta X &= d \cos \alpha = d \cos r; \\ \Delta Y &= d \sin \alpha = d \sin r.\end{aligned}\tag{29}$$

Знаки приращения координат определяют в зависимости от знаков $\sin \alpha$ и $\cos \alpha$ или от названий румбов (см. табл. 8).

Найденные значения приращений записывают в графы 9 и 10 ведомости (см. табл. 8).

11. Выполняют оценку точности линейных измерений.

Вычисляют практическую сумму приращений координат по осям $X - X \sum \Delta X_{\text{пр}}$ и $Y - Y \sum \Delta Y_{\text{пр}}$.

Вычисляют теоретическую сумму приращений координат $\sum \Delta X_{\text{т}}$ и $\sum \Delta Y_{\text{т}}$. В замкнутом теодолитном ходе $\sum \Delta X_{\text{т}} = 0$ и $\sum \Delta Y_{\text{т}} = 0$.

Определяют невязки f_x и f_y в приращениях координат по формулам:

$$\begin{aligned}f_x &= \sum \Delta X_{\text{пр}} - \sum \Delta X_{\text{т}} = \sum \Delta X_{\text{пр}} - 0 = \sum \Delta X_{\text{пр}}; \\ f_y &= \sum \Delta Y_{\text{пр}} - \sum \Delta Y_{\text{т}} = \sum \Delta Y_{\text{пр}} - 0 = \sum \Delta Y_{\text{пр}},\end{aligned}\tag{30}$$

то есть практические суммы приращений координат являются невязками на соответствующие оси.

По значениям f_x и f_y вычисляют абсолютное значение линейной невязки f_p в периметре хода:

$$f_p = \sqrt{f_x^2 + f_y^2}.\tag{31}$$

Вычисляют относительную невязку в периметре теодолитного хода по формуле

$$f_{\text{отн}} = \frac{f_p}{P} = \frac{1}{P/f_p}.\tag{32}$$

Невязка считается допустимой, если она не превышает 1:2000 длины хода.

В предыдущем примере:

$$f_x = 0,10 \text{ м}; f_y = -0,08 \text{ м};$$

$$f_p = \sqrt{0,10^2 + 0,08^2} = 0,14 \text{ м}.$$

В этом случае относительная погрешность $f_p/P = 0,14/364,10 = 1:2600$, что меньше 1:2000.

12. Допустимую невязку в приращениях координат распределяют пропорционально длинам сторон d_i . Для этого определяют поправки по формулам:

$$\begin{aligned}\delta_{xi} &= -\frac{f_x}{P}d_i; \\ \delta_{yi} &= -\frac{f_y}{P}d_i.\end{aligned}\tag{33}$$

Поправки δ_{xi} и δ_{yi} округляют с точностью до 0,01 м и записывают их в графы 11 и 12 ведомости.

В нашем примере при распределении невязки f_x имеем:

$$\delta_{x1} = -(-0,10/364,10) 92,33 = +0,22;$$

$$\delta_{x2} = -(-0,10/364,10) 111,96 = +0,03;$$

$$\delta_{x3} = -(-0,10/364,10) 93,49 = +0,026 \approx +0,03;$$

$$\delta_{x4} = -(-0,10/364,10) 66,32 = +0,018 \approx +0,02.$$

Если сумма поправок с обратным знаком отличается от величины невязки на 0,01 или 0,02 м, то некоторые поправки округляют в нужную сторону.

13. Определяют исправленные приращения координат по формулам:

$$\Delta x_{i\text{исп}} = \Delta x_i + \delta_{xi}; \quad \Delta y_{i\text{исп}} = \Delta y_i + \delta_{yi}.\tag{34}$$

и записывают их в графы 13 и 14 ведомости. Контролем вычисления служит равенство сумм вычислений исправленных приращений координат с их теоретическими значениями. В замкнутом теодолитном ходе эти суммы должны быть равны нулю.

14. По координатам начальной точки (ПП10) и исправленным приращениям вычисляют координаты остальных точек теодолитного хода по формулам:

$$X_{i+1} = X_i + \Delta X_{i\text{исп}}; \quad Y_{i+1} = Y_i + \Delta Y_{i\text{исп}}.\tag{35}$$

Полученные значения координат последовательно выписывают в графы 15 и 16. Контролем правильного вычисления координат точек служит совпадение вычисленных координат точки ПП10 с их исходными значениями.

В нашем примере:

$$X_1 = X_{\text{ПП10}} + \Delta X_{1\text{исп}} = 400,00 - 23,64 = 376,36 \text{ м};$$

$$X_2 = 376,36 - 92,22 = 284,14 \text{ м};$$

Т а б л и ц а 1 0

Журнал тахеометрической съемки

Дата.....
Станция ПП10

$i = 1,45$
 $H_{ст} = 60,00$

Наблюдатели.....
 $S = 1,45 \text{ МО} = 0^{\circ}00'$

№ п/п	Дально- мерные расстоя- ния D , м	Отсчеты по горизон- тальному кругу		Отсчеты по верти- кальному кругу		Углы наклона v	Горизон- тальные проло- жения d , м	Превы- шения h' , м	Высота наведения S , м	$h=h'+i-S$	$H_i=H_{ст}+h$	Примечания
		кп	кп	кп	кп							
		0'	0'	0'	0'							
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	I		0°00'									
1	14,3		151°20'	+	2°12'	+2°12'	14,3	+0,55	1,45	+0,55	60,55	Дорога
2	16,6		259°04'	+	3°02'	+3°02'	16,6	+0,88	->-	+0,88	60,88	Шоссе
3	24,8		302°33'	+	3°13'	+3°13'	24,7	+1,39	->-	+1,39	61,39	Забор
4	45,8		346°30'	+	1°58'				->-			Сад
5	38,4		11°38'	+	1°08'				->-			Рельеф
6	29,8		45°08'	+	3°06'				->-			Дорога
7	65,1		2°20'	+	1°06'				->-			Колодец
8	69,4		15°30'	+	1°05'				->-			Угол дома
9	76,3		32°06'	+	2°06'				->-			Угол забора
10	56,6		30°28'	+	2°16'				->-			Ворота

В журнал тахеометрической съемки из журнала нивелирования точек теодолитного хода выписывают отметки станции $H_{ст}$ с округлением их до сантиметров. Место нуля (МО) вертикального круга определяют заранее и тоже выписывают в журнал съемки.

Обработку журнала тахеометрической съемки производят в следующей последовательности:

1. Вычисляют углы наклона на реечные точки по формулам:

– для теодолита 2Т30

$$v = \text{КЛ} - \text{МО} = \text{МО} - \text{КП};$$

– для теодолита Т30

$$v = \text{КЛ} - \text{МО} = \text{МО} - \text{КП} - 180^\circ.$$

В нашем примере:

$$v_1 = + 2^\circ 12' - 0^\circ 00' = + 2^\circ 12';$$

$$v_2 = + 3^\circ 02' - 0^\circ 00' = + 3^\circ 02'.$$

Вычисленные углы записывают с соответствующими им знаками в графу 7 (см.табл.10).

2. Вычисляют горизонтальные проложения d измеренных дальномерных расстояний D по формуле

$$d = D \cos^2 v. \quad (36)$$

Значения d записывают в журнал (графа 8) с округлением до десятых долей метра. Если угол наклона v меньше 2° , то горизонтальное проложение принимают практически равным измеренному расстоянию D .

3. На микрокалькуляторе последовательно по формулам $h' = \frac{1}{2} D \sin 2v = dtg v$ и $h = h' + i - S$ вычисляют превышения между станцией и пикетными точками. Результаты записывают в графы 9 и 11:

$$h'_1 = 14,3 \cdot \text{tg} 2^\circ 12' = + 0,55 \text{ м};$$

$$h_1 = 0,55 + 1,45 - 1,45 = + 0,55 \text{ м}.$$

4. Обработку журнала завершают вычислением отметок H_i пикетных точек по формуле

$$H_i = H_{ст} + h.$$

Вычисленные значения отметок записывают в графу 12.

В нашем примере:

$$H_1 = 60,00 + 0,55 = 60,55 \text{ м};$$

$$H_2 = 60,00 + 0,88 = 60,88 \text{ м};$$

$$H_3 = 60,00 + 1,39 = 61,39 \text{ м}.$$

Контрольные вопросы

1. Как определить угловую невязку и ее допустимую величину на полигоне?
2. Каков порядок вычисления дирекционных углов сторон теодолитного хода?
3. Каков порядок вычисления приращений координат и как определяют знаки приращения?
4. Как определяют невязку в приращениях координат и ее допустимую величину на полигоне и какое существует правило увязки приращений?
5. Как вычисляют координаты точек теодолитного хода?
6. Как контролируют правильность вычисления приращений в журнале технического нивелирования?
7. Как проверить правильность распределения невязки в нивелирном ходе?
8. Какими способами определяют плановое и высотное положения пикетных точек при тахеометрической съемке?
9. Перечислите последовательность операций при обработке журнала тахеометрической съемки.

5.3. Построение плана теодолитной съемки участка местности

Для составления плана масштаба 1:500 используют координатную сетку со стороной 100 мм.

Для построения небольшого числа квадратов сетки можно воспользоваться измерением и выверенной линейкой или специальным шаблоном.

Схема построения координатной сетки с помощью измерителя и линейки приведена на рис.34.

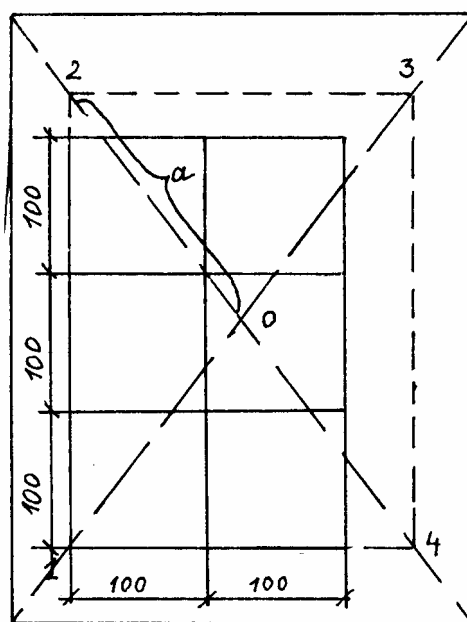


Рис.34. Схема построения сетки квадратов при помощи линейки и циркуля-измерителя

От точки O пересечения диагоналей по всем четырем направлениям откладывают равные отрезки «а» и получают точки 1, 2, 3, 4. Концы отрезков соединяют прямыми линиями, которые образуют прямоугольник 1234, являющийся базой для построения сетки. На сторонах прямоугольника откладывают при помощи измерителя отрезки по 100 мм. Соединив соответствующие точки противоположных сторон прямоугольника, получают сетку квадратов.

Правильность построения сетки контролируют путем сравнения длин сторон или диагоналей квадратов. Погрешность построения не должна превышать $\pm 0,2$ мм.

Построенную одним из описанных способов сетку подписывают по осям X и Y в соответствии с масштабом плана. Для этой цели выбирают начало координат так, чтобы участок местности, подлежащей построению, разместился посередине листа бумаги.

По назначению $X_{\min} = 284$ м (см. табл.8) видим, что линию сетки по оси абсцисс целесообразно подписать, начиная со значения 250 м (рис.35). Далее по оси X координатные линии в масштабе 1:500 подписывают через 50 м. По значению $Y_{\min} = 458$ м определяем, что подписи необходимо начинать со значения 450 м.

Для построения первой точки хода ПП10 с координатами $X_{\text{ПП10}} = 450$ м и $Y_{\text{ПП10}} = 500$ м находят точку пересечения координатных линий.

В этом месте иголкой измерителя делают накол, обводят его кружком и подписывают название точки ПП10.

Для построения второй точки необходимо сначала по координатам определить квадрат сетки, в котором она должна расположиться. Так, точка 1 имеет координаты: $X_1 = 376,40$ м; $Y_1 = 589,22$ м. Следовательно, она находится в квадрате с абсциссами 350 и 400 м и ординатами 550 и 600 м (рис.35). От нижней границы этого квадрата откладывают вверх по его вертикальным сторонам отрезки, равные 26,40 м, отмечая полученные точки тонким наколом иголки измерителя. Приложив к этим точкам линейку, их соединяют. После этого, отложив от линии ординат 550 м по прочерченной линии отрезок, равный 39,22 м, в масштабе плана находят искомую точку 1, которую накалывают и обводят кружочком диаметром 1,5 мм.

Аналогично производят построение всех других точек полигона. Правильность построения точек контролируют, сравнивая расстояния между ними, определенные при помощи измерителя и масштабной линейки в масштабе плана, с соответствующими горизонтальными проложениями, взятыми из графы 8 ведомости вычисления координат (см. табл.7).

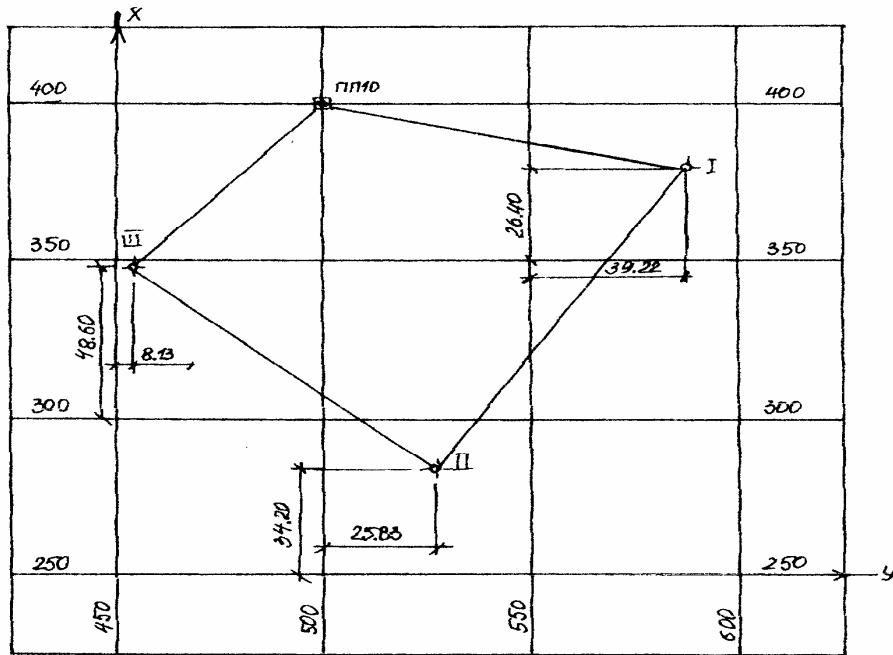


Рис.35. Схема построения точек теодолитного хода

Расхождения в длинах не должны превышать 0,3 мм в масштабе плана. Полученные точки служат для построения ситуации на плане.

Нанесение ситуации и речных точек на план. Построение ситуации на плане осуществляют по абрисам горизонтальной съемки, на которых показаны предметы и контуры местности, а также приведены результаты измерений. Способ построения ситуации на плане соответствует способу съемки.

При теодолитной съемке используют следующие способы определения положения точек на местности.

1. Способ перпендикуляров (прямоугольных координат). При этом способе из определяемой точки местности восстанавливают перпендикуляр до стороны сети, измеряют его длину и расстояние от пункта плановой сети до основания перпендикуляра. Результаты измерений записывают в абрис (рис.36).

По линии I-II теодолитного хода при составлении абриса был использован способ перпендикуляров для привязки границы леса. Отметим, что в способе перпендикуляров все расстояния по стороне плановой сети отсчитывают от начальной точки (в нашем примере от пункта I).

Для построения на плане точек, заснятых этим способом, соединяют тонкой линией точки 1 и 2, с помощью измерителя откладывают от точки 1 в соответствующем масштабе расстояния 8 м; 44,15 м; 62,53 м; 86,00 м.

Для построения точки t на плане по стороне ПП10-1 откладывают в соответствующем масштабе отрезок, равный 10 м, и получают вспомогательную точку l . От точек ПП10 и l с помощью циркуля растворами соответственно 8,83 и 7,22 м в масштабе плана проводят две дуги. Пересечение этих дуг дает положение определяемой точки.

4. Способ угловой засечки. На двух пунктах обоснования теодолитом измеряют углы между стороной сети и направлением на определяемую точку. На рис.36 для съемки колодца (точки p) измерены углы $\beta_{II} = 23^\circ 50'$ на пункте II и $\beta_{III} = 22^\circ 03'$ на пункте III. При построении точки p на плане из пункта II откладывают с помощью транспортира округленное значение угла $\beta_{III} \approx 24^\circ$ и тонкой линией проводят направление на определяемую точку. Аналогичные построения выполняют на пункте III (угол $\beta_{III} = 22^\circ$) и получают второе направление. Пересечение этих направлений определяет положение точки p на плане. Перечисленными способами осуществляют построение всех точек ситуации по абрису (см. рис.36).

Для дальнейшего построения плана следует нанести на него точки тахеометрической съемки. Нанесение на план речных точек производят по горизонтальным (полярным) углам, взятым из графы 4 журнала тахеометрической съемки (см.табл.10), и горизонтальным проложениям (графа 8). Полярные углы откладывают на станции при помощи транспортира. Для этого устанавливают центр транспортира на изображение станции на плане и совмещают нулевое деление транспортира со стороной съемочного обоснования, принятой за полярную ось (рис.37).

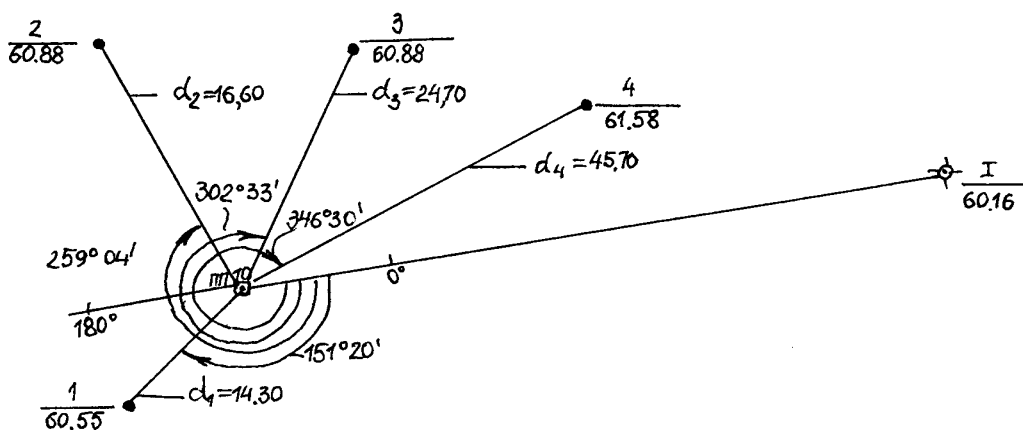


Рис.37. Схема построения и нанесения на план речных точек

Углы откладывают по ходу часовой стрелки и по полученным направлениям от станции отмечают отрезки d по линейке в масштабе плана. У полученных точек подписывают номера и высоты, округляя их до 0,01 м. Для построения ситуации, пользуясь абрисом тахеометрической съемки (см.рис.37), по соответствующим речным точкам на плане

проводят контуры угодий и предметов местности. В нашем примере по точкам 1 и 2 достраивают асфальтовую дорогу; по точкам 3,10,9 – изгородь; по точкам 1,6,10 строят грунтовую дорогу.

Контрольные вопросы

1. Цель теодолитной съёмки?
2. Какие виды теодолитных ходов применяют при теодолитной съёмке?
3. Как привязать теодолитный ход к опорным геодезическим пунктам?
4. В чём сущность съёмки ситуации способом перпендикуляров?
5. Как выполнить съёмку ситуации полярным способом?
6. В чём сущность способов линейных и угловых засечек при съёмке ситуации?
7. Что называется абрисом?
8. Как вычисляется угловая невязка замкнутого теодолитного хода, её допустимость и распределение?
9. Как вычисляется угловая невязка в разомкнутом теодолитном ходе, её допустимость и распределение?
10. В чём заключается контроль правильности вычисления дирекционных углов сторон замкнутого теодолитного хода?
11. Какова сущность прямой и обратной геодезических задач?
12. Какие знаки имеют приращения в зависимости от названия румбов их сторон?
13. Чему равна сумма исправленных приращений координат в разомкнутом теодолитном ходе?
14. Как строится координатная сетка и как контролируется правильность её построения?
15. Как наносятся по координатам на план вершины теодолитных ходов и как контролируется правильность их нанесения?
16. Как наносятся на план точки ситуации, снятые способами: перпендикуляров, полярным, угловой и линейной засечки?

Раздел 2. ВИДЫ И СПОСОБЫ НИВЕЛИРОВАНИЯ. СПОСОБЫ ИЗОБРАЖЕНИЯ РЕЛЬЕФА МЕСТНОСТИ

6. Геометрическое нивелирование поверхности

6.1. Нивелиры и их устройство

Геодезические измерения, в результате которых определяются превышения одной точки относительно другой, называются нивелированием. В зависимости от точности определения превышений геометрическое нивелирование подразделяется на I, II, III, IV классы и техническое.

При решении инженерных задач используется нивелирование II–IV класса точности, а также техническое. Наиболее широко используется нивелирование III и IV класса, техническое, характеризующиеся средними квадратическими погрешностями $m_{III} = 10 \text{ мм}\sqrt{L}$, $m_{IV} = 20 \text{ мм}\sqrt{L}$, $m_{\text{техн}} = 50 \text{ мм}\sqrt{L}$ (где L – длина хода в км), соответственно.

Чем выше класс точности нивелира, тем большее у него увеличение зрительной трубы (32^{\times} , 28^{\times} , 24^{\times}), и тем точнее приведение линии визирования в горизонтальное положение $0,3''$ – $0,8''$ (угол «компенсации»).

Согласно ГОСТу по точности нивелиры делятся на три типа:

1) Н-05 – нивелир высокоточный с оптическим микрометром для определения превышений с погрешностью не более 0,5 мм на 1 км двойного хода; предназначен для нивелирования I и II классов;

2) Н-3 – нивелир точный для определения превышений с погрешностью не более 3 мм на 1 км двойного хода; служит для нивелирования III и IV классов и при инженерно-геодезических изысканиях;

3) Н-10 – нивелир технический для определения превышений с точностью не более 10 мм на 1 км двойного хода; предназначен для нивелирования при обосновании топографических съемок, инженерно-геодезических изысканиях и в строительстве.

По способу установки визирной оси в горизонтальное положение различают два типа нивелиров:

1) нивелиры с уровнем при зрительной трубе (Н-05, Н-3, Н-10);

2) нивелиры с компенсатором (Н-05К, Н-3К, Н-10К).

У нивелиров первого типа зрительная труба и цилиндрический уровень скреплены вместе и могут наклоняться на небольшой угол относительно подставки прибора с помощью элевационного винта; такая конструкция облегчает приведение визирной оси в горизонтальное положение по цилиндрическому уровню. *Главное условие*, предъявляемое к таким нивелирам, – *взаимная параллельность визирной оси VV и оси цилиндрического уровня UU* (рис.38). При соблюдении этого условия визирная ось зритель-

ной трубы 1 займет горизонтальное положение после установки пузырька цилиндрического уровня 2 в нуль-пункт.

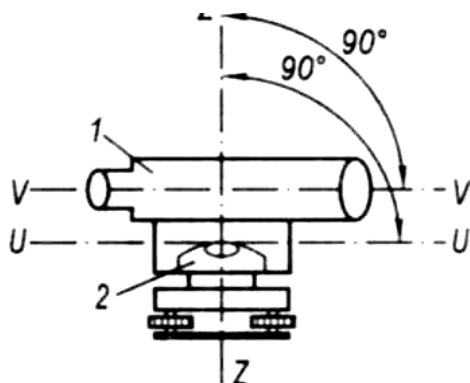


Рис. 38. Принципиальная схема нивелира с уровнем при зрительной трубе

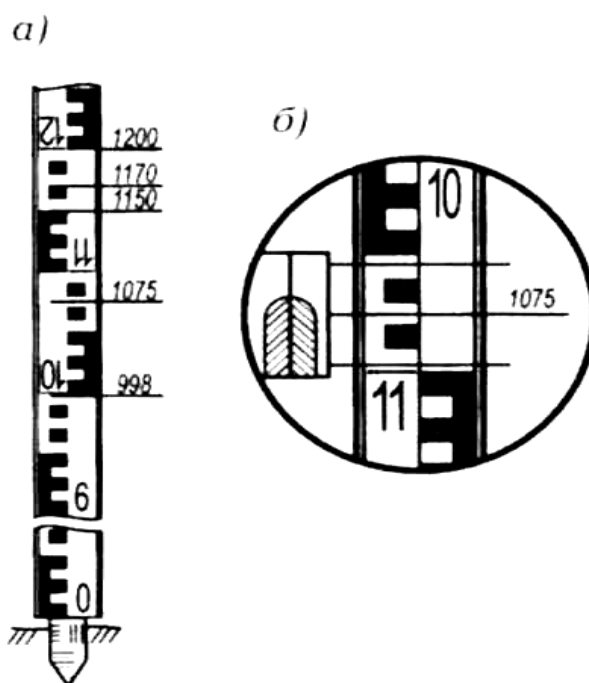


Рис.39. Взятие отсчетов по рейке:
а – вид рейки; б – изображение рейки в поле зрения трубы

У нивелиров с компенсаторами (с самоустанавливающейся линией визирования) приближенная установка оси вращения прибора производится по круглому уровню; после этого в работу включается компенсатор, который автоматически приводит визирную ось в горизонтальное положение. *Главное условие*, предъявляемое к нивелирам данного типа, – *горизонтальность визирной оси в пределах углов стабилизации компенсатора* ($\pm 8 - 25''$). Нивелиры с компенсаторами в последние годы получили широкое распространение в инженерно-геодезической практике, т.к. обеспечивают более высокую производительность труда, особенно при работе на неустойчивых грунтах.

Точные и технические нивелиры могут изготавливаться также с лимбами для измерения горизонтальных углов; при этом в шифре нивелира добавляется буква Л (например, Н-3Л, 2Н-10КЛ).

Выпускаемые предприятием УОМЗ по ГОСТ 10528–90 нивелиры 4Н-2КЛ, 4Н-3КЛ, 3Н-5Л отличаются более современной конструкцией и повышенными требованиями к точности определения превышений.

Нивелиры с уровнем при зрительной трубе. Из приборов данного типа рассмотрим нивелиры Н-3 и Н-10, получившие широкое распространение в геодезической практике.

Точный нивелир Н-3 служит для нивелирования III и IV классов и используется также для производства технического нивелирования. Он состоит (рис. 40, а, б) из двух основных частей: верхней подвижной и нижней, представляющей собой *подставку 3* с тремя *подъемными винтами 2* и *пружинящей пластиной 1*. Через втулку пластины проходит *становой винт*, с помощью которого нивелир закрепляется на штативе. Верхняя часть нивелира состоит из *зрительной трубы 7*, с которой жестко связан контактный *цилиндрический уровень 4* с ценой деления 15" и призмменное устройство, передающее изображение концов пузырька уровня в поле зрения трубы (см. рис. 40,б). Это позволяет одновременно наблюдать за рейкой и уровнем. Зрительная труба с внутренним фокусированием состоит из объектива 5 и окуляра 8; имеет увеличение 30,5'; фокусирование трубы осуществляется *кремальерой 11*.

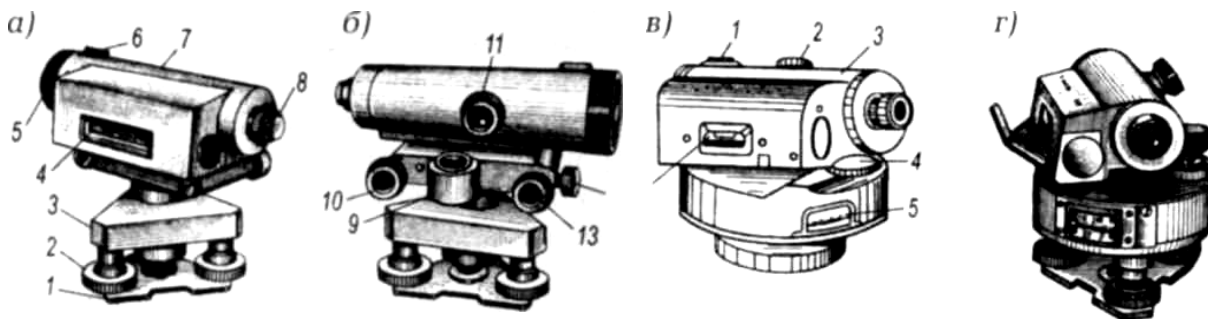


Рис. 40. Нивелиры с уровнем при зрительной трубе: точный нивелир Н-3: а – вид слева; б – вид справа; технические нивелиры: в – Н-10Л; г – 2Н-10Л

Для юстировки цилиндрического уровня в корпусе со стороны окуляра имеются четыре юстировочных (исправительных) винта, закрытых крышкой. Для грубого наведения прибора на рейку на корпусе зрительной трубы имеется *мушка 6*; точное наведение осуществляется *наводящим винтом 13* при зажатом положении *закрепительного винта 12*.

Предварительную установку нивелира в рабочее положение проводят по *круглому уровню 9* путем вращения подъемных винтов. Точное приведение визирной оси трубы в горизонтальное положение выполняют с по-

мощью *элевационного винта* 10, совмещая изображения концов пузырька уровня.

Современная модификация точного нивелира 2Н-3Л отличается от нивелира Н-3 наличием наводящего винта бесконечной наводки и лимба для измерения горизонтальных углов с точностью отсчитывания по нониусу $0,1^\circ$, зрительной трубой прямого изображения и рядом других технических новшеств.

Технический нивелир Н-10Л предназначен для технического нивелирования. Он состоит (рис. 40, в) из вращающейся части со зрительной трубой 3 и неподвижной части с горизонтальным кругом 5, закрепляемой на шаровой пяте штатива становым винтом. Зрительная труба с внутренним фокусированием, осуществляемым кремальерой 2, имеет увеличение 23'. Со зрительной трубой жестко скреплен контактный цилиндрический уровень 6 с ценой деления $45''$, изображение которого, как и у нивелира Н-3, передается в поле зрения трубы. Предварительная установка нивелира выполняется по круглому уровню путем наклона прибора с помощью рукоятки станового винта. Точное совмещение изображения концов цилиндрического уровня осуществляется при помощи элевационного винта 4. Нивелир не имеет обычных закрепительного (зажимного) и наводящего (микрометренного) винтов. Наведение на рейку выполняется вращением трубы от руки по мушке 1, укрепленной на корпусе зрительной трубы. Для измерения горизонтальных углов нивелир снабжен горизонтальным кругом с ценой деления лимба 1° ; отсчеты берутся по индексу, расположенному в окне алидады, с точностью $0,1^\circ$. Малая масса (1,0 кг), компактность и наличие горизонтального круга обеспечивают широкое применение нивелира в геодезических работах на строительных площадках, при изыскании трасс, а также при развитии высотного обоснования крупномасштабных топографических съемок.

У нивелира 2Н-10Л (рис. 40, г) основанием служит подставка с тремя подъемными винтами (вместо шаровой пяты нивелира Н-10Л).

Модификация технического нивелира 3Н-5Л отличается более совершенной конструкцией, оптимальным расположением уровней и рукояток управления и более удобна в эксплуатации. Нивелир обеспечивает точность определения превышений не более 5 мм на 1 км двойного хода.

В настоящее время на практике получили широкое распространение **нивелиры с компенсаторами**. Использование компенсаторов позволяет исключить трудоемкий процесс приведения пузырька цилиндрического уровня в нуль-пункт, что повышает производительность труда при нивелировании примерно на 60 %.

Точный нивелир Н-3К (рис. 41, а) имеет самоустанавливающуюся линию визирования. Приближенное горизонтирование нивелира осуществляется по круглому уровню 1 с помощью подъемных винтов, имеющих

укрупненный шаг резьбы. Для юстировки линии визирования (при проверке основного геометрического условия) в оправе сетки нитей имеются два юстировочных винта, позволяющие перемещать сетку нитей в вертикальном направлении. При грубом наведении на рейку зрительная труба достаточно легко поворачивается рукой и фиксируется в нужном положении без зажимного винта.

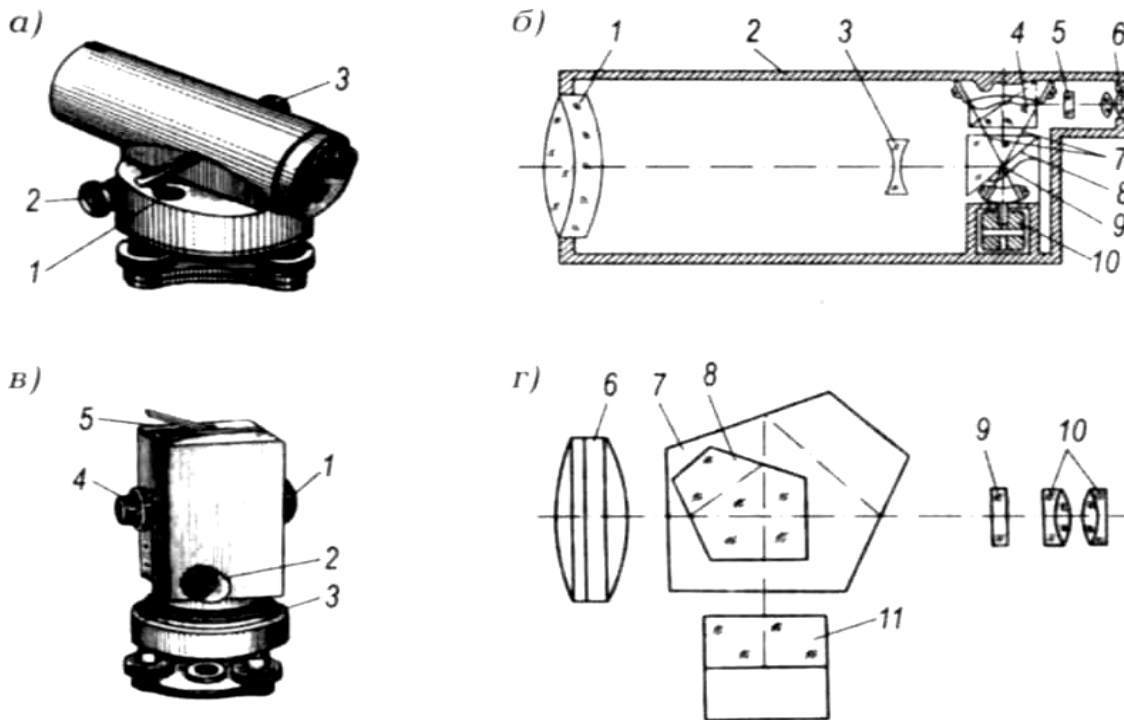


Рис. 41. Нивелиры с компенсаторами: точный нивелир Н-ЗК: а – общий вид; б – оптическая схема компенсатора; технический нивелир Н-10КЛ; в – общий вид; г – оптическая схема компенсатора

Точное наведение трубы осуществляется вращением одной из двух головок 2 бесконечного наводящего винта. Закрепительного винта нивелир не имеет. Фокусирование зрительной трубы осуществляется кремальерой 3. Увеличение зрительной трубы составляет 30х. Труба нивелира перископическая, поэтому *высота прибора должна измеряться относительно оптического центра объектива.*

Нивелир снабжен призмным компенсатором оптико-механического типа, который обеспечивает автоматическую установку линии визирования в горизонтальное положение с точностью 0,5" при углах наклона оси зрительной трубы в пределах $\pm 15'$. Оптическая схема прибора приведена на рис. 41, б. Между объективом 1 с фокусирующей линзой 3 и сеткой нитей 5 с окуляром 6 размещены подвешенная на скрещивающихся стальных нитях 8 призма 7 (чувствительный элемент компенсатора) и скрепленная с корпусом зрительной трубы 2 призма 4. Нити подвески скрещиваются в центре тяжести 9. Гашение колебаний подвесного устройства компенсатора обеспечивается воздушным демпфером 10 поршневого типа. Геометрические

параметры оптической схемы зрительной трубы подобраны таким образом, что при наклоне трубы на некоторый угол произойдет его компенсация, т. е. визирный луч вновь займет горизонтальное положение.

Нивелир 2Н-3КЛ имеет горизонтальный круг; его компенсатор работает при углах наклона оси вращения прибора в пределах $\pm 25'$, точность установки визирной оси в горизонтальное положение $0,2''$.

Нивелир 4Н-2КЛ последней модификации может быть оснащен насадкой НОМ (оптическим микрометром), что позволяет повысить точность определения превышений до 1 мм на 1 км двойного хода.

Технический нивелир 2Н-10КЛ – прибор с самоустанавливающейся линией визирования. Зрительная труба нивелира 1–4 прямого изображения, включая компенсатор и другие оптические детали, заключена в термоизоляционный кожух. Нивелир имеет горизонтальный круг 3 с ценой деления лимба 1° ; точность отсчета по индексу составляет $0,1^\circ$.

Нивелир не имеет наводящего винта, зрительную трубу наводят на рейку вращением верхней части прибора рукой. Предварительная установка нивелира осуществляется подъемными винтами по круглому уровню 5 с ценой деления $10'$. Для исправления положения визирной оси имеются юстировочные винты сетки нитей.

Призмный компенсатор нивелира обеспечивает установку визирной оси в горизонтальное положение при наклоне подставки в пределах $\pm 20'$ с точностью до $1''$. Оптическая схема зрительной трубы нивелира приведена на рис. 110, г. Луч света через объектив 6 попадает на отражающие грани большой пентапризмы 7, изменяя его направление на 90° , после чего поступает на чувствительный элемент 11 компенсатора маятникового типа. Претерпев в призме 7 двукратное отражение, луч попадает в малую пентапризму 8, которая, изменив его направление еще раз на 90° , направляет в систему линз окуляра 9, 10. Пентапризмы укреплены неподвижно, прямоугольная призма, заключенная в подвижную раму, подвешена на двух подшипниках. Фокусировка зрительной трубы осуществляется перемещением призмы 8 в вертикальной плоскости при помощи кремальеры 2.

6.2. Поверки и юстировки нивелиров

Перед началом геодезических измерений нивелир необходимо поверить и если надо – отъюстировать. Но прежде всего следует проверить исправность штатива. Он должен быть устойчив, т.е. не иметь люфта в головке штатива и в наконечниках ножек штатива. Недостатки устраняются подтяжкой болтов, скрепляющих элементы штатива. Стоит убедиться в функциональности зажимных винтов ножек штатива.

Нивелир закрепляется становым винтом на головке надежно установленного штатива. Подъемными винтами подставки пузырек круглого уровня приводится в нуль-пункт. Если штатив имеет сферическую головку,

то надо слегка ослабить становой винт и, перемещая руками прибор по головке, добиться, чтобы пузырек уровня был близок к центру. Далее закрепить становой винт и при помощи подъемных винтов подставки привести пузырек уровня в центр.

Нивелир должен удовлетворять следующим геометрическим условиям:

1. Ось круглого уровня должна быть отвесной и параллельной оси вращения прибора.

Для проверки этого условия надо взять отчет по горизонтальному кругу нивелира и повернуть его на 180° . Если пузырек останется в центре, то условие выполнено. В противном случае его надо переместить на половину дуги отклонения к центру подъемными винтами подставки, а на другую, т.е. в центр, переместить юстировочными винтами уровня. Вновь повернуть прибор на 180° . Если пузырек уйдет из центра, юстировку надо повторить. В результате после завершения юстировки пузырек уровня должен остаться в центре при любом положении зрительной трубы. Далее следует отфокусировать окуляр до резкого изображения сетки нитей, вращая окулярное кольцо. Навести зрительную трубу на рейку и убедиться в отсутствии параллакса. Параллакс отсутствует в том случае, когда изображение рейки и сетки нитей остаются неподвижными относительно друг друга при изменении положения глаза наблюдателя относительно окуляра. Если параллакс имеется, его надо устранить фокусировкой зрительной трубы. При невозможности его устранения прибор подлежит ремонту в мастерской. Параллакс может привести к большим ошибкам в измерениях!

2. Проверка работы компенсатора

Навести зрительную трубу на рейку, взять отсчет по рейке. Слегка стукнуть пальцем по корпусу прибора или ножкам штатива, не отрывая глаз от зрительной трубы. Нить сетки должна качнуться и вновь вернуться на место (на прежний отсчет). Это указывает, что компенсатор работает. Или, глядя в зрительную трубу, взять по рейке отсчет, затем повернуть подъемный винт подставки на $1/8$ оборота. При этом нить должна качнуться, а затем встать на прежнее место (на прежний отсчет) – компенсатор работает. Если отсчет по рейке изменился, т.е. нить не заняла прежнее место, компенсатор не работает. Убедиться в этом еще раз, повторив контроль. Прибор надо сдать в ремонтную мастерскую. Работу компенсатора следует проверять каждый раз перед началом измерений.

3. Вертикальная нить сетки должна быть отвесной и параллельной оси вращения нивелира, а горизонтальная – перпендикулярна к ней.

На расстоянии 15–20 м от нивелира подвешивается тяжелый отвес и вверху поля зрения трубы нить сетки совмещается с нитью отвеса. Если внизу поля зрения трубы нить совпадет с отвесом – условие выполнено. Если имеется несовпадение более 0,5 мм, необходима юстировка. Для этого надо: снять защитный кожух юстировочных винтов сетки, ослабить

4 винта, скрепляющих обойму сетки с корпусом трубы, и, вращая сетку вокруг визирной линии (под винтами имеются вырезы в обойме сетки), совместить нить сетки с нитью отвеса. Винты аккуратно закрепить. Навести зрительную трубу на рейку, например в левый край поля зрения трубы, и взять отсчет. Затем перевести изображение рейки в правый край поля зрения, взять отсчет по рейке. Отсчеты должны быть одинаковы (перпендикулярность нити гарантируется заводом изготовителем).

Горизонтальная нить сетки должна быть перпендикулярна к вертикальной нити, а вертикальный штрих – параллелен оси вращения нивелира.

Перпендикулярность горизонтального и вертикального штрихов сетки нитей гарантируется заводом-изготовителем. Поэтому поверка этого условия может быть выполнена различными способами.

I способ. На расстоянии 20–25 м от нивелира подвешивают отвес (рис. 42, а). По круглому уровню тщательно приводят ось вращения нивелира в отвесное положение. Зрительной трубой визируют на отвес и совмещают один из концов вертикального штриха сетки с нитью отвеса. Если другой конец вертикального штриха отходит от нити отвеса более чем на 0,5 мм, то проводят исправление положения сетки нитей.

II способ. Нивелир наводят на рейку так, чтобы ее изображение в трубе оказалось в левой части поля зрения (рис. 42, б, позиция 1), и берут отсчет по горизонтальной нити сетки. Поворотом нивелира переводят изображение рейки в правую часть поля зрения трубы (рис. 42, б, позиция 2) и вновь берут отсчет по рейке. Взятые отсчеты не должны различаться более чем на 1 мм.

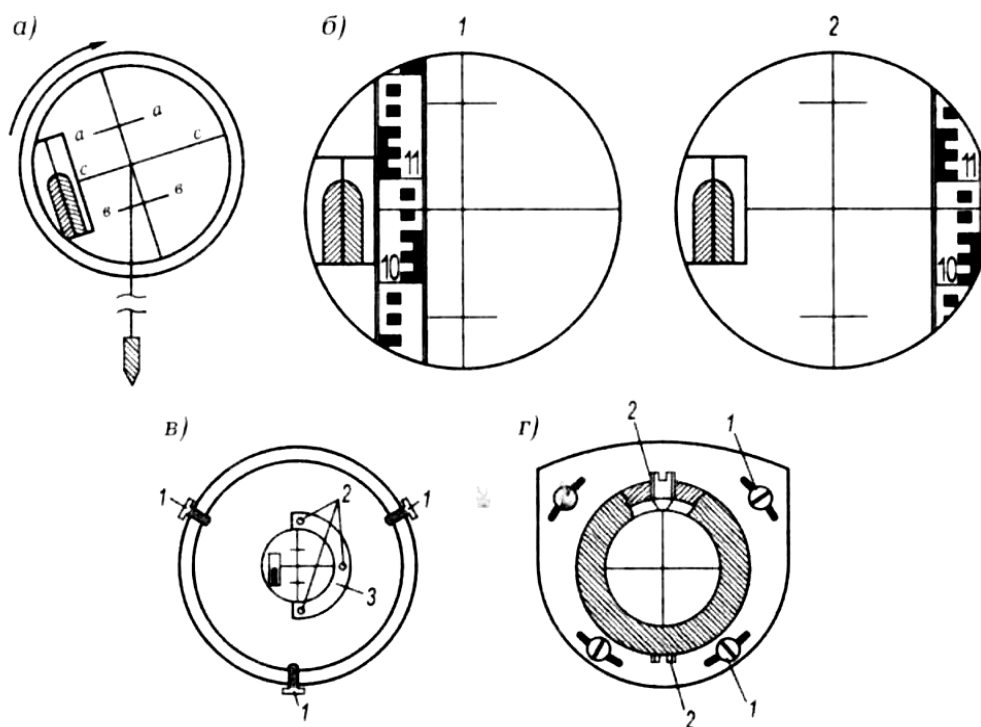


Рис. 42. Схема поверки сетки нитей нивелира

У нивелира Н-3 доступ к сетке нитей возможен только после отделения окулярной части от корпуса зрительной трубы, для чего предварительно вывинчивают крепежные винты 1 (рис.42, в). Затем ослабляют винты 2 секторной пластинки 3, несущей сетку нитей, и поворачивают ее в нужную сторону за счет люфта в отверстиях винтов. Проверяют правильность исправления сетки нитей и после этого завинчивают все винты.

У нивелиров с компенсатором (Н-3К, Н-10К) исправление положения сетки нитей выполняют поворотом оправы сетки совместно с корпусом окулярного колена. Для этого с окулярной части трубы снимают защитный колпачок, закрывающий крепежные винты 1 окуляра 2, и ослабляют крепежные винты 2 сетки нитей (рис.43,г); сетку поворачивают, горизонтируя среднюю нить. Затем винты вновь закрепляют и повторяют проверку.

4. Визирная линия нивелира должна быть горизонтальной

Эта проверка носит название – проверка главного условия нивелира. Невыполнение условия приводит к погрешности, называемой (обозначаемой) x . Проверку можно выполнить двумя методами.

1. Нивелирование из середины

На местности закрепляются две точки на расстоянии примерно 50-70 м. Нивелир устанавливается точно посередине между указанными ранее точками ($\pm 10-20$ см). Берутся отчеты по рейке a_1 и b_1 (рис. 43), вычисляется превышение между точками A и B

$$h = a_1 - b_1. \quad (37)$$

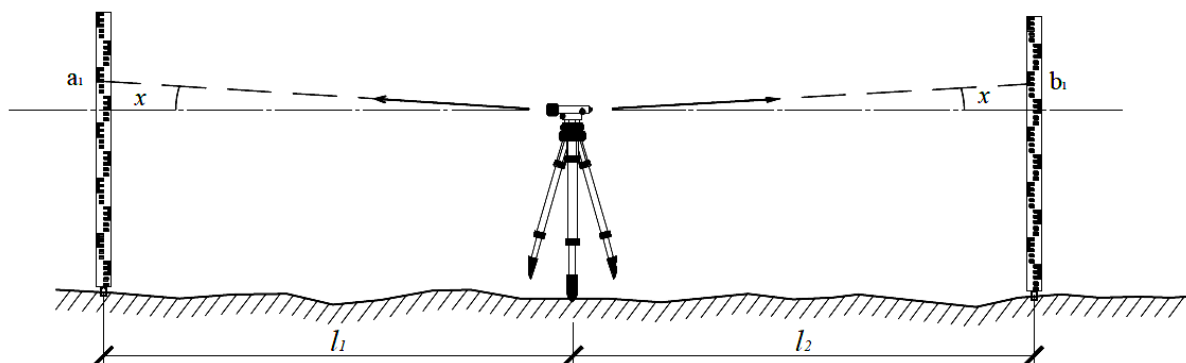


Рис. 43. Схема проверки главного геометрического условия нивелира способом «из середины»

Здесь значение h безошибочно, так как отклонение x визирной линии от горизонта одинаково на заднюю и переднюю рейки. Следовательно, при разности отсчетов оно исключается.

Затем нивелир переставляется из середины к точке A (рис.44) с учетом возможности взятия отсчета по рейке (≈ 2 м). Берутся отсчеты по рейке a_2 и b_2 .

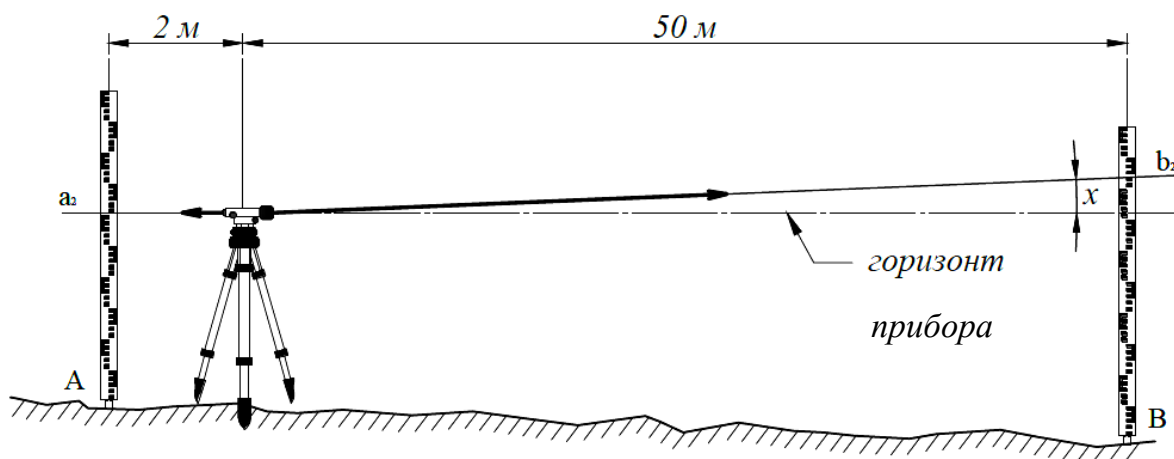


Рис.44. Схема проверки главного геометрического условия нивелира

Отсчет a_2 будет практически безошибочным из-за негоризонтальности визирной линии нивелира, т.к. он близко расположен к рейке, а b_2 будет содержать составляющую x . Следовательно, можно вычислить отсчет b_2' по рейке свободный от значения x (38), а также и x (39)

$$b_2' = a_2^2 - h, \quad (38)$$

$$x = b_2 - b_2'. \quad (39)$$

Если значение $x \leq 3$ мм юстировка не требуется.

В противном случае надо снять защитный кожух юстировочного винта компенсатора (винтов сетки) и при помощи шпильки (отвертки) установить отсчет b_2' по рейке, перемещая сетку нетей. Проверку повторить после юстировки.

2. Двойное нивелирование вперед

Этот метод имеет преимущество над рассмотренным выше методом вследствие его корректности. Здесь нивелир устанавливается так, чтобы проекция окуляра зрительной трубы совпадала с точкой A (рис.45). Берется отсчет (a_1) по рейке, установленной на точке B . Измеряется высота прибора над точкой A при помощи рулетки или рейки до середины окуляра. Это можно сделать, наблюдая рулетку или рейку через объектив зрительной трубы и беря отсчет i_1 по центру поля зрения с точностью до 1 мм. Вычисляется превышение между точками A и B :

$$h = (a_1 - x) - i_1. \quad (40)$$

Далее нивелир устанавливается в точке B аналогично точке A . Берется отсчет (a_2) по рейке, установленной в точке A . Измеряется высота прибора i_2 (рис.46) с точностью до 1 мм. Вычисляется превышение:

$$h = i_2 - (a_2 - x). \quad (41)$$

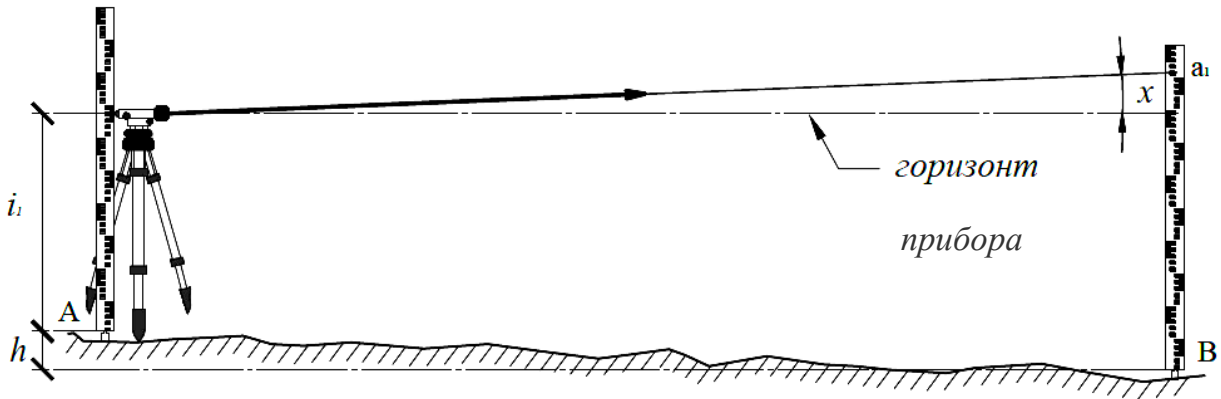


Рис.45. Схема двойного нивелирования

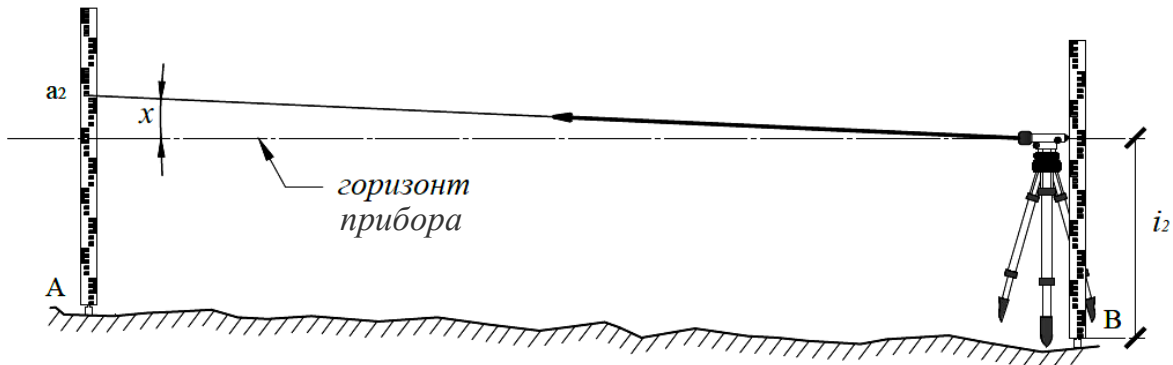


Рис.46. Схема двойного нивелирования

Приравняем выражения (40) и (41), и преобразуем равенство

$$(a_1 - x) - i_1 = i_2 - (a_2 - x), \quad (42)$$

$$a_1 - x - i_1 = i_2 - a_2 + x, \quad (43)$$

$$\frac{a_1 + a_2}{2} - \frac{i_1 + i_2}{2} = x.$$

Таким образом, если вычисленное значение x как разность полусуммы отсчетов по рейкам в точках A и B и полусуммы высот нивелира в этих точках при нивелировании вперед (8) не превосходит 3 мм, юстировка не требуется. В противном случае вычисляется значение отсчета a_2' свободное от x ($a_2' = a_2 - x$), и крест сетки нитей перемещается юстировочным винтом компенсатора (винтами сетки) на безошибочный отсчет a_2' . После юстировки проверка повторяется. Здесь (винтами сетки) – относится к нивелиру с цилиндрическим уровнем при зрительной трубе.

Отметим, при выполнении проверки главного условия нивелира отсчеты берутся по вертикально установленным рейкам в точках A и B по круглому уровню. При отсутствии уровня на рейке ее необходимо качать в направлении нивелира и от него, пересекая вертикаль. Берется минимальное значение отсчета по рейке, что соответствует ее вертикальному положению.

Рейка должна устанавливаться на полусферическую головку закрепленных точек.

Проверка главного условия нивелира выполняется периодически, но обязательно – если прибор подвергся тряске при его транспортировке или переносе, а также при большом перепаде температуры окружающей среды (осень-зима, зима-весна). В последнем случае меняется упругость возвратной пружины юстировочного винта компенсатора, что приводит к изменению значения “х”.

Цифровой (электронный) нивелир перед началом измерений также необходимо поверить и, если надо, отъюстировать. Проверки следует начать с круглого уровня. Они выполняются аналогично поверкам для оптических нивелиров. Затем надо поверить положение креста сетки нитей: сначала – вертикальность нити, далее – положение горизонтальной нити. Вертикальность проверяется по отвесу, подвешенному в 15-20 м от прибора. При несовпадении вертикальной нити креста с нитью отвеса надо ослабить 4 винта, скрепляющих обойму креста сетки с корпусом зрительной трубы (предварительно снять защитный кожух сетки нитей), повернуть обойму вокруг визирной линии до совпадения с отвесом и закрепить винты.

Положение горизонтальной нити проверяется взятием отсчета по кодовой стороне рейки, установленной в 20 м от прибора, а затем по сантиметровой стороне рейки. Если разность отсчетов более 2 мм, крест сетки надо переместить вертикальными юстировочными винтами сетки до совпадения кодового отсчета с отсчетом по сантиметровой стороне рейки. Если кодовый отсчет меньше, то сетку надо переместить вверх, ослабив верхний юстировочный винт и подтянув нижний винт.

Далее проверяется *главное условие нивелира – линия визирования должна быть горизонтальной*. Проверка выполняется аналогично изложенным ранее процессам (например, нивелированием из середины и расположением прибора вблизи или за задней рейкой в 3 м). Юстировка выполняется вращением юстировочного винта компенсатора.

6.3. Измерение превышений и вычисление отметок.

Способы нивелирования

Работа с нивелиром на станции. Перед выполнением измерений необходимо усвоить следующие понятия и правила: **станцией** называется точка, на которой устанавливается прибор и производится нивелирование; **отметкой** называется числовое значение высоты точки. Отметки бывают: **абсолютные** – расстояние по отвесной линии от точки до урвенной поверхности земли; **относительные**, или **условные** – расстояние по отвесной линии от точки до заданной или произвольно взятой урвенной поверхности. На каждой станции одна из нивелируемых точек обязательно должна быть с известной отметкой. Нивелируемые точки на

станции: **задняя** – точка с известной отметкой, **передняя** – точка, отметка которой определяется и которая на следующей станции будет задней; **промежуточные** – точки, отметки которых определяются и число которых на каждой станции может быть неограниченным. **Связующими** называются точки, на которые берутся отсчеты с двух соседних станций (на предыдущей – передний, на последующей – задний отсчеты), а также **начальная** и **конечная** точки нивелируемого участка. Рейки и отсчеты по ним соответственно называются: **задними**, **передними** и **промежуточными**. **Икс-точками** называются дополнительные связующие точки, устанавливаемые при нивелировании крутых склонов.

Отметки вычисляют по превышениям или горизонту инструмента.

Превышением называется разность высот двух точек: оно равно разности отсчетов по задней (Z) и передней (P) рейкам (рис.47).

Отметка передней точки равна сумме отметки задней точки и превышения со своим знаком.

Горизонтом прибора называется отметка линии визирования. Он равен сумме отметки задней точки и отсчета по задней рейке, снятого по черной стороне рейки.

При определении превышений между точками A и B устанавливают нивелир примерно посередине (см. рис.47) и приводят прибор в рабочее положение.

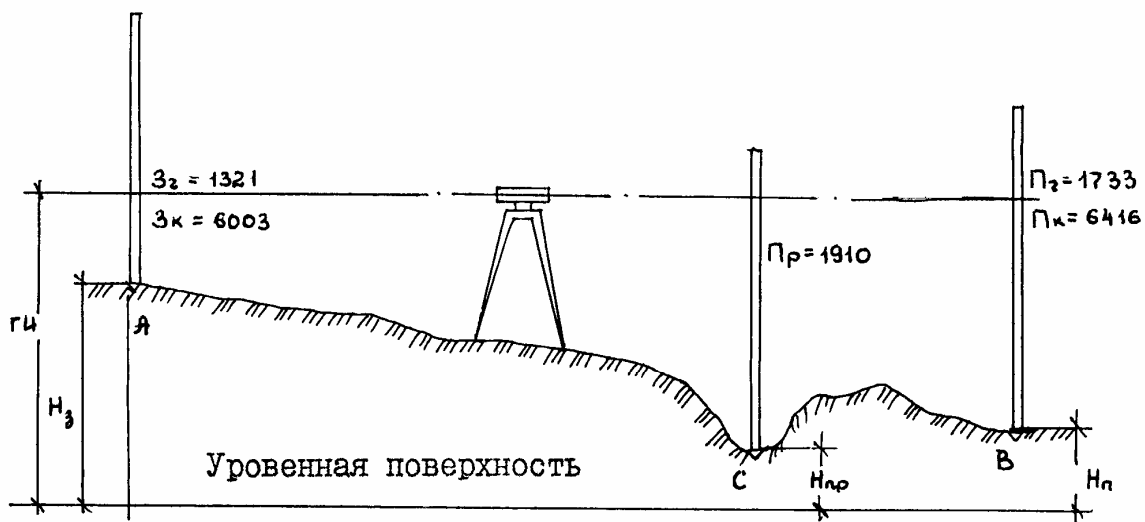


Рис.47. Схема работы с нивелиром на станции

Отсчеты по рейкам на связующих точках A и B при нивелировании из середины берут (после установки цилиндрического уровня в нуль-пункт) в таком порядке: по черной стороне задней рейки $Z_ч = 1321$; по черной стороне передней рейки $P_ч = 1733$; по красной стороне передней рейки $P_к = 6416$; по красной стороне задней рейки $Z_к = 6003$. После взятия отсче-

тов вычисляют превышения между связующими точками по черной и красной сторонам реек:

$$h_{\text{ч}} = Z_{\text{ч}} - П_{\text{ч}};$$

$$h_{\text{ч}} = 1321 - 1733 = -0412 \text{ мм};$$

$$h_{\text{к}} = Z_{\text{к}} - П_{\text{к}};$$

$$h_{\text{к}} = 6003 - 6416 = -0409 \text{ мм}.$$

Расхождения в превышениях, найденных по черной и красной сторонам реек, не должны превышать 5 мм. После вычисления $h_{\text{ч}}$ и $h_{\text{к}}$ определяют среднее превышение:

$$h_{\text{ср}} = \frac{h_{\text{ч}} + h_{\text{к}}}{2}.$$

Для определения превышений между связующими точками берут отсчет по рейкам на промежуточные точки $П_{\text{р}} = 1910$ только по черной стороне реек.

Результаты работы с нивелиром на станции записывают в журнал технического нивелирования (табл.11).

Т а б л и ц а 11

Журнал технического нивелирования

Номер станции	Наблюдаемые точки	Результаты по рейкам, мм			Превышения, мм		Горизонт прибора (ГП), м	Отметки, м
		задние	передние	промежуточные	вычисленные	средние		
	<i>A</i>	1321					121,621	120,300
		6008			-0412			
II	<i>B</i>		1733		-0408	-0410		119,810
			6416					
	<i>C</i>			1910				119,711

Зная превышения между задней и передней точками, определяют отметку передней точки по формуле

$$H_{\text{п}} = H_{\text{з}} + h_{\text{ср}};$$

$$H_{\text{п}} = 120,300 + (-0,410) = 119,890 \text{ м}.$$

Отметку промежуточной точки *C* вычисляют через горизонт прибора (ГП), который определяют по формуле

$$\text{ГП} = H_{\text{з}} + Z_{\text{ч}};$$

$$\text{ГП} = 120,300 + 1,321 = 121,621 \text{ м}.$$

Тогда отметку промежуточной точки $H_{пр}$ находят по формуле

$$H_{пр} = ГП - П_p;$$

$$H_{пр} = 121,621 - 1,910 = 119,711 \text{ м.}$$

Существует два способа геометрического нивелирования: нивелирование вперед и нивелирование из середины.

При нивелировании вперед нивелир устанавливается над точкой с известной абсолютной отметкой (репером).

Измеряется высота прибора i (рис.48). Рейка устанавливается над точкой, отметку которой необходимо определить. Нивелир наводится на рейку и берется отсчет b . Превышение h находится по формуле: $h = i - b$. Абсолютная отметка точки В находится по формуле: $H_B = H_{Pп} + h$ (рис.48).

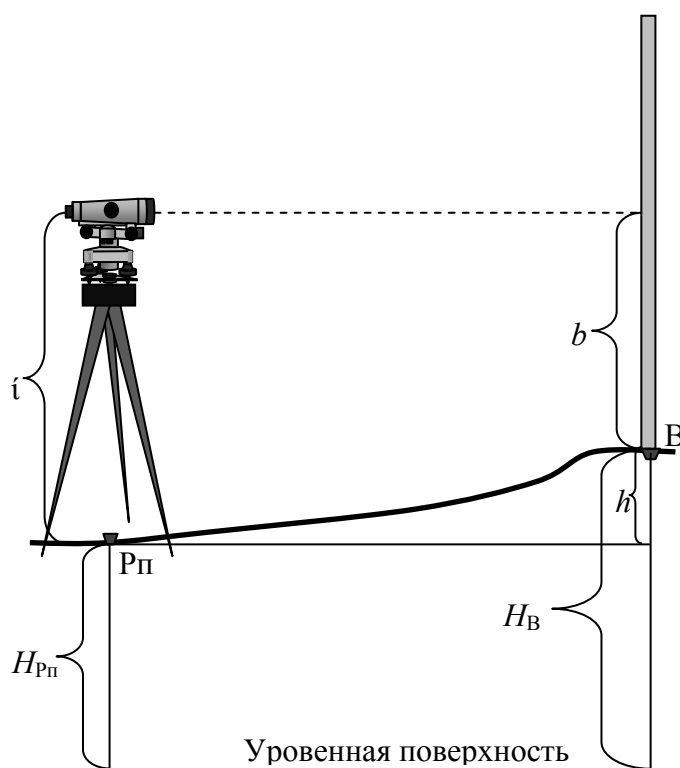


Рис. 48. Схема нивелирования способом вперед

Недостатком способа нивелирования вперед является необходимость измерения высоты инструмента, а также учета поправок за кривизну земли и рефракцию света.

Нивелирование из середины, является наиболее применяемым способом геометрического нивелирования, которое производится горизонтальным лучом визирования, параллельным уровенной поверхности (рис. 49). При этом способе, нивелир устанавливается между двумя точками, примерно на равном расстоянии от них. Известна абсолютная отметка т. А: H_A (рис.49). Нивелир приводится в рабочее положение и наводится на заднюю

рейку. Берется отсчет ($a_{ч}$) по черной стороне рейки, этот отсчет называется взгляд назад. Поворачиваем рейку и берем отсчет по красной стороне, получаем отсчет ($a_{кр}$). Переводим нивелир на рейку, установленную на точке B и берем отсчеты по черной ($b_{ч}$) и красной ($b_{кр}$) сторонам рейки. Эти отсчеты называются взгляд вперед. Как видно из рис. 49, превышение между точками A и B равно: $h = a - b$, т.е. взгляд назад минус взгляд вперед. Для предотвращения ошибок, вычисляем среднее превышение, между разницей отсчетов по черным и красным сторонам реек. Разница между двумя значениями h , не должна превышать 5 мм:

$$h_1 = a_{ч} - b_{ч},$$

$$h_2 = a_{кр} - b_{кр},$$

$$h_{ср} = (h_1 + h_2)/2.$$

Отметка точки B равна $H_B = H_A + h_{ср}$.

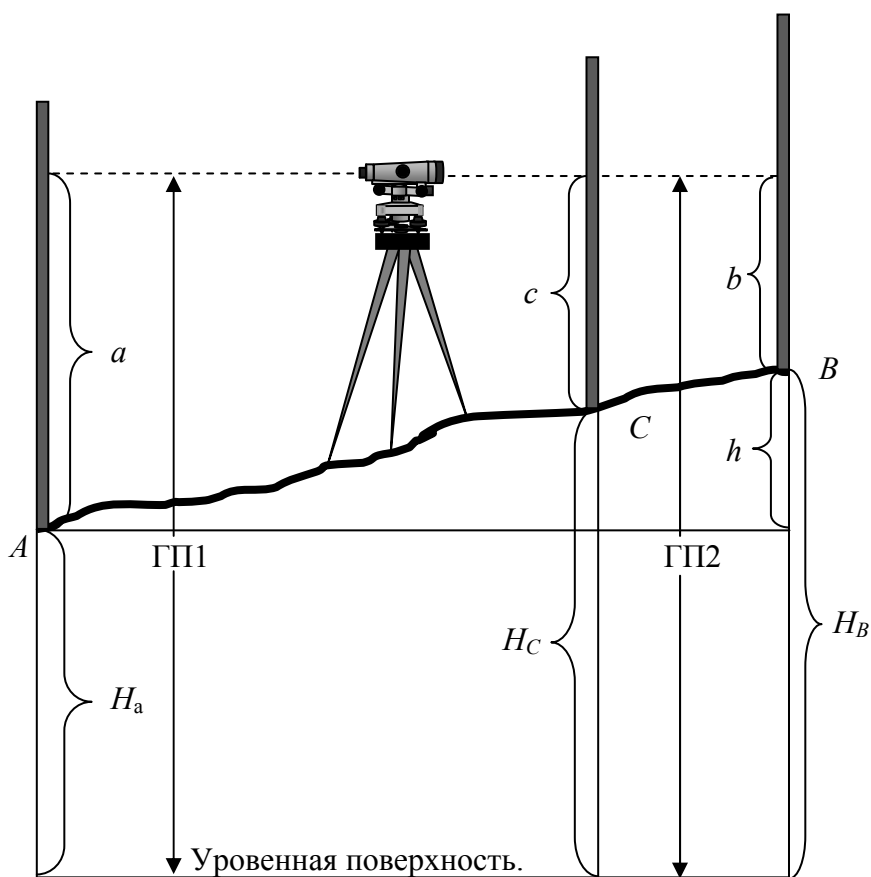


Рис. 49. Схема геометрического нивелирования способом из середины

6.4. Лазерные нивелиры

Повышение требований к точности и оперативности высотных геодезических измерений привело к созданию новых геодезических приборов – лазерных нивелиров. Лазерные нивелиры основаны на использовании в

нивелире оптического квантового генератора (лазера), создающего видимую визирную линию или плоскость. При пересечении видимой плоскостью рейки на ней высвечивается горизонтальная световая линия, по которой берут отсчет. Нивелирные рейки могут быть с визуальным или фотоэлектрическим наведением на ось светового пучка.

Используемые в инженерно-геодезических работах лазерные нивелиры можно разделить на два вида: с горизонтально ориентированным световым лучом и с горизонтально ориентированной световой плоскостью. Оба вида нивелиров могут быть с уровнем при трубе или с компенсатором углов наклона. Лазерные нивелиры создаются в виде самостоятельных приборов (например, Лимка-Горизонт) либо в виде насадок к обычным нивелирам (например, ЛВНЗ / ЛВН5 соответственно к нивелирам 2Н-3Л и 3Н-5Л).

В нивелирах с насадками лазерный луч устанавливается параллельно визирной оси зрительной трубы нивелира (рис. 50, а) либо с помощью призмных систем (или гибких световодов) совмещается с оптической осью нивелира (рис. 50, б). Так, лазерная насадка ПЛ-1 к нивелиру Н-3 (см. рис. 50, б) состоит из излучателя, кронштейна, при помощи которого он крепится к зрительной трубе нивелира, и оптической насадки для направления излучения лазера в зрительную трубу. Окуляр нивелира снабжен откидной призмой, позволяющей работать с прибором как с обычным нивелиром. Если лазерная насадка устанавливается на нивелире с самоустанавливающейся линией визирования, то, проходя через оптический компенсатор, лазерный пучок занимает горизонтальное положение.

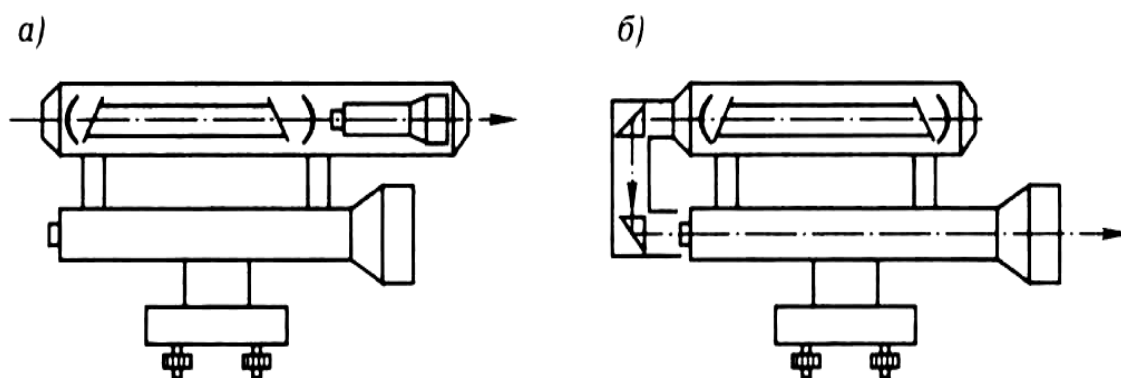


Рис. 50. Схемы лазерных насадок к нивелирам:
а – с параллельным излучателем; б – с призмным вводом светового пучка

Система контроля плоскостности СКП-1 (рис. 51) предназначена для геодезического контроля планировки земельных участков под горизонтальную площадку. Примеры применения лазерного нивелира показаны на рис. 51 и 52. Система состоит из трех основных блоков: лазерного излучателя (передатчика), формирующего горизонтальную плоскость, который неподвижно устанавливается в точке с известной отметкой; фотоприемного устройства, закрепленного вертикально на строительной машине

(бульдозере, скрепере); индикатора положения фотоприемного устройства относительно лазерной плоскости, устанавливаемого в кабине оператора машины. Получая постоянную информацию о высотном положении рабочего органа машины, оператор вручную управляет им. Эти же действия могут выполняться автоматически, что впервые реализовано в системе автоматического управления лучом САУЛ-1.

Система СКП-4, являющаяся дальнейшей модернизацией СКП-1, используется для контроля вертикальной планировки участков как под горизонтальную, так и наклонную плоскости. Система обеспечивает контроль планировки, выполняемый любым количеством землеройных механизмов, работающих на площади радиусом до 500 м (до 80 га) практически в любое время суток; при этом производительность труда повышается на 30 %.

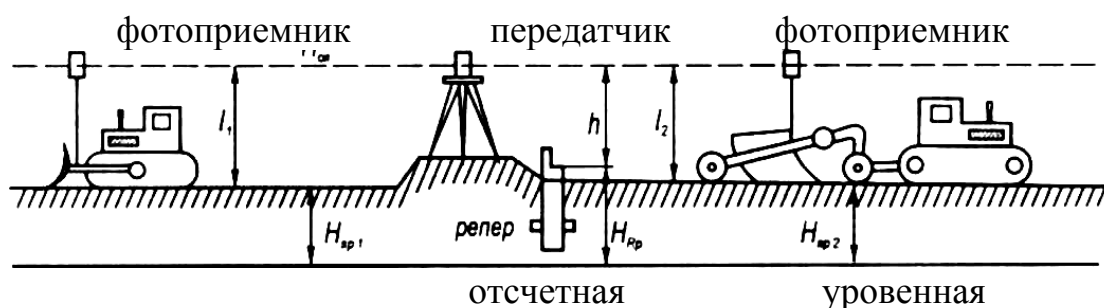


Рис. 51. Схема контроля планировки с помощью системы СКП-1

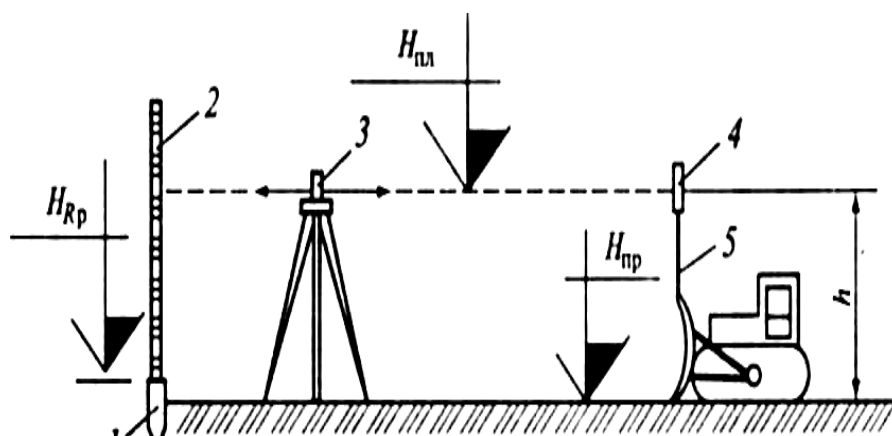


Рис.52. Планировочные работы:

- 1 – репер; 2 – нивелирная рейка; 3 – лазерный нивелир; 4 – фотоприемник, блок и индикатор решающего устройства на ноже бульдозера;
5 – штанга, по которой перемещается фотоприемник;
 $H_{пл}$ – отметка планировки; $H_{пр}$ – отметки репера, плоскости лазерного прибора и проектная; h – рабочее превышение

Принципиально новым конструктивным решением лазерных нивелиров является возможность задавать в пространстве горизонтальную или наклонную опорную световую плоскость. Это позволяет использовать так называемые *ротационные лазерные нивелиры и системы* для нивелиро-

вания площадей, производства геодезического контроля вертикальной планировки и выполнения других нивелирных работ. К ним относятся отечественные лазерные нивелиры НЛ-30, НЛ-20К, СКП-1, СКП-4, ПГЛ-1, САУЛ-1 и др., а также зарубежные Trimble Spectra Precision 1452 GG, LL 600, GL 700 (США), Sokkia LP 30, LP 310 C, MP 400 C, EL 400 HVC (Япония), Geo-Fennel FL-200VA / 100HA / 250A, JP-300 (Германия) и др.

Лазерные уровни и нивелиры предназначены для определения превышения между точками или выноса в натуру проектных отметок. Лазерные нивелиры имеют оптическую систему (две, три и более (до 5) призм), которая разворачивает лазерный луч в плоскость и образует видимые горизонтальные и вертикальные плоскости. Существуют также лазерные нивелиры, в которых не используются призмы для разворота луча в плоскость.

В этом случае речь идет о нивелирах-построителях направлений, лазерные лучи в таких нивелирах строят несколько точек в различных направлениях. Мультипризменные лазерные нивелиры не имеют вращающихся частей, поэтому они гораздо надежнее, легче, компактнее и экономичнее ротационных лазерных уровней. Установка плоскости в горизонтальное положение производится автоматически маятниковым компенсатором. Мультипризменные лазерные нивелиры незаменимы для работы внутри помещений строительных объектов. Ротационные лазерные нивелиры образуют видимую горизонтальную, наклонную, вертикальную плоскость посредством вращения лазерного луча. Установка таких нивелиров осуществляется при помощи пузырьковых уровней или гироскопа с сервоприводом. Ротационные лазерные нивелиры незаменимы при работе вне помещений, для определения превышения используются специальные приемники лазерного излучения, установленные на нивелирные рейки.

В комплекте нивелира **ADA 3D LINER 4V** (рис.53,а) имеются лазерные очки, регулируемый лимб на резиновых ножках, переходник под штатив и удобный кейс с наплечным ремнем. Нивелир оснащен мощными излучателями лазерных линий, за счет которых проецирует на окружающие предметы, а также потолок и стены видимые невооруженным глазом лучи, которые можно использовать в качестве ориентира для повышения точности ремонтных и строительных работ. Например, для проверки горизонтальности потолка и пола, вертикальности дверных проемов и стен, прямых углов между элементами интерьера, полом, потолками и стенами, для точного монтажа отопительных батарей, розеток, выключателей, подоконников.

Лазерный нивелир RGK UL-221P (рис.53,б) имеет лазерный уровень, который способен проецировать в пространстве две вертикальные и одну горизонтальную плоскости, при этом точность их построения не превышает 0,2 мм на один метр рабочего расстояния.

а



б

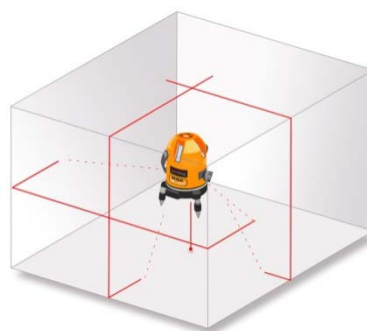


Рис.53. Лазерные нивелиры:
а – ADA 3D LINER 4V; б – RGK UL-221P

В приборе имеется магнитный компенсатор, обеспечивающий самовыравнивание уровня в диапазоне до 5° . Дальность видимости проецируемых лучей составляет 10-20 м, однако имеется возможность применения специального приемника лазерного излучения. При этом дальность работы нивелира может достигать 50 м. Лазерный построитель плоскостей оснащен лазерным отвесом, что облегчает перенос точки с потолка (зенит) на пол (надир).

Нивелир Bosch GLL 2-50 Professional (рис.54) применяется при выполнении строительных, ремонтных и отделочных работ. Сверхточный нивелир с высокой видимостью линий и возможностью диагональной разметки под любым углом. Проецирует по одной вертикальной и горизонтальной линии, которые пересекаются под прямым углом. Нивелир удобен в использовании, так как может строить вертикальную и горизонтальную лазерную линию на окружающих стенах и полу, пересекающихся под прямым углом. Высокую точность обеспечивает автоматическая система автовыравнивания, которую можно отключить для разметки наклонных плоскостей.



Рис. 54. Нивелир «Bosch GLL 2-50 Professional», используемый в качестве ориентира для повышения точности ремонтных и строительных работ

Его можно использовать для контроля горизонтальности потолка и пола, вертикальности дверных проемов и стен, прямых углов между элементами интерьера, полом, потолками и стенами; точного монтажа отопительных батарей, розеток, выключателей, подоконников и т.д.

Для получения строго горизонтальной и вертикальной лазерной линии нивелир не требуется устанавливать с прецизионной точностью, используя жидкостный уровень. Достаточно установки «на глаз». Встроенная система выравнивания лазерного луча компенсирует неровную установку прибора, если он отклонен не более чем на 4° в ту или иную сторону. Если лазерный нивелир отклонить больше этого лимита, то он подаст предупредительный сигнал пульсацией лазерных линий и выйдет из режима автоматического выравнивания. Благодаря данной функции становится известно, в каких случаях система выравнивания работает, а в каких нет.

Нивелир Condrol MicroX (рис.55) можно установить на потолочном профиле при помощи специального зажима (например, для удобного монтажа подвесного потолка), подвесить на ремешок (например, на какую-то вертикальную опору) или просто повесить на шуруп или гвоздь за соответствующее отверстие. Прочный корпус прибора соответствует классу IP54, поэтому надежно защищает его от брызг воды и пыли.



Рис.55. Лазерный нивелир «Condrol MicroX» проецирует классический крест

Прибор оснащен мощными светодиодами и системой линз, за счет которых проецирует на окружающие предметы, а также потолок и стены видимые невооруженным глазом вертикальный и горизонтальный лучи, которые можно использовать в качестве ориентира для повышения точности ремонтных и строительных работ.

Нивелир можно использовать для проверки горизонтальности, потолка и пола, вертикальности дверных проемов и стен, прямых углов между элементами интерьера, полом, потолками и стенами.

6.5. Цифровые нивелиры

Общий вид цифрового нивелира DiNi 0.3 / 0.7 с указанием основных частей прибора представлен на рис. 109. Приборы DiNi 0.3 и DiNi 0.7 имеют одинаковые габариты и внешний вид, но различаются по точности установки компенсатора, увеличением зрительных труб (соответственно 32^x и 26^x) и используемыми методами нивелирования.

Измерения приборами DiNi можно выполнять как электронным методом с автоматическим считыванием отсчетов по кодовым рейкам, так и визуальным методом с использованием реек типа РН-3, т. е. как оптическим нивелиром (рис. 56). DiNi 0.3 и DiNi 0.7 позволяют выполнять нивелирование с точностью соответственно 0,3 мм и 0,7 мм на 1 км двойного хода при использовании инварных штрих-кодовых реек с BAR-кодом; 1,0 мм и 1,3 мм – при использовании складных алюминиевых штрих-кодовых реек; при визуальных измерениях по складным рейкам с метрической оцифровкой точность измерений превышений снижается соответственно, до 1,5 мм и 2,0 мм на 1 км хода.

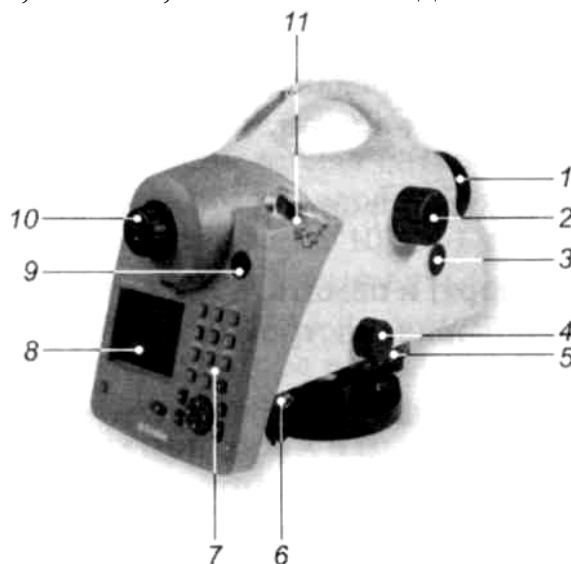


Рис. 56. Общий вид цифрового нивелира DiNi 0.3/0.7:

- 1 – объектив с солнцезащитной блендой; 2 – фокусирующий винт;
- 3 – кнопка пуска для начала измерений; 4 – наводящий винт; 5 – внешний лимб;
- 6 – разъем для подключения питания / связи; 7 – клавиатура;
- 8 – дисплей; 9 – окошко круглого уровня; 10 – окуляр; 11 – защитная крышка круглого уровня

Основные типы реек для цифровых нивелиров DiNi показаны на рис. 57.

При электронных измерениях автоматическое снятие отсчетов по рейкам обеспечивается с помощью специального приемного устройства, в качестве которого в нивелире использована ПЗС-матрица (прибор с зарядовой связью), размещаемая в плоскости изображений, создаваемых зрительной трубой.

Прибор позволяет также выполнять измерения направлений с помощью горизонтального лимба с ценой деления 1° , что позволяет брать отсчеты по отсчетному индексу до $0,1^\circ$.

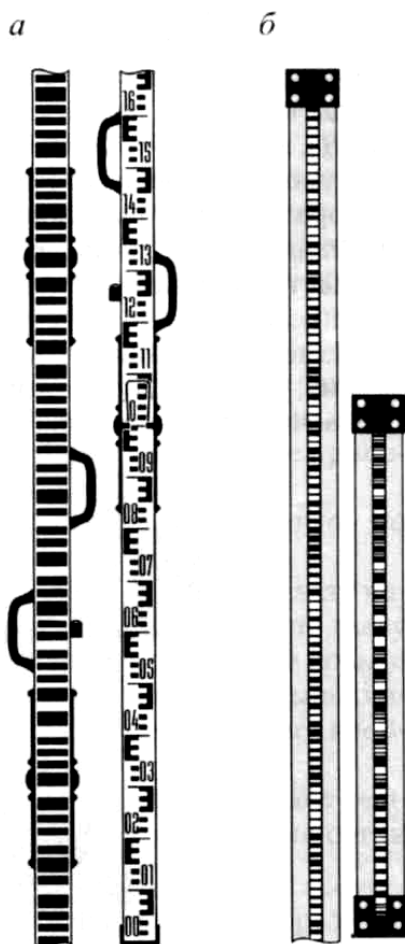


Рис. 57. Рейки для цифрового нивелира DiNi:
а – LD23 / 24 – деревянные складные рейки с BAR-кодом, Е градуировка, 3 и 4 м; б – LD 11 / 12 / 13 – инварные рейки с BAR-кодом, 1, 2 и 3 м

В постоянной памяти DiNi хранятся вычислительные константы, рабочие режимы, единицы измерений и другие данные.

Данные, записанные во внутренней памяти, могут храниться в течение неограниченного времени. Всего в памяти прибора может быть сохранено около 30 000 строк с данными. Эти данные могут быть переданы с помощью кабеля непосредственно на персональный компьютер или на карту памяти USB (внешняя память), а также в обратном направлении.

Главное меню (с соответствующими подменю) программного обеспечения прибора включает следующие функции:

Файлы (проекты, редактор, импорт (экспорт) и память.

Настройки (ввод, допуски / контроли, поверка, настройки прибора, настройки записи).

Измерения (одиночные измерения, нивелирный ход, промежуточные измерения, разбивка, непрерывные измерения).

Расчеты (уравнивание хода – только для DiNi 0.3).











	Кнопка включения / выключения прибора
	Кнопка пуска для начала измерений.
	Навигационная кнопка, используемая для перемещения по меню, списку или включения / выключения флажка.
	Кнопка ввода, используемая для подтверждения ввода данных.
	Кнопка выхода, используемая для возврата в предыдущий экран.
	Алфавитная кнопка для переключения первой (цифровой от 1 до 9) и второй (алфавитной) функций на клавиатуре; состояние отображается в верхней части экрана.
	Кнопка для отображения экранного меню функций Trimble.
	Кнопка возврата назад, используемая для удаления предыдущих введенных данных.
	Точка и запятая (первая функция); – и + (вторая функция).
	0 (первая функция) и пробел (вторая функция).




Рис. 58. Клавиатура и дисплей панели управления DiNi 0.3/0.7

Питание прибора осуществляется от литиево-ионного аккумулятора 7,4В; 2,4А, располагаемого в батарейном отсеке. Емкость аккумулятора обеспечивает работу прибора в течение трех дней интенсивной работы (800–1000 измерений в день) без подсветки.

Перед измерениями нивелир устанавливают в рабочее положение, включающее горизонтирование прибора и установку зрительной трубы для наблюдений.

После фокусирования трубы следует убедиться в отсутствии параллакса сетки нитей; при движении глаза наблюдателя перед окуляром

изображения сетки нитей и делений рейки не должны смещаться относительно друг друга.

Включают прибор нажатием кнопки , после чего на экране отобразится главное меню или незавершенный нивелирный ход. Проверяют уровень зарядки аккумулятора и при необходимости заменяют его, предварительно выключив прибор, чтобы предотвратить потерю информации.

С учетом производства предстоящего вида работ, используя меню «Настройки», выполняют установку параметров прибора, ввод постоянных и допусков, результатов поверки прибора и настройку записей.

Если после установки нивелира в рабочее положение наклон визирной оси выходит за пределы рабочего диапазона компенсатора («залипание» компенсатора), то на дисплее появится сообщение «Компенсатор вне диапазона». При попытке выполнить измерение включается сигнал предупреждения. В этом случае следует заново отгоризонтировать прибор и при необходимости выполнить поверку.

6.6. Нивелирные рейки и их исследования

Нивелирная рейка – прибор, при помощи которого определяется величина превышения при нивелировании. Для нивелирования I, II, III, IV кл., а также высокоточного инженерно-технического нивелирования используются 3-метровые цельные рейки. Для высокоточного нивелирования используются штриховые инварные рейки с 0,5 см делениями, для III, IV кл. нивелирования – шашечные с сантиметровыми делениями цельные 3-метровые.

В строительном комплексе широкое применение в настоящее время нашли 3, 4, 5-метровые телескопические алюминиевые рейки с сантиметровыми делениями (звено 1 м). В высокоточном цифровом нивелировании (электронном) применяются рейки штриховые кодовые с одной стороны и шашечные с сантиметровыми делениями с другой стороны, рейки из углепластика, фибергласса.

Прежде чем приступить к измерениям, нивелирные рейки необходимо исследовать:

- осмотреть шкалы, пятки, замки-фиксаторы телескопических реек, их функциональность;
- степень коробления (прогиба) плоскости рейки. Для этого надо натянуть капроновые тонкие нити вдоль ребра рейки через ее пятку и верх, измерить при помощи линейки с миллиметровой шкалой стрелки прогиба (двухавровая форма поперечного сечения рейки – антикоробление) плоскости шкалы. Допускаются величины стрелок прогиба не более для нивелирования:

II кл. – 2 мм, III кл. – 4 мм, IV кл. – 7 мм, технического – 10 мм;

- правильность крепления на ребрах рейки кронштейнов для подвески и центрирования нитяного отвеса (для установки рейки в вертикальное положение). Поверяется выверенным теодолитом при двух положениях рейки.

- правильность установки круглого уровня на рейке проверяется при помощи нитяного отвеса, повешенного вдоль ребра рейки. Ребро рейки устанавливается параллельно нити отвеса в обеих плоскостях. В этом положении пузырек уровня должен быть в нуль-пункте. Если имеется отклонение пузырька, то оно устраняется юстировочными винтами уровня. Эту поверку можно выполнить, используя вертикальную нить креста сетки вместо отвеса. Положение рейки надо наблюдать в двух плоскостях, приводя при этом пузырек уровня в нульпункт его юстировочными винтами.

- пятка рейки должна быть перпендикулярна к оси рейки; разности высот идентичных точек пятки рабочей пары реек должны быть равны нулю. Для контроля обе рейки поочередно надо устанавливать вертикально, на удалении от нивелира 8-10 м, на полусферическую головку в точках на краях и середине пятки, беря отсчеты по рейке. Таких приемов измерений должно быть не меньше двух. Затем по данным измерений вычисляется перекося пятки и разности высот идентичных точек рабочей пары реек. Если рейки снабжены подпятниками, то это исследование не проводится;

- определение разности высот нулей черной и красной стороны реек №1 и №2.

На расстоянии около 20 м от нивелира поочередно устанавливаются рейки в вертикальное положение на костыль (башмак) со сферической головкой, берутся отсчеты по черной и красной сторонам реек. *Разность отсчетов по красной стороне и черной называется пяткой рейки.* Таких определений надо выполнить около 10-12 на разных участках рейки по высоте. За окончательный результат принимается среднее из всех определений. Разность пятки реек №1 и №2 называется «разностью пары реек», и она является одним из полевых контролей на станции при производстве нивелирования.

- Определение длины метровых интервалов шкал реек, вычисление средней длины рабочего метра пары реек выполняется при помощи контрольной (железной) линейки в помещении с постоянной температурой. Измеряются метровые и дециметровые отрезки рейки, отмеченные острым карандашом. Измерения выполняются в прямом и обратном направлениях. В каждом направлении отрезки измеряются дважды, для этого линейка несколько сдвигается. Таким образом, получаем 4 значения отрезков, из которых выводится среднее значение метра, а также вычисляются случайные ошибки дециметровых отрезков.

- Определяется совпадение нуля шкалы черной стороны рейки с пяткой. Для этого к пятке прикладывается лезвие бритвы и при помощи линейки измеряется отрезок до ближайшего края четко очерченного штриха или шашки сантиметра. Таким образом, устанавливается разность нулей пары реек.

В строительстве используются телескопические раздвижные алюминиевые рейки с сантиметровыми делениями. Их метровые и дециметровые отрезки измеряются при помощи стальной прокомпарированной рулеткой с миллиметровыми делениями. При этом особое внимание следует обратить на фиксацию колен рейки замками. Используя результаты компарирования рейки, надо вводить соответствующие поправки в превышения и отсчеты по рейке при производстве разбивочных и контрольных измерительных работ, а при особо ответственных работах – использовать только первое колено рейки.

Штрих-кодовые рейки для цифрового (электронного) нивелира исследуются для каждого комплекта на специальном лабораторном компараторе, оснащенный соответствующей измерительной аппаратурой, например, интерферометром. В результате выдается уравнение ввода поправок в измеренные превышения.

Контрольные вопросы

1. Что называется нивелированием? Каково главное условие нивелира?
2. Назовите основные типы нивелиров. Каковы особенности их конструкций?
3. Укажите типы нивелирных реек, охарактеризуйте их.
4. В каком положении должен быть пузырек цилиндрического уровня перед снятием отсчета?
5. Что такое ось вращения инструмента, визирная ось трубы, оси цилиндрического и круглого уровней? Какое положение они должны занимать по отношению друг к другу у исправного инструмента?
6. Что значит установить нивелир в рабочее положение? Объясните, как это делается.
7. Объясните вычисление отметок в геометрическом нивелировании.
8. Какие точки называются задними, передними, связующими, промежуточными, икс-точками?
9. Как следует устанавливать нивелир между связующими точками и почему? Ответ подтвердите чертежом.
10. Что такое превышение и горизонт прибора, как они вычисляются?

7. Тригонометрическое нивелирование

Тригонометрическое нивелирование производится с целью создания высотной основы топографических съемок, а также для решения различных инженерных задач. На рис.59 показана схема тригонометрического нивелирования.

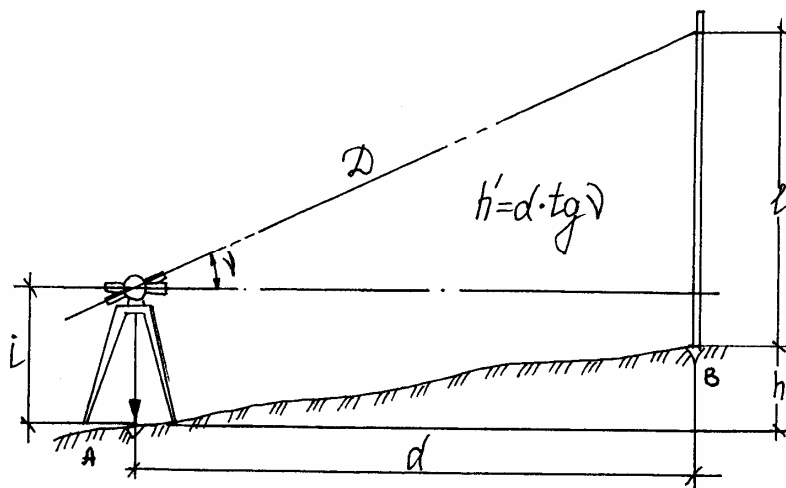


Рис.59. Схема тригонометрического нивелирования

Пусть требуется определить превышение h точки B над точкой A . Для этого в точку A устанавливают теодолит-тахеометр, а в точку B помещают веху или рейку высотой l . Наводят трубу на верх визирного знака и измеряют угол наклона v . Горизонтальное положение AB равно d . Измеряют высоту инструмента i . Из рис.59 видно, что $h + l = h' + i$.

Отсюда превышение $h = h' + i - l$.

Поскольку $h' = \frac{1}{2} D \sin 2v = d \operatorname{tg} v$, то искомая величина превышения

$$h = d \operatorname{tg} v + i - l, \quad (44)$$

где d – горизонтальное проложение, м;

v – угол наклона;

i – высота инструмента, м;

l – высота визирования, м;

Горизонтальное проложение d с учетом неперпендикулярности рейки к визирному лучу в момент отсчета вычисляется по формуле

$$d = D \cos^2 v,$$

где D – расстояние, определенное нитяным дальномером, м.

Для определения наклонного расстояния D наводят среднюю нить сетки на отсчет по рейке l и берут отсчеты по крайним нитям a и b (рис.60).

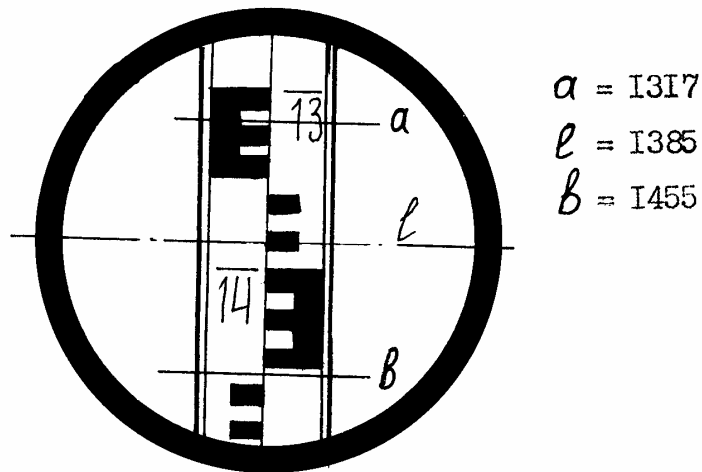


Рис.60. Схема определения расстояния нитяным дальномером

Расстояние D вычисляют по формуле

$$D = cn + c_1,$$

где c – коэффициент дальномера, принимаемый равным 100;

c_1 – постоянное слагаемое в трубах современных инструментов с внутренней фокусировкой (оно практически незначительно и его можно не учитывать);

n – число сантиметровых делений по рейке между дальномерными нитями.

Пример. $a = 1317$, $b = 1455$ (см. рис.60). Определить D .

Решение. $\Pi = b - a = 138$ мм;

$$D = c \cdot \Pi = 100 \cdot 138 = 13800 \text{ мм} = 13,8 \text{ м.}$$

Контрольные вопросы

1. В чём сущность тригонометрического нивелирования?
2. Какие виды съёмочного обоснования применяют при тахеометрической съёмке?
3. По каким формулам вычисляют горизонтальные проложения линий и превышения при тригонометрическом нивелировании?
4. Порядок работы на станции при тригонометрическом нивелировании
5. Как вычисляют угловые и линейные невязки в тахеометрических ходах?
6. Как вычисляются отметки станций и пикетных точек при тригонометрическом нивелировании?
7. Порядок составления плана по результатам тригонометрического нивелирования.

8. Составление топографического плана участка местности

8.1. Нивелирование поверхности по квадратам

Нивелирование поверхности производится для детального изображения рельефа местности, на которой предполагается строительство каких либо инженерных сооружений. В зависимости от характера рельефа и площади проектируемых работ, могут быть применены следующие способы нивелирования: по квадратам, параллельных линий и магистралей.

Способ нивелирования по квадратам применяется в тех случаях, когда съемке подлежат небольшие открытые участки местности со спокойным рельефом. Нивелирование производится по сетке квадратов, разбиваемой в пределах снимаемой площади. Для этого через точку в центре участка проводят две перпендикулярные прямые X и Y . Для удобства линию X проводят параллельно осевому меридиану. Иногда эти линии располагают по основным осям будущего сооружения. По осям X и Y откладывают равные отрезки от 10 до 100 метров. С помощью теодолита из крайних точек на оси X проводят перпендикуляры к ней. Перпендикуляры, также разбиваются на равные отрезки, аналогичные тем, которые откладывались по осям X и Y . Далее, с помощью мерной ленты, весь участок разбивается на квадраты.

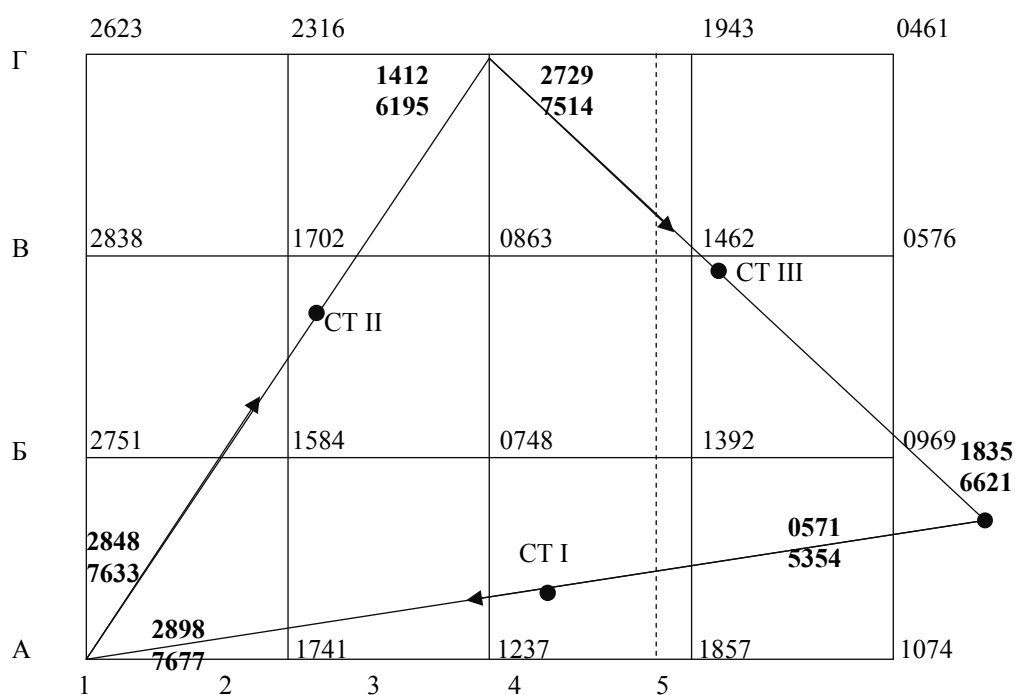


Рис.61. Схема замкнутого нивелирного хода

На абрисе теодолитной съемки показана сетка из 12 квадратов (20×20 м), разбитых от линии теодолитного хода I–II. Внутри сетки квадратов от точки Рп1 с известной отметкой ($H_{Рп1} = 53,426$ м) проложен замкнутый

нивелирный ход. (Отметка $H_{Рп1}$ задается преподавателем). Ход проложен по часовой стрелке и точки внутри хода сняты как связующие, т.е. абсолютные отметки последующих точек определяются через превышения (рис. 61). Нивелирование проведено с трех станций, т.е. нивелир устанавливался на станции СТ I (между $Рп1$ и точкой А1), СТ II (между точками А1 и Г3), СТ III (между точками Г3 и $Рп1$).

Находим превышение между точками $Рп1$ и А1:

$$\begin{aligned} h_1 &= a_{\text{ч}} - b_{\text{ч}} = 0571 - 2892 = -2321, \\ h_2 &= a_{\text{кр}} - b_{\text{кр}} = 5354 - 7677 = -2323, \\ h_{\text{ср1}} &= -2321 + (-2323)/2 = -2322. \end{aligned}$$

Находим превышение между точками А1 и Г3:

$$\begin{aligned} h_1 &= a_{\text{ч}} - b_{\text{ч}} = 2848 - 1412 = 1436, \\ h_2 &= a_{\text{кр}} - b_{\text{кр}} = 7633 - 6195 = 1438, \\ h_{\text{ср2}} &= 1436 + 1438 / 2 = 1437. \end{aligned}$$

Определяем превышение между точками Г3 и $Рп1$:

$$\begin{aligned} h_1 &= a_{\text{ч}} - b_{\text{ч}} = 2729 - 1835 = 0894, \\ h_2 &= a_{\text{кр}} - b_{\text{кр}} = 7514 - 6621 = 0893, \\ h_{\text{ср3}} &= 0894. \end{aligned}$$

Находим сумму средних превышений нивелирного хода:

$$\Sigma h = h_{\text{ср1}} + h_{\text{ср2}} + h_{\text{ср3}} = -2322 + 1437 + 0894 = 9 \text{ мм.}$$

Эта величина является невязкой нивелирного хода. Чтобы определить правильность измерений, сравниваем полученную невязку с допустимой.

Допустимая невязка определяется по формуле

$$fh_{\text{доп}} = \pm 10 \text{ мм} \cdot \sqrt{n} = 17,3 \text{ мм} > 9 \text{ мм,}$$

где $n = 3$ – количество сторон нивелирного хода.

Измерения считаются правильными, если полученная невязка, меньше допустимой невязки. Полученная невязка разбрасывается равномерно на все превышения с обратным знаком. Так как полученная невязка равна +9 мм, то разделив ее на три, получим $9:3 = -3$ мм.

Прибавив поправки к превышениям, получаем исправленные превышения:

$$h_{1\text{исп}} = -2322 - 3 = -2325, \quad h_{2\text{исп}} = 1437 - 3 = 1434, \quad h_{3\text{исп}} = 0894 - 3 = 0891.$$

Сумма исправленных превышений должна быть равна нулю:

$$\Sigma h_{\text{исп}} = -2325 + 1434 + 0891 = 0.$$

Находим абсолютные отметки точек А1 и Г3 по формуле

$$\begin{aligned} H_{\text{посл}} &= H_{\text{пред}} + h_{\text{исп}}, \\ H_{\text{А1}} &= H_{\text{Рп1}} + h_{1\text{исп}} = 53,426 - 2,325 = 51,101 \text{ м,} \\ H_{\text{Г3}} &= H_{\text{А1}} + h_{2\text{исп}} = 51,101 + 1,434 = 52,535 \text{ м,} \\ H_{\text{Рп1}} &= H_{\text{Г3}} + h_{3\text{исп}} = 52,535 + 0,891 = 53,426 \text{ м.} \end{aligned}$$

Равенство исходной и конечной величины отметки $H_{\text{Пп1}}$ свидетельствует о правильности проведенных расчетов.

Определение отметок промежуточных точек

Все точки кроме А1 и Г3 вычисляются как промежуточные.

На журнале нивелирования площадки проведена прерывистая линия, делящая площадку на две части. Эта линия показывает, что точки Г1, Г2, В1, В2, В3, Б1, Б2, Б3, А2, А3 сняты со станции II, а точки Г4, Г5, В4, В5, Б4, Б5, А4, А5 сняты со станции III (рис.62).

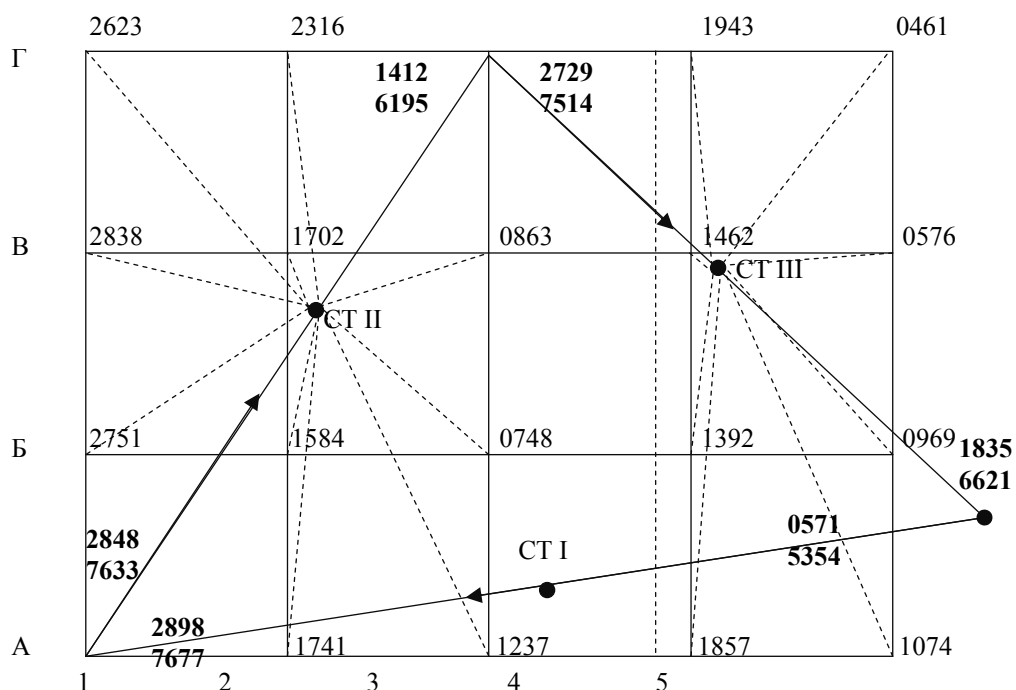


Рис.62. Схема нивелирования промежуточных точек

Вычисляем горизонты приборов для этих станций.

$$\text{ГП}_{1\text{СТII}} = H_{\text{А1}} + a = 51,101 + 2,848 = 53,949,$$

$$\text{ГП}_{2\text{СТII}} = H_{\text{Г3}} + b = 52,535 + 1,412 = 53,947,$$

$$\text{ГП}_{\text{ср СТII}} = 53,948,$$

$$\text{ГП}_{1\text{СТIII}} = H_{\text{Г3}} + a = 52,535 + 2,729 = 55,264,$$

$$\text{ГП}_{2\text{СТIII}} = H_{\text{Пп1}} + b = 53,426 + 1,835 = 55,261,$$

$$\text{ГП}_{\text{ср СТIII}} = 55,263.$$

Вычисляем абсолютные отметки всех точек площадки для СТII, по формуле

$$H_i = \text{ГП}_{\text{ср}} - c,$$

где c – отсчет по рейкам на углах площадки.

Например:

$$H_{Г1} = ГП_{срСТII} - 2623 = 53,948 - 2,623 = 51,325 \text{ м.}$$

Аналогичным образом вычисляем абсолютные отметки всех точек снятых со станции II. Данные выносим на сетку квадратов.

Аналогичным образом вычисляем отметки промежуточных точек снятых со станции III.

В результате расчетов получаем сетку квадратов с абсолютными отметками вершин каждого квадрата (рис. 63). Отметки округляем до сотых долей.

Г	51,33	51,63	52,54	53,32	54,80
В	51,11	52,25	53,09	53,80	54,69
Б	51,20	52,36	53,20	53,87	54,29
А	51,10	52,21	52,71	53,41	54,19
	1	2	3	4	5

Рис.63. Схема площадки с абсолютными отметками вершин квадратов

8.2. Изображение рельефа местности горизонталями

Существует два способа построения горизонталей графический и аналитический.

При графическом способе строится палетка, т. е. проводится ряд параллельных линий через 1 или 0,5 см. Производится оцифровка палетки. Для этого на сетке квадратов выбирается наименьшая отметка, такой отметкой в нашем варианте является отметка точки $H_{A1} = 51,10$ м (см. рис.63).

Оцифровку начинаем с числа, которое меньше, наименьшей отметки и нацело, делиться на 0.5 метра (высота сечения рельефа в данном задании). Таким числом является 51,00 м. Оцифровку производим через 0,5 м. На перпендикулярах, восстановленных из вершин квадратов, последовательно, откладываем значения отметок, по линии Г. Соединив полученные

Аналитический способ заключается в том, что положение горизонталей на линиях, соединяющих точки с известными отметками, находятся путем математических расчетов. Например: имеется квадрат $ABCD$ с известными абсолютными отметками его вершин (рис.65). Между точками A и B с отметками 53,320 и 54,802, через 0,5 м, можно провести три горизонтали 53,5; 54,0; 54,5. Расстояние между этими точками в 1:1000 масштабе равно 8 сантиметрам, или 80 мм. На местности этому расстоянию соответствует 80 метров. Определяем превышение между точками B и A :

$$h = H_B - H_A = 54,802 - 53,320 = 1,482 \text{ м.}$$

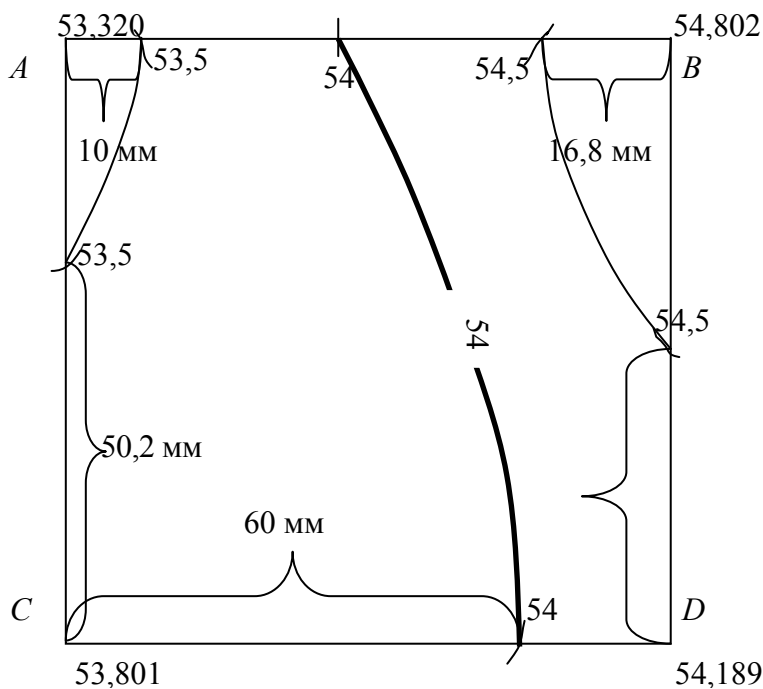


Рис.65. Построение горизонталей аналитическим способом

Разделив полученное превышение на расстояние в миллиметрах, получаем величину $i = 1,482 / 80 = 0,018$, равную изменению превышения на 1 мм. расстояния на плане. Ближайшей горизонталью к точке A является горизонталь 53,5. Определяем превышение между ней и отметкой точки A :

$$h_1 = H_A - 53,5 = 53,320 - 53,5 = -0,180 \text{ м.}$$

Разделив h_1 на i , получаем расстояние от т. A до горизонтали 53,5 в миллиметрах. $X_1 = h_1 / i = 0,18 / 0,018 = 10 \text{ мм.}$

Откладываем полученное расстояние от точки A и получаем положение горизонтали на линии AB . Аналогичным образом определяем положение горизонтали 54,5.

$$h_2 = H_B - 54,5 = 54,802 - 54,5 = 0,302,$$

$$X_2 = h_2 / i = 0,302 / 0,018 = 16,8 \text{ мм.}$$

Отложив (16,8 мм) от точки B , определяем положение горизонтали 54,5 на линии AB .

Положение 54 горизонтали на линии AB можно найти, разделив расстояние между горизонталями 53,5 и 54,5 пополам.

Если между точками проходит значительное количество горизонталей, то расстояние между ними можно определить, разделив высоту сечения рельефа (в нашем варианте 0,5 м) на i . Аналогичным образом определяем положение горизонталей на линиях BD , AC и CD . Соединив, точки с одинаковыми отметками строим горизонтали (см. рис.65).

8.3. Построение графика заложения

На свободном месте плана (желательно в нижнем правом углу) строится график заложения для определения углов наклона или уклонов. Уклон $i = \operatorname{tg} \gamma = h/d$, где h – высота сечения (в нашем варианте $h = 0,5$ м), d – расстояние между горизонталями на плане по которому определяется уклон.

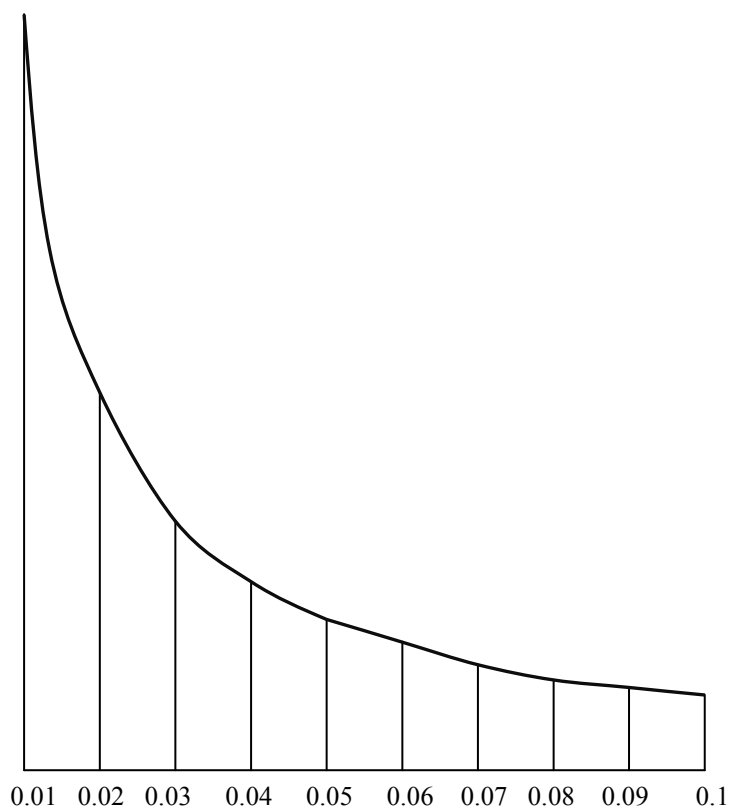


Рис.66. График заложения для определения уклонов

Из предыдущей формулы можно вывести, что $d = h/\operatorname{tg} \gamma$. h – величина постоянная равная 0,5 м, поэтому величина d будет зависеть только от

изменения $\text{tg} = i$. Построение графика заложения производим в следующем порядке:

а. На горизонтальной оси графика откладываем 9-10 равных отрезков длиной 1 см. Из концов отрезков восстанавливаем перпендикуляры.

б. Под границами отрезков подписываем значения уклонов, начиная с 0,01.

в. Находим значения d для каждого уклона. Например: $i = 0,01$, $h = 0,5$ м, тогда $d = h / i = 0,5 / 0,01 = 50$ м.

г. В 1:500 масштабе откладываем величину d по перпендикулярам. 50 м в 1:500 масштабе равно 10 см.

д. Вычисляем оставшиеся расстояния d и откладываем их в масштабе на графике.

Полученные точки соединяем плавной линией.

График заложения может быть направлен в другую сторону, если поменять направление смены значений уклонов на обратное. Это связано с удобством его размещения на плане, так как свободное место для графика может быть как в правом, так и в левом углу плана.

8.4. Оформление топографического плана

Окончательно оформляем план топографической съемки. Вокруг линии координатной сетки на расстоянии 1,4 см. проводим вторую линию толщиной 2 мм. Убираем все вспомогательные линии. Линии координатной сетки, заменяем на перекрестье, с размерами 1×1 см, выполненные зеленым цветом.

Убираем линии теодолитного хода, оставляя лишь его вершины. Сетку квадратов геометрического нивелирования заменяем точками, расположенными на вершинах квадратов с подписанными абсолютными отметками. Строим на плане горизонтали, которые показываем коричневым цветом. Все контуры и рельеф, изображаемые на плане вычерчиваются цветной тушью. При этом необходимо выдерживать очертания и размеры согласно условным знакам, приведенным для масштаба 1:500 (рис. 67).

Окончательно оформляем топографический план участка, вынося на него зарамочное оформление (рис.68).

Контрольные вопросы

1. Как вычисляют отметки через превышения и горизонт прибора?
2. Последовательность обработки журнала нивелирования поверхности по квадратам
3. Порядок изображения рельефа местности по горизонталям
4. Суть интерполирования и как оно выполняется при построении горизонталей?
5. Порядок построения графика заложений?
6. Как оформляют план топографической съемки?

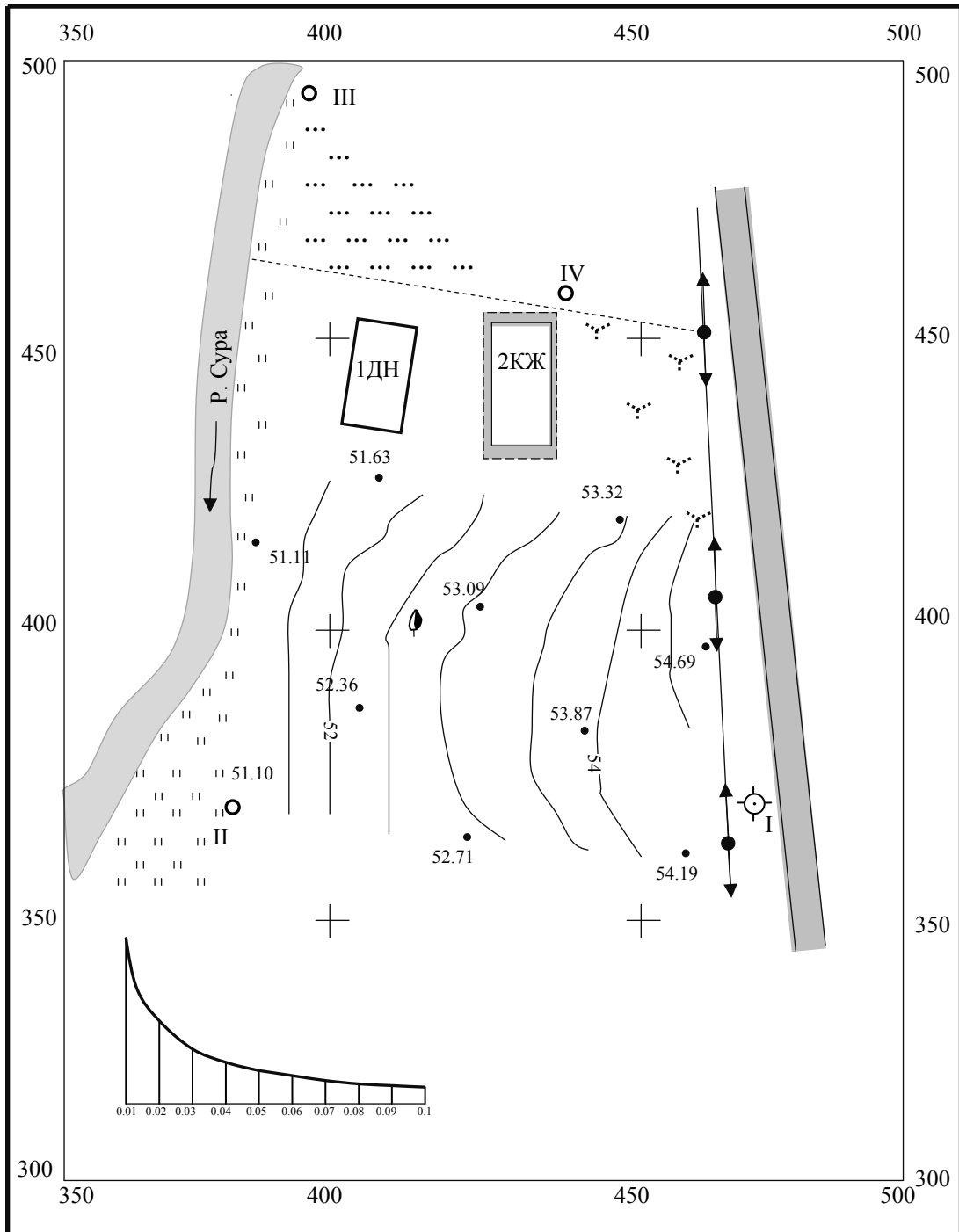
Изображения на планах	Названия	Цвет изображения	Размеры в мм
а. I б. II	а. Точка плановой сети и ее номер. б. Вершина теодолитного хода и ее номер.	Черный.	d = 3
	Абсолютная отметка точки	Черный	d = 1
	Пересечение координатных линий	Зеленый	
	Дорога асфальтированная.	Край черный. Внутри отмывка розовым.	Ширина дороги показана в масштабе
	Дорога грунтовая	Черный	Ширина дороги показана в масштабе
	Здание каменное жилое	Черный	Размеры даны в масштабе
	Постройка каменная нежилая.	Черный	Размеры даны в масштабе
	выгон	Черный	
	Луг	Черный	
	Одинокое дерево	Черный	
	Границы контуров имеющих извилистые формы: Граница леса, граница луга.	Черный	
	Кустарник	Черный	
	Горизонтали. Утолщенные основные.	Коричневый	

Рис.67. Условные обозначения к топографическому плану

ТОПОГРАФИЧЕСКИЙ ПЛАН

Системы координат условные

ПГУАС



Выполнил ст. гр. СТР-11
Иванов И.И.

Масштаб 1:500
Горизонталы проведены через 0.5 м.

Проверил
Оценка

Рис.68. Топографический план участка. Масштаб 1:500

9. Преобразование существующего рельефа в проектный

9.1. Проектирование горизонтальной и наклонной площадок

Важное место в строительстве занимает вертикальная планировка – преобразование существующего рельефа местности в проектный, отвечающий требованиям строительства и благоустройства территории. Составной частью вертикальной планировки является проектирование горизонтальной и наклонной плоскостей площадок. Выбор проектной поверхности определяется особенностями строительства, требованиями нормативных документов с учетом экономических показателей.

Наибольший экономический эффект получают тогда, когда соблюдается условие баланса земляных масс (равенство объемов выемки и насыпи) и минимума земляных работ. В этом случае при планировочных работах избыточный грунт не вывозят и не привозят недостающий, а перемещают его на планируемой площадке.

В процессе проектирования площадки определяют объем грунта (объем земляных работ), который должен быть вынут и насыпан, а также сметную стоимость его перемещения.

Проектирование осуществляется по топографическим планам масштабов 1:500–1:5000 или по результатам нивелирования участка местности по квадратам со сторонами 10–50 м, в зависимости от сложности рельефа. Определяются фактические отметки вершин квадратов по горизонталям или по результатам нивелирования.

При проектировании горизонтальной площадки (рис.69) определяют проектную (среднюю) отметку центра тяжести площадки H_0 как среднее значение отметок вершин квадратов по формуле

$$H_0 = \frac{\sum H_1 + 2\sum H_2 + 4\sum H_4}{4n}, \quad (45)$$

где $\sum H_1 + \sum H_2 + \sum H_4$ – сумма фактических отметок вершин, относящихся к одному, двум и четырем квадратам;
 n – число квадратов.

Затем вычисляют рабочие отметки h в каждой вершине квадрата по формуле

$$h_i = H_0 - H_i, \quad (46)$$

где H_i – фактическая отметка i -й вершины квадрата или квадратов.

При проектировании наклонной площадки руководствуются проектной отметкой исходной точки, продольным i_x и поперечным i_y уклонами, а также их направлениями.

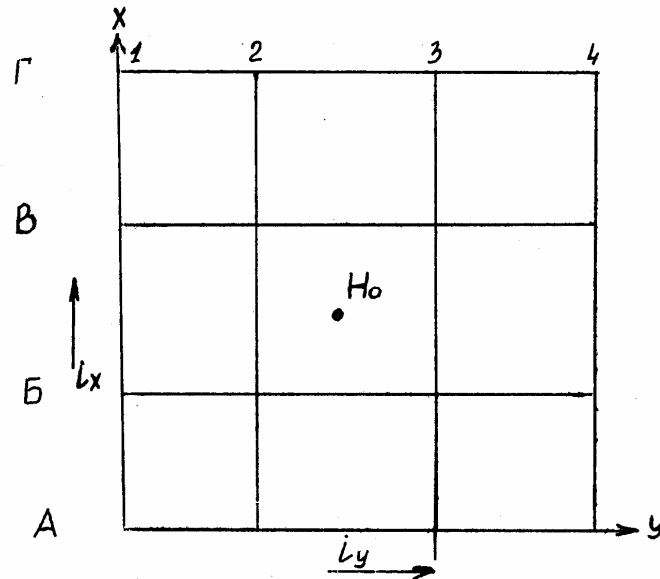


Рис.69. Схема расположения квадратов для проектирования площадки

Проектная отметка исходной точки может быть задана или определена по формуле (45). Проектные отметки вершин квадратов H_i^{np} , расположенных на расстояниях d_x и d_y от исходной точки H_0 соответственно в направлении осей абсцисс и ординат, определяются по формуле

$$H_i^{np} = H_0 + d_x \cdot i_x + d_y \cdot i_y. \quad (47)$$

При определении отметок H_i^{np} принимают во внимание, что уклоны i_x , i_y и, значит, превышения h_x и h_y будут положительными в направлениях вверх и вправо и отрицательными вниз и влево от исходной точки H_0 .

Рабочие отметки всех вершин квадратов определяются как разность проектных и фактических отметок по формуле

$$h_i = H_i^{np} - H_i. \quad (48)$$

9.2. Составление картограммы земляных работ

Значения вычисленных проектных и рабочих отметок при проектировании горизонтальной и наклонной площадок указывают на картограмме земляных работ над соответствующими фактическими отметками в каждой вершине квадрата. Картограмма является графическим документом вертикальной планировки и составляется на основе нивелирного плана в масштабах 1:500, 1:1000 (рис.70).

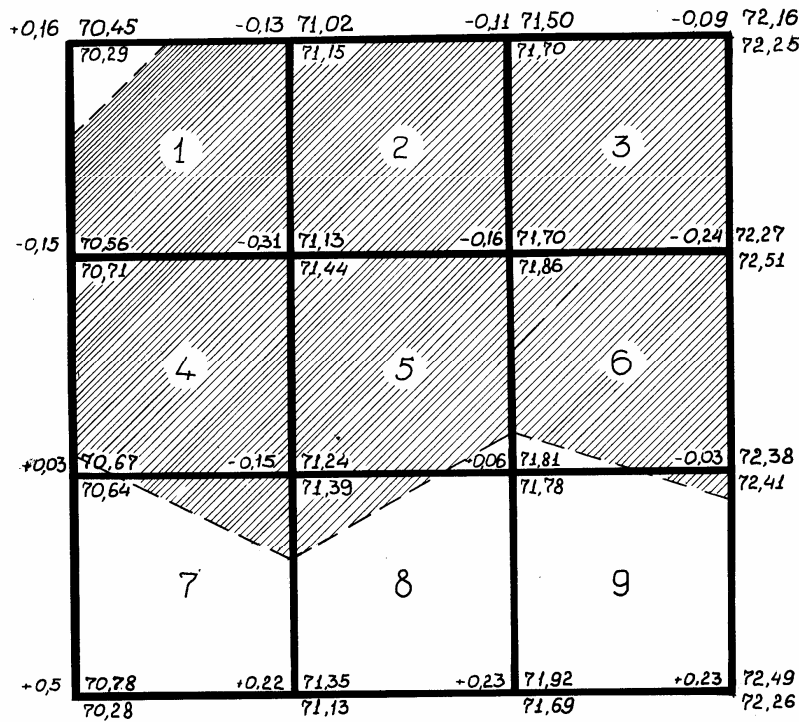


Рис.70. Картограмма земляных работ

На сторонах квадратов, где рабочие отметки имеют знаки плюс (высота насыпи) и минус (глубина выемки), проводят линию нулевых работ, то есть линию с рабочей отметкой, равной нулю. Она является границей между насыпью и выемкой грунта. Для ее построения определяют расстояние x от вершин квадратов до точек нулевых работ по формуле

$$x = \frac{h_1 \cdot d}{|h_1| + |h_2|}, \quad (49)$$

где d – длина стороны квадрата;
 h_1, h_2 – рабочие отметки.

Например, для стороны квадрата с $d = 20$ м, где рабочие отметки h_1 и h_2 соответственно равны $-0,15$ м и $+0,16$ м, точка нулевых работ расположена от вершины квадрата с рабочей отметкой $-0,15$ м на расстоянии

$$x = \frac{0,15 \cdot 20}{|-0,15| + |0,16|} = 9,7 \text{ м}$$

Соединив точки нулевых работ, получают линию нулевых работ. Объем земляных работ вычисляют отдельно для выемки и насыпи. Объем грунта в четырехгранной призме определяют по формуле

$$V = \frac{\sum h}{4} \cdot S, \quad (50)$$

где $\sum h$ – сумма рабочих отметок;
 S – площадь квадрата.

Например, для квадрата 2 имеем:

$$V = \frac{0,13 + 0,11 + 0,16 + 0,31}{4} \cdot 400 = 288 \text{ м}^3.$$

Объем грунта в трехгранной призме находят по формуле

$$V = \frac{\sum h}{3} \cdot S. \quad (51)$$

Объем грунта в пятигранной призме вычисляют как разность объемов четырехгранных и трехгранных призм $V = \frac{\sum h}{S} \cdot S$.

После подсчетов объемов для отдельных квадратов определяют общий объем насыпи $V_{\text{н}}$ и выемки $V_{\text{в}}$ с оценкой баланса земляных работ по формуле

$$\Delta V = \frac{V_{\text{в}} - V_{\text{н}}}{V_{\text{в}} + V_{\text{н}}} \cdot 100\% \leq 3\%. \quad (52)$$

Подсчеты ведут в ведомости вычисления объемов грунта.

Контрольные вопросы

1. Цель вертикальной планировки
2. Как вычисляют проектный уклон площадки?
3. Как вычисляют проектные отметки?
4. Как вычисляют рабочие отметки?
5. Последовательность выполнения вычислений и оформления картограммы земляных масс
6. Порядок определения объёма земляных масс
7. Понятие баланса земляных масс

10. Решение задач по топографическим картам и планам

10.1. Определение географических и прямоугольных координат точек

Листы топографических карт имеют три рамки: внутреннюю, минутную и внешнюю. Внутренняя рамка карты составлена отрезками параллелей и отрезками меридианов, ограничивающих изображение местности (рис.71).

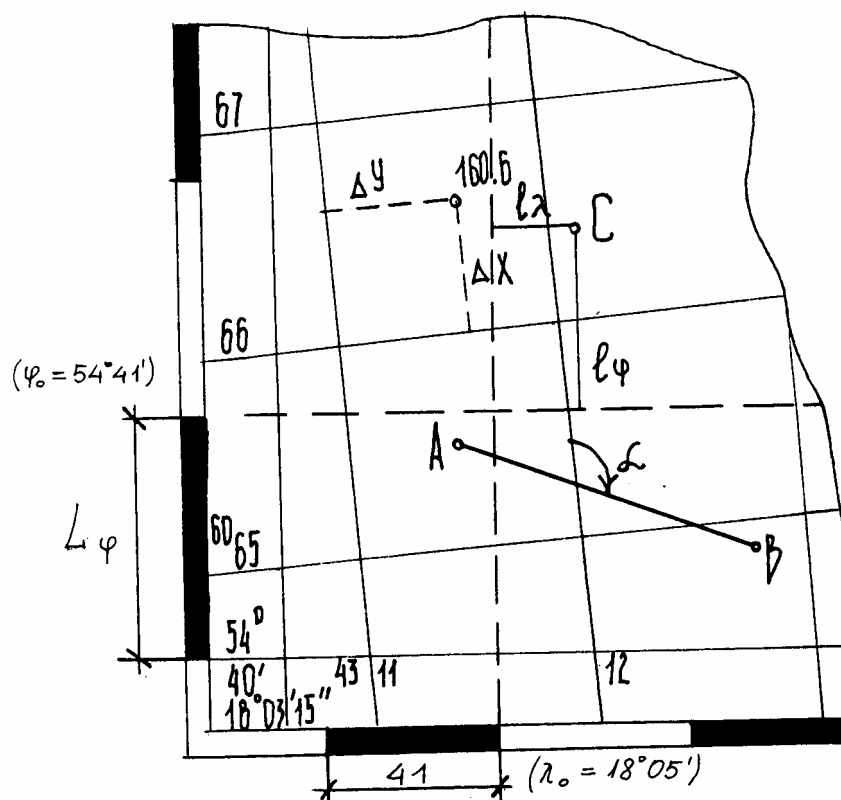


Рис.71. Координатные линии карты

Между внутренней и внешней рамками помещена минутная рамка, на которой нанесены деления, соответствующие одной минуте широты и одной минуте долготы. Наличие на карте минутной рамки позволяет определить географические координаты точек.

Для определения широты и долготы точки используют формулы:

$$\varphi = \varphi_0 + \Delta\varphi; \quad (53)$$

$$\lambda = \lambda_0 + \Delta\lambda, \quad (54)$$

где φ_0 и λ_0 – координаты юго-западного угла трапеции, в которой расположена точка, координаты которой требуется определить;

$\Delta\varphi$ и $\Delta\lambda$ – приращение координат.

Значение приращений $\Delta\varphi''$ и $\Delta\lambda''$ находят по формулам:

$$\Delta\varphi'' = \frac{l_{\varphi}}{L_{\varphi}} \cdot 60''; \quad (55)$$

$$\Delta\lambda'' = \frac{l_{\lambda}}{L_{\lambda}} \cdot 60'', \quad (56)$$

где l_{φ} и l_{λ} – расстояния в миллиметрах до данной точки соответственно от ближайшей южной параллели и от ближайшего западного меридиана;

L_{φ} и L_{λ} – длина в миллиметрах одной минуты в рамках карты соответственно по широте и долготе.

Определение прямоугольных координат точек. Система прямоугольных координат представлена на карте километровой сеткой, образованной равноотстоящими координатными линиями X и Y (см. рис.71).

При составлении топографических карт поверхность Земли делят меридианами через 6° на 60 зон, которые нумеруют, начиная от Гринвичского меридиана в направлении с запада на восток. Каждую зону изображают на плоскости, пользуясь проекцией Гаусса, и устанавливают в ней прямоугольную систему координат, направляя ось X по осевому меридиану на север, а ось Y – по экватору на восток. К значению ординаты Y слева приписывают номер зоны, что позволяет видеть, к какой зоне относятся координаты точки.

Линии абсцисс X и ординат Y нанесены на карту. Значения X и Y , выраженные в километрах, надписывают на выходах линий за внутреннюю рамку карты (см. рис.71).

При этом значения полных координат надписывают только у крайних линий сетки, а у промежуточных линий – только две последние цифры.

Для определения прямоугольных координат точки пользуются оцифровкой линий километровой сетки (рис. 72).

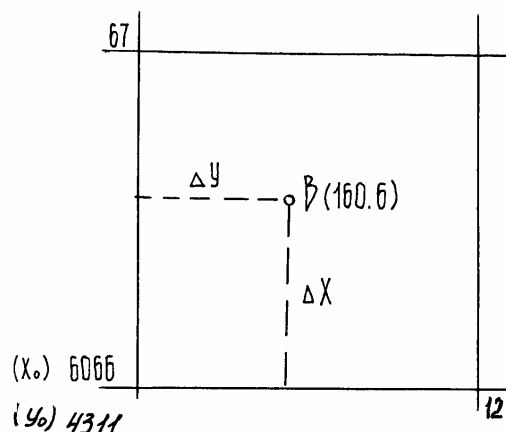


Рис.72. Определение прямоугольных координат по топографической карте

Координаты точки определяют по формулам:

$$\begin{aligned}X_B &= X_0 + \Delta X; \\Y_B &= Y_0 + \Delta Y,\end{aligned}$$

где X_0 и Y_0 – координаты юго-западного угла квадрата координатной сетки, внутри которого находится данная точка;

ΔX и ΔY – приращения координат, измеряемые от данной точки соответственно до южной и западной сторон квадрата.

Значения X_0 и Y_0 выписывают непосредственно с карты, а величины ΔX и ΔY измеряют в масштабе карты с помощью линейного или поперечного масштаба.

Чтобы не иметь дела с различными знаками ординат, на практике ординату точек среднего меридиана считают не за нуль, а за 500 км.

10.2. Вычисление отметок по горизонталям.

Отметки точек, лежащих на горизонталях, равны отметкам этих горизонталей (рис.73).

Отметки точек, находящихся между горизонталями, определяются по формуле

$$H = H_0 + \frac{d}{D} \cdot h, \quad (57)$$

где H_0 – отметка младшей горизонтали;

h – высота сечения рельефа для данной карты;

D – расстояние между горизонталями, мм;

d – расстояние между младшей горизонталью и данной точкой, мм.

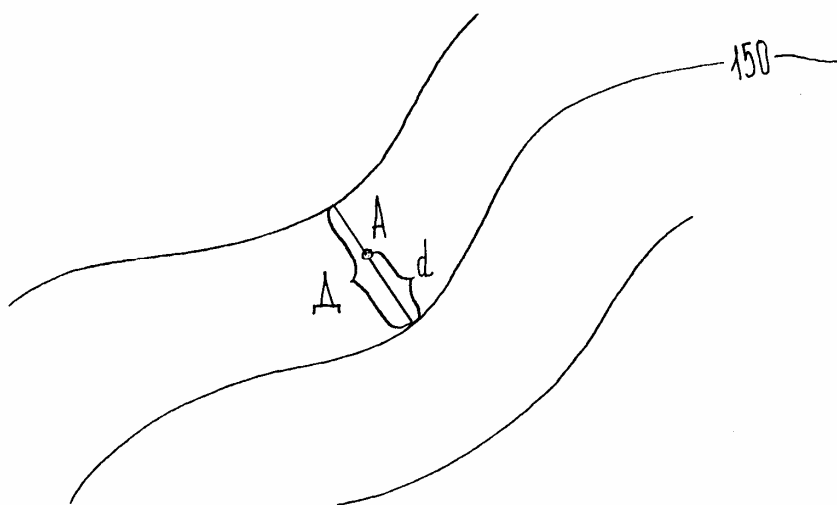


Рис.73. Определение высоты точки

Для того, чтобы определить отметку точки, лежащей между горизонталями, проводят через эту точку линию, перпендикулярную к горизонталям. На карте измеряют расстояния D и d , мм, полученные значения подставляют в расчетную формулу (12) и находят отметку точки:

$$H_A = 150,0 + \frac{6,0 \text{ мм}}{8,0 \text{ мм}} \cdot 2,5 = 151,88 \text{ м};$$

$$D = 8,0 \text{ мм}; \quad d = 6,0 \text{ мм}; \quad H_0 = 150 \text{ м}.$$

10.3. Построение профиля местности по заданному направлению

Линия, вдоль которой необходимо построить профиль местности, называется профильной линией; она обычно задается (рис.74).

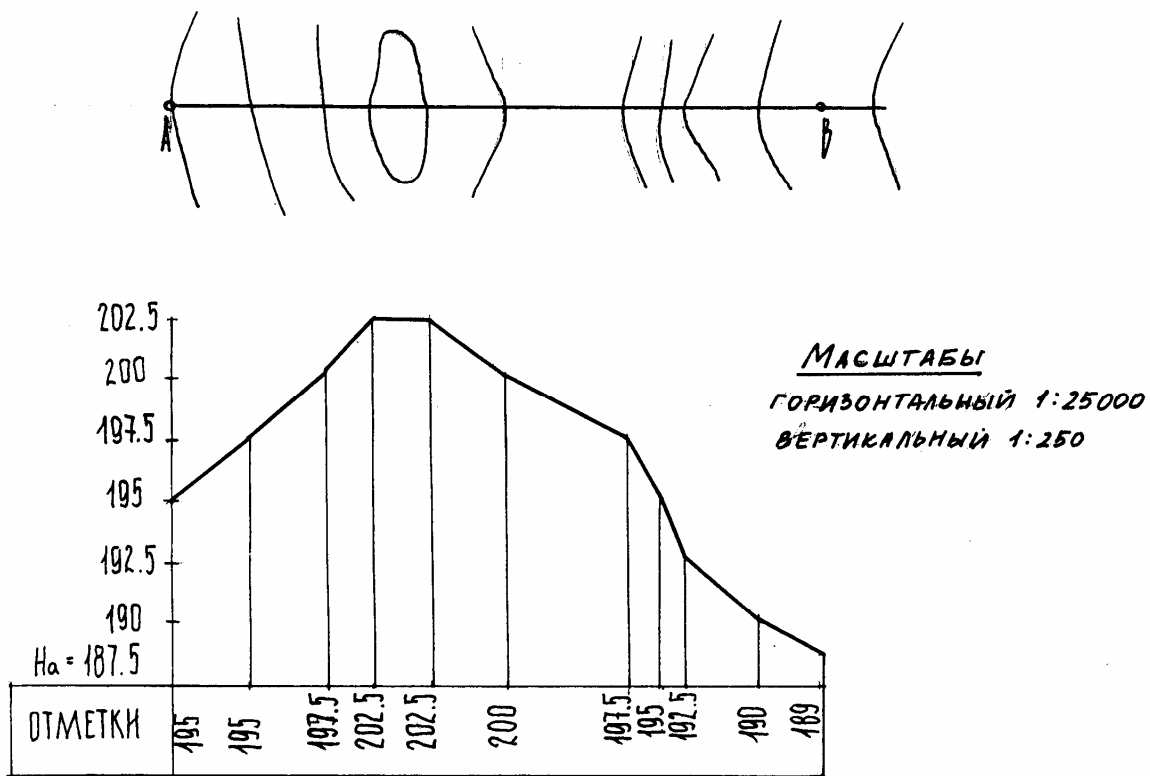


Рис.74. Построение профиля местности

На профильную линию накладывают полоску бумаги и на ней отмечают выходы всех горизонталей и их отметки. Затем эту полоску переносят на бумагу, подписывают отметки горизонталей и восстанавливают из всех точек перпендикуляры. В масштабе профиля откладывают высоты горизонталей на соответствующих перпендикулярах. Концы перпендикуляров соединяют плавной кривой, которая будет изображением профиля местности. Для наглядности и большей точности вертикальный масштаб профиля берется в 10 раз крупнее горизонтального.

10.4. вычисление уклона линии (крутизны ската) и ее проектирование

Отношение превышения к горизонтальному расстоянию есть уклон данной линии или тангенс угла наклона данной линии к горизонту (рис.75).

$$i = \operatorname{tg} \alpha = \frac{h}{d},$$

где h – высота сечения рельефа;

d – заложение, м

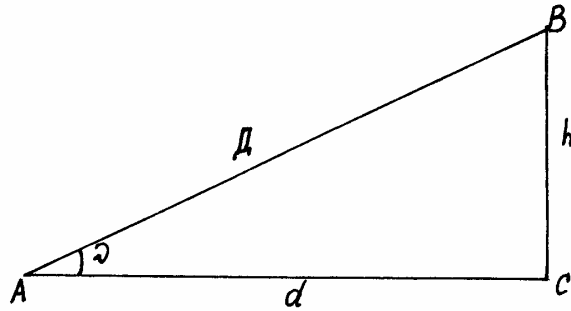


Рис.75. Определение уклона

Уклон местности между точками определяют по формуле

$$i_{AB} = \frac{H_B - H_A}{d_{AB}}.$$

Мерой крутизны ската служит уклон.

Уклон на картах можно определить по графику масштаба заложений и графику уклонов.

График уклонов строят исходя из масштаба карты и принятой на ней высоты сечения рельефа (рис.76). По горизонтальной оси графика откладывают деления и подписывают значения уклонов. Для каждого значения уклона i вычисляют заложение в масштабе карты:

$$d = \frac{h}{i}.$$

Вычисленные значения откладывают на перпендикулярах к горизонтальной оси. Полученные точки соединяют плавной кривой.

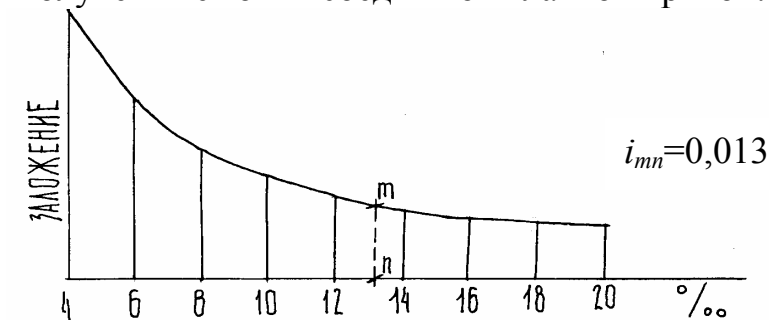


Рис.76. График уклонов

Для определения уклона линии на топографической карте берут в раствор циркуля отрезок этой линии, заключенный между соседними горизонталями. Переносят раствор циркуля на график, где читают значения уклона.

Определение угла наклона линии на топографической карте выполняют, пользуясь графиком заложений, который строится по тому же принципу, что и масштаб уклонов. На горизонтальной прямой масштаба нанесены углы наклона, а плавная кривая соответствует значениям заложений, вычисленным для данного масштаба карты и принятой высоты сечения.

10.5. Проектирование линии с заданным уклоном

Проектирование линии заданного уклона часто встречается в инженерной практике при трассировании по карте с горизонталями линейных сооружений.

Допустим, что из точки M (рис.77) требуется провести линию в направлении на точку N так, чтобы ни один отрезок не имел уклона больше заданного i .

Определяют заложение d по формуле

$$d = \frac{h}{i},$$

где h – высота сечения рельефа.

Раствором циркуля, равным d , в масштабе карты засекают последовательно по горизонталям точки 1,2,3..., по которым должна проходить требуемая линия от исходной точки до конечной.

В процессе работы над этой задачей можно использовать несколько вариантов решения.

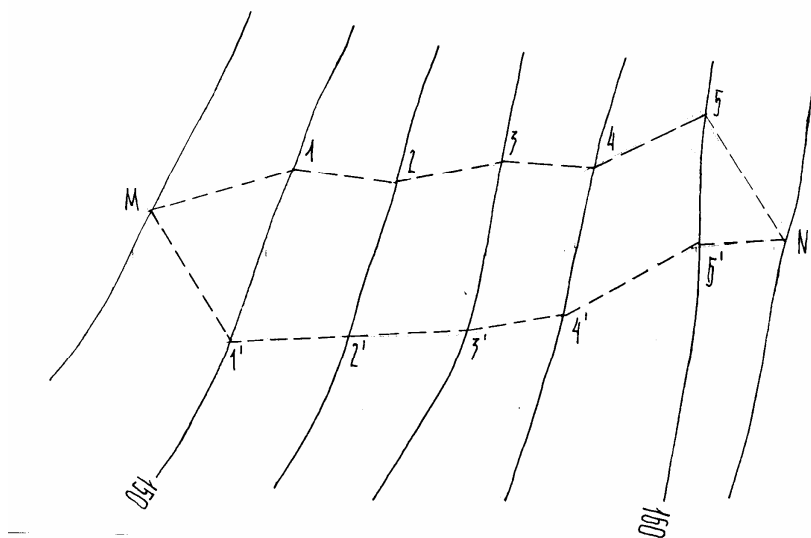


Рис.77. Проектирование линии с заданным уклоном

Контрольные вопросы

1. Что называется планом и картой?
2. Что такое высота сечения рельефа?
3. Что называется уклонами линии?
4. Как определить координаты и отметки точек на планах и картах?
5. Как определить крутизну скатов?
6. В чем сущность аналитического, геометрического и механического способов определения площадей на планах и картах?

Раздел 3. ИНЖЕНЕРНО-ГЕОДЕЗИЧЕСКИЕ ИЗЫСКАНИЯ И ПРОЕКТИРОВАНИЕ ТРАССЫ ЛИНЕЙНЫХ СООРУЖЕНИЙ

11. Геодезическое обеспечение проектно-изыскательских работ

11.1. Состав и содержание работ при инженерных изысканиях зданий и сооружений

Изыскание – это комплекс экономических и технических исследований района будущего строительства с целью получения данных, необходимых для решения вопросов проектирования, строительства и эксплуатации зданий, сооружений.

Изыскания подразделяются на:

- технико-экономические;
- инженерные.

Технико-экономические изыскания для разработки технико-экономического обоснования (ТЭО), целесообразности строительства объектов на данной территории выполняют в первую очередь. При этом рассматриваются техническая возможность строительства, вопросы хозяйственной, социальной и экологической обстановки, а также наличие сырьевой и строительной баз, подъездных путей, трудовых ресурсов и т.п.

Инженерные изыскания проводят для комплексного изучения природных условий территории строительства и определения порядка размещения будущих объектов строительства на местности, то есть для получения данных, необходимых на стадии проектирования. Инженерные изыскания предшествуют проектированию и строительству объектов и заключаются во всестороннем изучении и анализе территории.

Проектирование объектов строительства осуществляют, как правило, в одну или две стадии, в зависимости от технической сложности объекта и необходимости разработки рабочих чертежей со сметами. Инженерные изыскания осуществляют отдельно для каждой стадии проектирования. При этом для сложных объектов могут выполняться дополнительные изыскания в целях доработки проектных решений.

Инженерные изыскания, в зависимости от времени исполнения и характера работ, делятся на три периода:

- **подготовительный** – сбор и анализ материалов ранее проведенных изысканий на данной территории, составление программы, смет и формирование изыскательских подразделений;
- **полевой** – выполнение работ по намеченной программе на местности, а также части камеральных и лабораторных работ для обеспечения

непрерывности полевого изыскательского процесса и контроля полноты, точности полевых работ;

– **камеральный** – обработка и оформление результатов полевых работ, составление отчетной документации.

По содержанию работ и назначению инженерные изыскания делятся на три основных вида: инженерно-геологические, инженерно-геодезические и инженерно-гидрометеорологические. Кроме того, могут проводиться специальные изыскания, в зависимости от почвенно-грунтовых, геоботанических, экономических и других факторов.

При выполнении инженерно-геологических изысканий подлежат изучению качество грунта под здания и сооружения, физико-механические свойства и формы их проявления, грунтовые воды.

При инженерно-гидрометеорологических изысканиях изучаются поверхностные воды и климатические условия.

При инженерно-геодезических изысканиях объектом изучения являются рельеф и ситуация участка местности, выделенного под застройку. В состав работ здесь входят создание опорных геодезических сетей, производство топографических съемок в масштабах 1:500–1:1000, изыскание трасс для строительства линейных сооружений.

Выполнение этих работ является началом геодезического обслуживания строительства.

Инженерные изыскания выполняют тресты инженерных изысканий и проектно-изыскательские организации соответствующих министерств и ведомств, в которых для выполнения изыскательских работ формируются подразделения (экспедиции, партии, отряды и бригады). Инженерные изыскания проводятся в соответствии с техническим заданием: составляется проект или программа производства геодезических изысканий, в зависимости от сложности комплекса изыскательских работ. Инженерные изыскания выполняются в соответствии с требованиями нормативных документов Федеральной службы геодезии и картографии (ФСГК) России. Изыскания должны обеспечивать получение всех материалов и данных, необходимых для проектирования, строительства зданий и сооружений, а также реконструкции предприятий.

На основании материалов инженерных изысканий разрабатывается комплекс документов проектов строительства зданий и сооружений.

Инженерно-геодезические изыскания. Инженерно-геодезические изыскания являются составной частью комплекса изысканий: инженерно-геологических, инженерно-гидрометеорологических, экологических, экономических и др. Изыскания проводятся в соответствии со строительными нормами и правилами: «Инженерные изыскания для строительства. Основные положения.» (СН и П 11-02-96) [5] и «Инженерно-геодезические изыскания для строительства» (СП 11-104-97) [8].

Выполнение геодезических работ по инженерным изысканиям является неотъемлемой частью основных этапов технологического процесса возведения зданий, сооружений. Оно предшествует и сопутствует их проектированию, строительству и эксплуатации.

Инженерно-геодезические изыскания имеют целью получение широкого спектра данных для составления проекта строительства. В процессе инженерно-геодезических изысканий выполняются следующие работы:

- сбор и анализ имеющихся топографо-геодезических материалов на данную территорию;
- создание планово-высотных съемочных сетей;
- топографическая съемка участка проектирования;
- съемка подземных инженерных коммуникаций;
- геодезическое трассирование линейных сооружений;
- геодезическое обеспечение других видов изысканий с планово-высотной привязкой точек полевых измерений и наблюдений.

Для решения вопросов по вариантам рационального расположения проектируемых объектов строительства на данной территории необходимо наличие карт, планов, профилей местности, схем, а также материалов по опорным геодезическим сетям и крупномасштабным съемкам будущей строительной площадки или направления линейного сооружения. При разработке ТЭО целесообразности строительства объекта на территорию застройки подбирают топографо-геодезические данные прошлых лет, производят их обновление или новую съемку. Подготовка этих материалов осуществляется в процессе проведения инженерно-геодезических изысканий для предпроектной документации. В этот период на площадке проектируемого строительства выполняются основные работы: проверка наличия и (при необходимости) создание опорной геодезической сети, топографические съемки, промеры глубин на реках и водоемах, нивелирование водотоков для составления продольных и поперечных профилей по промеренным створам, перенесение в натуру и привязка инженерно-геологических выработок.

На этапе проектирования инженерно-геодезические изыскания предваряют каждую последующую стадию выполнения геодезических работ по инженерной подготовке площадки проектируемого строительства, а также геодезических расчетов по подготовке к размещению на этой площадке объектов строительства в плане и высоте.

Изыскания для проекта отличаются от ранее выполненных работ по изысканиям для проектной документации лишь значительным объемом по точности и детальности разработок. Результатом изысканий является получение топографо-геодезических и гидрографических материалов, необходимых для разработки генплана строительства или определения оптимального направления трассы линейных сооружений. На этом этапе вы-

полняются следующие работы: сбор и анализ топографо-геодезического материала, построение (развитие) опорных геодезических сетей, создание планово-высотной съемочной сети, топографические съемки, геодезическое обеспечение других видов изысканий, составление и размножение планов.

Выбор масштаба топографической съемки и высоты сечения рельефа зависит от вида строительства, типов зданий и сооружений, густоты инженерных коммуникаций, характера застройки, степени благоустройства территории и природных условий. Топографическая съемка для разработки генплана строительства выполняется в масштабах 1:500–1:10000 с высотой сечения рельефа, выбираемой в зависимости от характера рельефа.

Для разработки проектов реконструкции эксплуатируемых предприятий, застройки населенных пунктов производится топографическая съемка в масштабах 1:1000 и 1:500, с высотой сечения рельефа через 1–0,5 м.

Инженерно-геодезические изыскания для рабочих чертежей должны обеспечить получение топографо-геодезических данных на участках проектируемых объектов и заключаются в дальнейшей детализации ранее выполненных изысканий для проекта, а также в большем развитии опорных и съемочных геодезических сетей, обеспечении других видов изысканий, обновлении и размножении планов. Масштабы съемок определяются в зависимости от участков съемки и вида проектируемого объекта. Для реконструкции действующих предприятий дополнительно выполняются координирование углов капитальных зданий (сооружений), колодцев, опор инженерных коммуникаций; детальное обследование конструкций зданий (сооружений) и инженерных коммуникаций, а также опор и колодцев; съемка геометрических параметров несущего каркаса зданий (сооружений); наружные обмеры зданий (сооружений); геодезическое обеспечение инженерных режимных наблюдений.

Для реконструкции предприятий по специальному заданию по данным наружных обмеров зданий (сооружений) составляются обмерные чертежи в масштабах 1:500–1:50. Расхождение длин стен зданий, полученных из обмеров и вычисленных по координатам, не должно превышать 10 мм при длинах менее 100 м и 1/1000 при длинах свыше 100 м.

Содержание инженерно-геодезических изысканий, **предшествующих строительству**, заключается в выполнении работ по выносу в натуру главных и основных осей зданий, сооружений перед началом их строительства.

На этапе непосредственного строительства выполняются работы по детальной разбивке и геодезическому обслуживанию строительно-монтажных работ.

После **завершения строительства** перед сдачей объектов в эксплуатацию инженерно-геодезические изыскания заканчиваются выполнением

исполнительных съемок, а в период эксплуатации зданий и сооружений – наблюдением за возможными деформациями грунта и отдельных строительных конструкций.

Состав и объем инженерно-геодезических изысканий зависит от сложности проектирования и строительства данного объекта и должен определяться в программе изыскательских работ. По результатам выполненных инженерно-геодезических изысканий составляется технический отчет.

Обновление имеющихся топографических планов выполняется для приведения их в соответствие с современным состоянием ситуации и рельефа. При этом используются материалы съемки текущих измерений, исполнительной съемки и аэрокосмических съемок.

Геодезической основой для выполнения инженерно-геодезических изысканий на площадках служат пункты опорных геодезических сетей и точки съемочной геодезической сети. Геодезической плановой основой на больших территориях строительства являются государственные сети триангуляции, трилатерации и полигонометрии 1, 2, 3 и 4 классов, а высотной основой – нивелирные сети I, II, III и IV классов. При отсутствии пунктов геодезических сетей на территории строительства в качестве плановой геодезической основы для крупномасштабной съемки строят самостоятельные свободные сети линейно-угловой триангуляции, трилатерации или полигонометрии, используется спутниковая система ГЛОНАСС.

Отличительными особенностями современных инженерно-геодезических изысканий являются:

1 – широкое использование компьютерных технологий сбора информации о местности: геоинформационных систем – ГИС, а также данных государственного кадастра недвижимости;

2 – применение материалов аэрокосмических съемок в сочетании с технологиями, основанными на наблюдениях искусственных спутников Земли (ИСЗ);

3 – создание цифровых моделей местности и рельефа, электронных карт и планов, 3D – визуализация участков возможного размещения новых объектов строительства. Таким образом, необходимая информация и топографическое обеспечение проектирования и строительства могут быть получены в кратчайшие сроки и в форме, совместимой с технологиями системного автоматизированного проектирования.

Контрольные вопросы

1. Виды и содержание геодезических работ в строительстве.
2. Цель проведения инженерных изысканий.
3. Состав работ при выполнении инженерно-геодезических изысканий на этапе разработки ТЭО строительства.

4. Производство геодезических работ на этапе проектирования строительства.

5. Отличие состава работ инженерно-геодезических изысканий при разработке генплана строительства проектов реконструкции предприятий, а также рабочих чертежей.

6. Что принимают за плановую и высотную геодезическую основу при выполнении инженерно-геодезических изысканий

11.2. Инженерно-геодезические изыскания трасс линейных сооружений

Трассой называют продольную ось проектируемого линейного сооружения. К линейным сооружениям относят подъездные, железные и автомобильные дороги, линии электропередачи, связи, водопровода, канализации, теплосети и т.п., сооружения линейного типа с малой площадью застройки, но значительные по протяженности. Положение такого сооружения на местности определяется основным геометрическим параметром – осью трассы (ось проектируемого сооружения).

Основными элементами трассы являются планы прямых и кривых участков разного направления, плавно переходящих друг в друга и продольный профиль (вертикальный разрез по оси трассы), состоящий из прямых участков с разными уклонами. Задать на местности направление оси трассы означает задать положение направления оси данного вида линейного сооружения. При выборе направления положения трассы необходимо руководствоваться соответствующими техническими условиями на ее проектирование. Так, для автомобильных дорог необходимо обеспечить плавность и безопасность движения, а для самотечных трубопроводов – уклоны и глубину заложения, обеспечивающие нормальное их функционирование. Кроме технических условий, в расчет принимают экономические, экологические и другие факторы. Выполнение такого комплекса работ по выбору оптимального варианта прокладки трассы, отвечающего предъявляемым требованиям и дающего наибольший экономический эффект, называют **трассированием**.

Трассирование по имеющимся или вновь составленным в процессе изысканий топографическим картам и планам называют **камеральным трассированием**.

Работы по переносу и закреплению запроектированной трассы на местности называют **полевым трассированием**.

Порядок и состав выполнения работ по инженерно-геодезическим изысканиям для проектирования трасс линейных сооружений немного отличаются от работ по изысканиям для строительных площадок.

Инженерно-геодезические изыскания для всех типов линейных сооружений осуществляются в следующем порядке:

- выбор направления трассы по топографической карте с последующим осмотром местности в натуре;
- согласование прохождения трассы с соответствующими юридическими лицами, так как строительство линейного сооружения связано с изъятием земли у землепользователей и землевладельцев);
- вынос трассы с карты на местность, закрепление ее знаками с разбивкой пикетажа и элементов кривых;
- нивелирование трассы;
- плановая и высотная привязки трассы;
- составление плана трассы и переходов ее через препятствия в более крупном масштабе, составление продольного и поперечного профилей.

В соответствии с двух – стадийным проектированием трасс линейных сооружений изыскания трасс делятся на: **предварительные и окончательные.**

В состав предварительных изысканий (осуществляются на стадии разработки проекта) входит выполнение следующих работ:

- сбор и анализ имеющихся топографо-геодезических, аэросъемочных материалов, а также данных изысканий прошлых лет по направлению трассы;
- камеральное трассирование вариантов трассы и полевое обследование намеченных вариантов;
- топографическая съемка вдоль намеченных вариантов трассы.

В случае отсутствия крупномасштабных топографических планов выполняют полевое трассирование с проложением теодолитных и тахеометрических ходов по всей длине трассы. Предварительные изыскания для получения материалов, необходимых для определения оптимального положения трассы сооружения, осуществляются в основном камеральным путем.

При камеральном трассировании выполняется проектирование трассы по топографическим картам масштабов 1:25000, 1:50000 в нескольких вариантах. Трассу прокладывают участками по линии опорных точек, соединяющей ее начало и конец, руководствуясь при этом заданным уклоном трассирования i . Для этого вычисляют соответствующее уклону заложение d по формуле

$$d = \frac{h}{iM},$$

где h – сечение рельефа;

M – масштаб карты.

Используя вычисленные заложения на карте, осуществляют размещение трассы. На равнинной местности рельеф не препятствует продвиже-

нию трассы в любом направлении, поэтому такое трассирование называется свободным. В гористой или сильно всхолмленной местности, основным фактором, влияющим на выбор трассы, является рельеф, так как крутизна скатов на местности, превышает допустимые значения для проектируемых сооружений. В таких условиях трассу ведут напряженным ходом, т.е. выбирают такие направления, где бы уклон местности соответствовал допустимым значениям уклона трассы. В таких случаях строится линия с заданным уклоном. Линию нулевых работ намечают раствором циркуля, равным заложению d , последовательно засекая соседние горизонтали и соединяя полученные точки отрезками прямых. Обычно строится несколько вариантов (рис.78), из которых выбирается наиболее приемлемый. Полученная таким образом линия трассы является слишком извилистой, поэтому ее спрямляют. Разместив, трассу на карте, определяют координаты ее углов поворота, строят пикетаж, делают расчет сопрягающих кривых и составляют продольный профиль, используя для этого высоты точек, найденные по горизонталям. По горизонталям устанавливают отметки пикетов и характерных перегибов местности вдоль трассы.

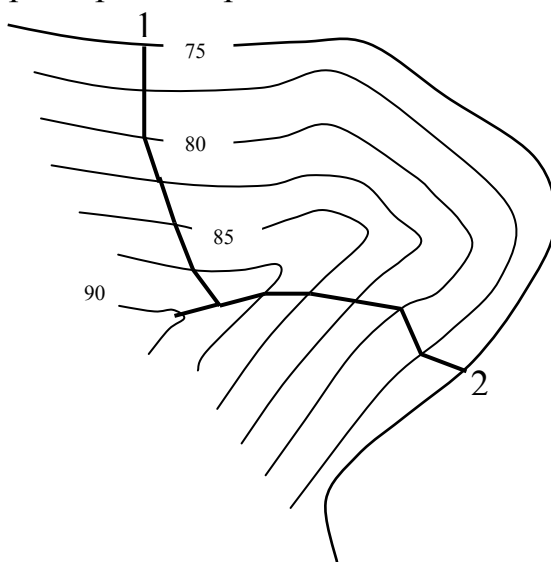


Рис.78. Пример выбора направления трассы

По отметкам и пикетажу строят продольный профиль трассы. По нему проектируют ее высотное положение, вычисляют длины отдельных участков, объем земляных работ и т.п. Осуществляют технико-экономическое сравнение вариантов трассы и выбирают оптимальный из них.

При полевом обследовании подробно изучают природные условия вдоль выбранного варианта трассы, особенно в местах сложных переходов и неблагоприятной геологии. Уточняют положение трассы, закрепляя в натуре наиболее трудные участки.

Окончательные изыскания (для рабочей документации) представляют собой в основном полевые изыскания на местности вдоль трассы: полевое трассирование, планово-высотные привязки трасс к пунктам опорной геодезической сети; топографическая съемка полосы местности вдоль трассы.

Полевое трассирование начинается с рекогносцировки, т.е. на местности отыскиваются точки опорной геодезической сети, и осуществляется привязка к ним. Производится разбивка пикетажа (вдоль трассы последовательно откладываются отрезки по 100 метров). Начало и конец отрезков закрепляются кольшками, которые называются пикетами. Нумерация пикетов ведется от начала трассы. Первому пикету присваивается 0 номер.

Помимо пикетов на местности закрепляются рельефные точки (перегибы скатов), контурные (пересечение трассой контуров местности), а также вершины углов поворота. Эти точки называются плюсовыми. Расстояние до них измеряется в метрах от младшего пикета. Например: имеется точка ПКЗ+40, это значит, что она удалена на 340 метров от начала трассы (нулевого пикета).

Для характеристики поперечных уклонов местности в обе стороны от трассы разбиваются поперечники, которые также обозначаются кольшками с подписанными на них номерами, а так же направлениями и расстояниями от трассы, (Право – 20, Лево – 20), что означает, точка расположена в 20 метрах вправо или влево от трассы. Одновременно с разбивкой пикетажа ведется съемка местности, прилегающей к трассе. Результаты съемки заносятся в пикетажный журнал, в котором трассу обозначают прямой линией, а углы поворота стрелками. В пикетажный журнал записывают номера и данные привязок, реперов, пикетов, поперечников, положение плюсовых точек. Сведения о грунтах в пределах трассы. На этой же стороне журнала приводятся данные расчета круговых кривых и их пикетажные значения.

Полевой трассирование включает следующие виды работ:

- вынесение проекта трассы в натуру. Вешение линий;
- определение углов поворота;
- линейные измерения. Разбивка пикетажа с ведением пикетажного журнала;
- разбивка круговых и переходных кривых;
- нивелирование трассы. Установка вдоль трассы реперов;
- закрепление трассы;
- привязка трассы к пунктам геодезической основы;
- съемка площадок, переходов, пересечений;
- обработка полевых материалов. Составление плана трассы и продольного профиля.

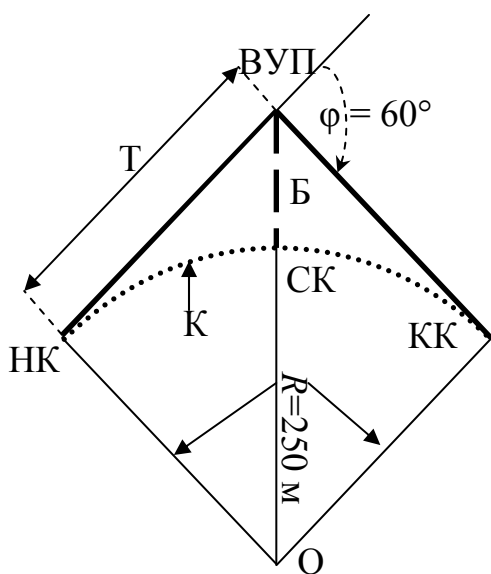
Ширина полосы съемки вдоль трассы линейного сооружения должна составлять до 100 метров, на незастроенных территориях и ограничиться шириной проезда (улицы) на застроенных территориях.

Контрольные вопросы

1. Что такое трасса?
2. Какие виды линейных сооружений вы знаете.
3. Ваше понятие о камеральном трассировании и как оно выполняется?
4. Виды геодезических работ при полевом трассировании.
5. Порядок и состав выполнения работ по инженерно-геодезическим изысканиям для всех типов линейных сооружений.
6. Полевое трассирование.
7. Пикетажный журнал. Как производится разбивка пикетажа?
8. С какого номера начинается отсчет пикетов на трассе?
9. Что такое напряженный ход трассы, как он прокладывается?

12. Расчет элементов и главных точек круговой кривой

При разбивке линейных сооружений возникает необходимость разбивки круговых кривых, т.е. дуг определенного радиуса. Разбивка кривой сводится к плановому определению трех ее точек: Начала кривой (НК), середины кривой (СК) и конца кривой (КК). С этой целью определяют точку поворота трассы и измеряют угол поворота φ , а также определяют радиус дуги R . Радиус выбирают произвольно, но не меньше значения установленного для данной категории дорог. В данном варианте $\varphi_{пр} = 60^\circ$, $R = 250$ метров. Угол поворота и радиус дуги являются основными параметрами круговой кривой (рис. 79).



$$T = R \cdot \operatorname{tg} \varphi / 2 = 144,34 \text{ м}$$

$$K = \pi R (\varphi / 180^\circ) = 261,67 \text{ м}$$

$$B = R \cdot \left[\frac{1}{\cos \varphi / 2} - 1 \right] = 36,68 \text{ м}$$

$$D = 2T - K = 27,01 \text{ м}$$

Рис.79. Пример расчета элементов круговой кривой

Определяем главные элементы круговой кривой:

а. Тангенс кривой (T) – расстояние от вершины угла поворота кривой (ВУП) до точек касания.

$$T = R \cdot \operatorname{tg} \varphi / 2.$$

б. Длина кривой (K) – расстояние между точками касания, считываемое по кривой.

$$K = \pi R (\varphi / 180^\circ).$$

в. Биссектриса – расстояние от вершины угла до середины кривой.

$$B = R \cdot \left[\frac{1}{\cos \varphi / 2} - 1 \right].$$

г. Домер – разница расстояний считываемых по тангенсам и по кривой.

$$D = 2T - K.$$

где ВУ вершина угла.

$$КК = НК + К.$$

После расчета значений НК и КК производим контроль.

$$КК = ВУ + Т - Д,$$

$$СК = КК - К/2,$$

$$СК = НК + К/2.$$

Разница между двумя значениями середины кривой не должна превышать 2 см. В случае, когда кривая имеет большие тангенсы, точки начала и конца кривой откладываются от ближайших пикетов.

Пример заполнения первой страницы пикетажного журнала и расчета пикетажных значений главных точек кривой приведен на рис. 80.

Вынос пикетов с тангенсов на кривую. При разбивке круговых кривых, пикеты с тангенса на кривую, выносятся методом прямоугольных координат. За ось X принимается тангенс кривой, а за ось Y линия перпендикулярная тангенсу. Величину X откладывают от начала кривой по тангенсу для пикетов, расположенных до поворота и от конца кривой для пикетов, расположенных за поворотом.

Как видно из значений пикетажа на кривую попадают три пикета ПК3, ПК4 и ПК5, причем ПК3 и ПК4 расположены до поворота, а ПК5 за поворотом.

Находим положение пикетов на тангенсах, которые находятся до поворота. Определяем их положение на тангенсе (рис.81).

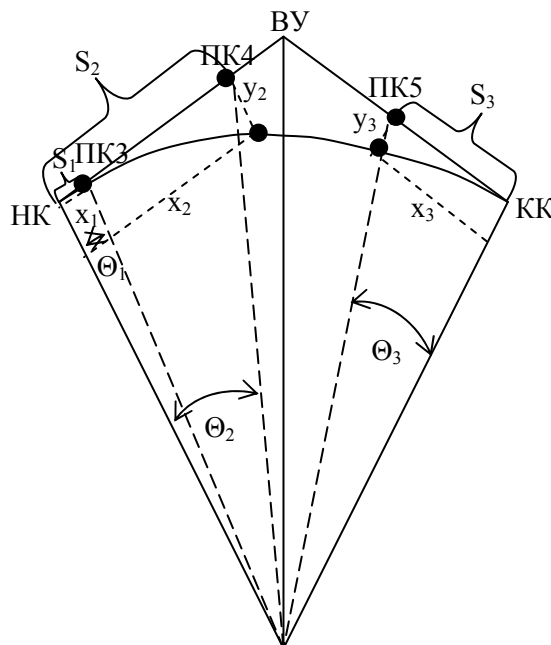


Рис.81. Схема выноса пикета с тангенса на кривую

Для того, чтобы определить положение пикета на кривой, необходимо определить его координаты X и Y , которые определяются по формулам:

$$X = R \cdot \sin \Theta; Y = R \cdot (1 - \cos \Theta),$$

где $\Theta = (s/R) \cdot p$ (здесь Θ – внутренний угол; s – длина кривой от ближайшего пикета до НК или КК; $p = 57,3^\circ$ – один радиан).

Определяем значения S для всех пикетов.

$$S_1 = \text{ПК3} - \text{НК} = 300 - 285,66 = 14,34 \text{ м.}$$

$$S_2 = \text{ПК4} - \text{НК} = 400 - 285,66 = 114,34 \text{ м.}$$

$$S_3 = \text{КК} - \text{ПК5} = 547,33 - 500 = 47,33 \text{ м.}$$

Определяем значение центрального угла и координаты $X_1; Y_1$ для выноса пикета ПК3.

$$\Theta_1 = (s_1/R) \cdot p = (14,34 / 250) \cdot 57,3^\circ = 3,29^\circ = 3^\circ 17',$$

$$X_1 = R \cdot \sin \Theta_1 = 250 \cdot 0,057 = 14,25 \text{ м,}$$

$$Y_1 = R (1 - \cos \Theta_1) = 250 \cdot 0,002 = 0,5 \text{ м.}$$

Аналогичным образом определяем значения центральных углов и координат для выноса пикетов 4 и 5.

$$\Theta_2 = (s_2/R) \cdot p = (114,34 / 250) \cdot 57,3^\circ = 26,21^\circ$$

$$X_2 = R \cdot \sin \Theta_2 = 250 \cdot 0,44 = 110 \text{ м.}$$

$$Y_2 = R (1 - \cos \Theta_2) = 250 \cdot 0,103 = 25,75 \text{ м.}$$

$$\Theta_3 = (s_3/R) \cdot p = (47,33 / 250) \cdot 57,3^\circ = 10,85^\circ.$$

$$X_3 = R \cdot \sin \Theta_3 = 250 \cdot 0,188 = 47 \text{ м.}$$

$$Y_3 = R (1 - \cos \Theta_3) = 250 \cdot 0,018 = 4,5 \text{ м.}$$

При выносе пикета с тангенса на кривую, на местности по тангенсу откладывается значение X , затем с помощью теодолита из полученной точки восстанавливается перпендикуляр и по нему откладывается значение Y . Полученная точка соответствует положению пикета на кривой.

13. Нивелирование трассы

Нивелирование трассы выполняется после разбивки пикетажа с целью определения абсолютных отметок пикетажных, плюсовых и других точек на оси дороги, точек на поперечных профилях, а также постоянных и временных реперов, установленных вдоль дороги. На равнинной и слабо всхолмленной местности обычно применяется способ геометрического нивелирования. На местности с большими углами наклона целесообразней применять тригонометрическое нивелирование.

Геометрическое нивелирование трассы обычно выполняется по программе нивелирования IV класса, или технического нивелирования в прямом и обратном направлениях, либо двумя нивелирами в одном направлении. Нивелирования по ходу ведут методом из середины, устанавливая равенство плеч на глаз (рис.82). Пикеты нивелируются как связующие точки, а плюсовые точки и поперечники, как промежуточные (рис.83).

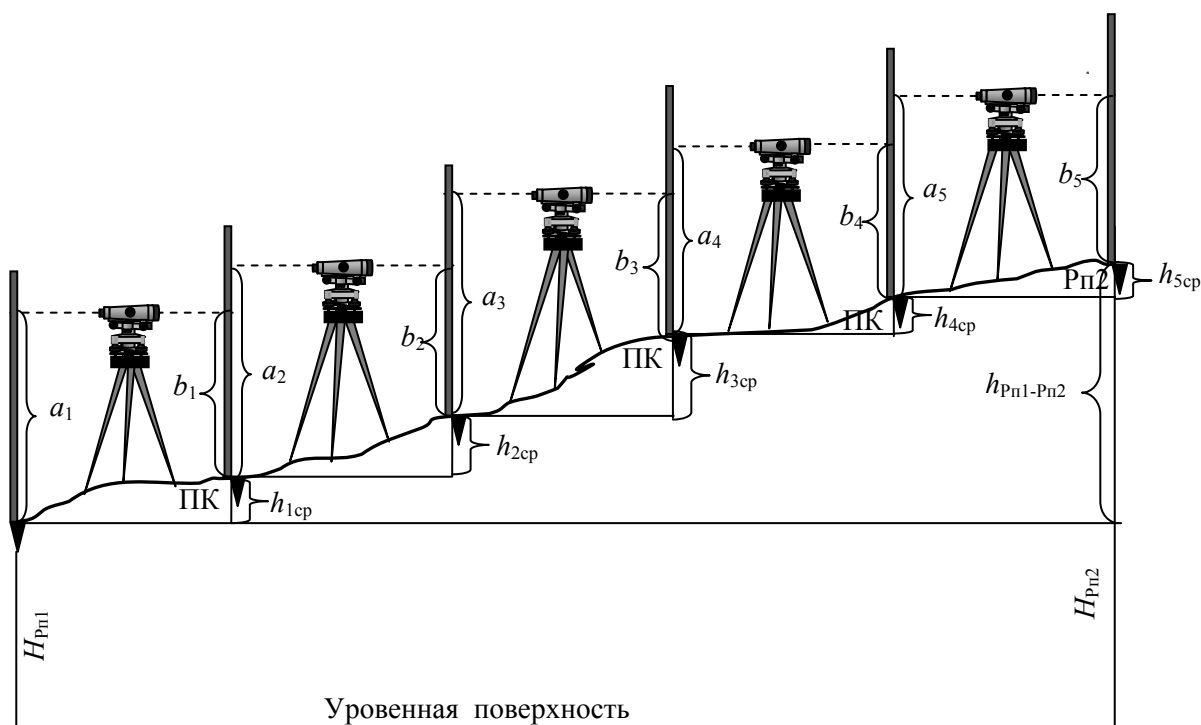


Рис. 82. Схема нивелирования профиля автодороги

Из рис. 82 видно, что превышение между реперами Рп1 и Рп2 равно сумме превышений между всеми точками профиля, т.е.

$$h_{\text{Рп1-Рп2}} = h_{1\text{cp}} + h_{2\text{cp}} + h_{3\text{cp}} + h_{4\text{cp}} + h_{5\text{cp}}.$$

Но превышение между точками равно $h_1 = a - b$, то есть взгляд назад минус взгляд вперед. То есть превышение между реперами 1 и 2 будет равно сумме взглядов назад минус сумма взглядов вперед.

Для того, чтобы исключить ошибки при измерениях, превышение между связующими точками, находится как среднее из измерений, снятых по черной и красной сторонам рейки.

$$h_1 = a_{\text{ч}} - b_{\text{ч}},$$

$$h_2 = a_{\text{кр}} - b_{\text{кр}},$$

$$h_{\text{ср}} = (h_1 + h_2)/2.$$

Отметки промежуточных точек определяются через горизонт прибора.

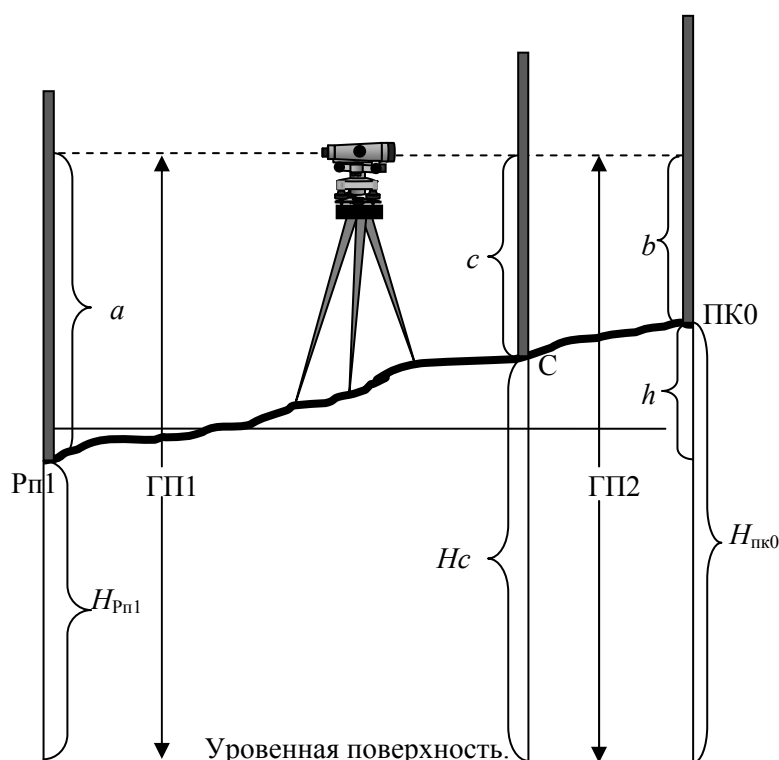


Рис. 83. Схема определения отметки промежуточной точки при нивелировании из середины

Горизонтом прибора называется расстояние от уровенной поверхности до визирной оси нивелира. Пусть требуется определить отметку точки С, характеризующую резкий перепад рельефа между Рп1 и ПК0. Горизонт прибора равен $\Gamma\Pi = H_A + a$ (см. рис.83), абсолютной отметке точки плюс отсчет по черной стороне рейки, установленной на этой точке.

Вычисляем горизонт прибора по формулам:

$$\Gamma\Pi_1 = H_{\text{Рп1}} + a,$$

$$\Gamma\Pi_2 = H_{\text{ПК0}} + b,$$

$$\Gamma\Pi_{\text{ср}} = (\Gamma\Pi_1 + \Gamma\Pi_2)/2.$$

Разница между двумя значениями ГП не должна превышать 5 мм.

Устанавливаем рейку на точку С и берем отсчет по черной стороне, получаем отсчет с. Абсолютная отметка точки С равна: $H_c = ГП_{cp} - c$.

Расчет результатов нивелирования трассы автодороги. Результаты нивелирования трассы автодороги заносятся в специальный журнал (табл. 12). Трасса автодороги разделена на шесть отрезков по 100 метров, концам отрезков соответствуют номера пикетов от 0 до 6.

Обработка результатов нивелирования осуществляется в следующей последовательности:

Определяются превышения между всеми пикетами и реперами (как между связующими точками). Например: определяем превышение между репером №1 и пикетом №0. Нивелир установлен посередине между этими точками. Точка соответствующая РП1 является задней, а точка пикета 0 передней. Отсчеты по рейке, установленной на этих точках, сняты, как по черной, так и по красной стороне (табл. 12).

$$h_1 = a_{ч} - b_{ч} = 1712 - 2108 = -0396,$$

$$h_2 = a_{кр} - b_{кр} = 6494 - 6892 = -0398,$$

$$h_{cp} = (h_1 + h_2) / 2 = -0397.$$

Определяем все превышения в табл. 12 и вносим их значения в столбец 6. В столбец 7 вносим значения средних превышений.

Между пикетом №1 и пикетом №2 имеется точка под номером x , такие точки называются иксовыми. Они вводятся в тех случаях, когда превышения между связующими точками больше высоты рейки (3 м), или расстояния между двумя нивелируемыми точками превышают допустимые значения для определения нивелиром. Иксовые точки служат для передачи отметок от одной связующей точки к другой (рис.84). Превышения между иксовыми точками и связующими точками, определяется так же, как и для связующих точек. Единственным отличием иксовых точек от связующих точек, является то, что на профиле автодороги, они не отображаются.

Производим постраничный контроль: складываем все превышения в столбце задние отсчеты по рейкам. Сумма отсчетов равна $\Sigma a = 33808$. таким же образом находим сумму превышений в столбце передние отсчеты. $\Sigma b = 43186$.

Находим разницу между этими суммами.

$$\Sigma h = \Sigma a - \Sigma b = 33,808 - 43,186 = -9,378 \text{ м.}$$

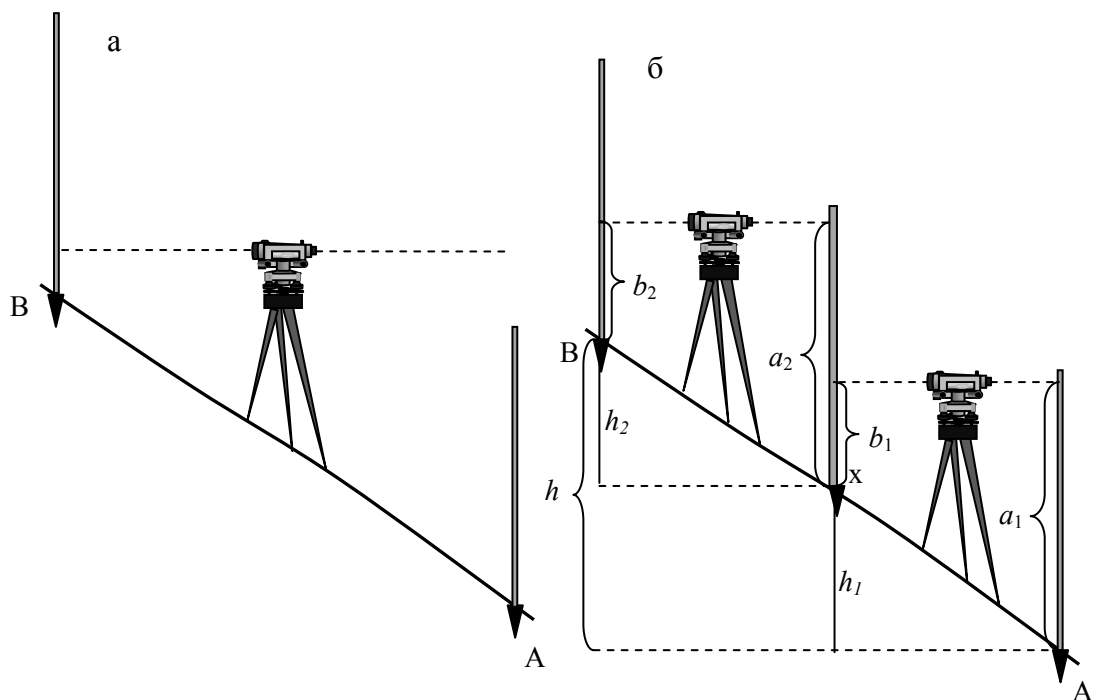


Рис. 84. Схема передачи отметки через x точку

Находим сумму всех вычисленных превышений. $\Sigma h_{\text{выч.}} = -9,378$. Сумма вычисленных превышений должна быть равна разнице между суммами отсчетов на задние и передние рейки.

$$\Sigma h_{\text{выч.}} = \Sigma a - \Sigma b = -9,378 \text{ м.}$$

Сумма средних превышений равна половине вычисленных превышений.

$$\Sigma h_{\text{ср}} = \Sigma h_{\text{выч.}}/2 = -9,378/2 = -4,689 \text{ м.}$$

Все полученные данные вносятся в строки графы постраничный контроль.

Определяем значения всех превышений на странице №2 табл.12. (Эти расчеты студенты производят самостоятельно.) Производим постраничный контроль страницы №2, аналогично странице №1.

Производим контроль по ходу, т.е. находим суммарные значения во всех графах.

Таблица 12 (стр. 1)

ЖУРНАЛ НИВЕЛИРОВАНИЯ ТРАССЫ АВТОДОРОГИ

Номер станции	Нивелируемые точки	Отсчеты по рейкам (мм).			Превышения (мм).		Горизонт прибора (м)	Абсолютные отметки (м)
		Задней	Передней	Промежуточные	Вычисленные	Средние		
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	Рп1	1712			-0396			42,487
		6494				-0397 ⁻²		
	ПК0		2108		-0398	-0399		42,088
			6892					
2	ПК0	0650			-2056		ГП ₁ =42,738	42,088
		5432				-2054 ⁻³	ГП ₂ =42,737	
	ПК1		2706		-2052	-2057	ГП _{ср} =42,738	40,031
			7484					
	ПК0+70			1600				41,138
3	ПК1	1020			-1060			40,031
		5800				-1059 ⁻³		
	X		2080		-1058	-1062		38,964
			6858					
4	X	0478			-1912			38,964
		5257				-1912 ⁻³		
	ПК2		2390		-1912	-1915		37,054
			7169					
5	ПК2	1090			0732		ГП ₁ =38,144	37,054
		5875				0734 ⁻³	ГП ₂ =38,142	
	ПК4		0358		0734	0731	ГП _{ср} =38,143	37,784
			5141					
				2960				35,183
	ПК2+44			2962				35,181
	ПК2+76							
ПК3			1510				36,633	
Постраничный контроль		33808	43186		-9378	-4689		
			-9378		-4689			

Т а б л и ц а 12 (стр.2)

ЖУРНАЛ НИВЕЛИРОВАНИЯ ТРАССЫ АВТОДОРОГИ

Номер станции	Нивелируемые точки	Отсчеты по рейкам (мм).			Превышения (мм).		Горизонт прибора (м)	Абсолютные отметки (м)
		Задней	Передней	Промежуточные	Вычисленные	Средние		
1	2	3	4	5	6	7	8	9
6	ПК4	2311						37,784
		7095						
	ПК5		1406					38,686
			6190					
	ПК4+30			1160				38,934
	Лево 10			0622				39,472
	Право 10			0758				39,336
	ПК5+20			0302				39,792
7	ПК5	1525						38,686
		6305						
	ПК6		0545					39,663
			5325					
8	ПК6	1309						39,663
		6090						
	Рп2		1411					39,557
			6196					
Постраничный контроль		24635	21073		3562	1781		
			3562		1781			
Контроль по ходу	по	58443	64259		- 5816	- 2908		
			-5816		-2908			

Увязка нивелирного хода. Определив сумму всех средних превышений (Графа контроль по ходу), видим, что она равна $\Sigma h_{\text{ср}} = -2,908$ м, но разница между отметками точек Рп1 и Рп2 равна -2,930 ($H_{\text{рп1}} - H_{\text{рп2}} = -2,930$). Эта величина является фактическим превышением между точками Рп1 и Рп2, так как она получена по результатам нивелирования более высокого класса. Находим разницу между полученным и фактическим превышениями: $fh_{\text{пол}} = -2,908 - (-2,930) = 0,022$ м. Вычисленное значение является невязкой нивелирного хода. Определяем допустимость полученной невязки. Допустимая невязка равна $fh_{\text{доп}} = \pm 50 \text{ мм} \cdot \sqrt{L} = 0,039$ м, где L – длина нивелирного хода в километрах. Сравниваем допустимую невязку с полученной и видим, что:

$$fh_{\text{доп}} = 0,039 \text{ м} = 39 \text{ мм} > fh_{\text{пол}} = 0,022 \text{ м} = 22 \text{ мм}.$$

Делаем вывод, что измерения произведены правильно.

Для того, чтобы уравнять нивелирный ход, необходимо избавиться от полученной невязки, т.е. равномерно разбросать ее на все превышения с обратным знаком. Следовательно 22 мм надо разделить на число превышений 8 (см. табл. 12). Но 22 на 8 нацело не делится. Так как геометрическое нивелирование производится с точностью до 1 мм, то доли мм при расчетах не учитываются. Поэтому делим 22 мм на 6 (число превышений между пикетами) и получаем: $22 : 6 = 3$; $6 \cdot 3 = 18$, в остатке остается 4 миллиметра. Делим это число пополам и добавляем к превышениям по 2 мм, полученным между крайними пикетами и реперами.

Вносим полученные поправки в столбец (средние превышения), над средними превышениями (см. табл. 12). Исправленные превышения вносятся в табл. 12 строкой ниже средних превышений.

Сумма исправленных превышений должна быть равна -2930.

$$(-0,399)+(-2,057)+(-1,915)+0,730+0,902+0,977+(-0,106) = -2,930.$$

Увязав нивелирный ход, определяем абсолютные отметки всех связующих точек по формуле

$$H_{\text{посл}} = H_{\text{пред}} + h_{\text{испр}},$$

где $H_{\text{пред}}$ – отметка предыдущей точки, $h_{\text{испр}}$ – исправленное превышение.

Например: $H_{\text{ПК0}} = H_{\text{Рп1}} + (-0,399) = 42,487 - 0,399 = 42,088$ м.

Аналогичным образом рассчитываем отметки всех связующих точек и вносим их в табл. 12. Производим контрольный расчет:

$$H_{\text{Рп1}} - H_{\text{Рп2}} = 39,557 - 42,487 = -2,930,$$

что свидетельствует о правильности проведенных расчетов.

Определение абсолютных отметок промежуточных точек. Определение отметок промежуточных точек производится через горизонт прибора по формуле: $H_{\text{пром}} = \text{ГП} - c$, где c отсчет по черной стороне рейки, установленной на промежуточную точку. Как видно из табл. 12 отсчеты на промежуточные точки брались на станции №2, между ПК0 и ПК1, станции №5, между ПК2 и ПК4 и на станции №6, между ПК4 и ПК5. Например:

$$\text{ГП}_{1\text{СТ}2} = \text{НПК0} + a_{\text{ч}} = 42,088 + 0,650 = 42,738;$$

$$\text{ГП}_{2\text{СТ}2} = \text{НПК1} + b_{\text{ч}} = 40,031 + 2,706 = 42,737;$$

$$\text{ГП}_{\text{срСТ}2} = 42,738.$$

Аналогичным образом определяем значения ГП на других станциях, данные вносим в таблицу 1 столбец 8.

Определяем отметки промежуточных точек, например:

$$H_{\text{ПК0+70}} = \text{ГП}_{\text{срСТ}2} - c = 42,738 - 1,600 = 41,138.$$

Аналогичным образом определяем отметки других промежуточных точек и вносим их в табл. 12.

В табл. 13 даны промеры глубин р.Сура. Из табл. 12 нам известны отметки точек $H_{ПК2+44} = 35,181$ и $H_{ПК2+76} = 35,183$, $H_{ср} = 35,182$ м. Это среднее значение между двумя отметками. Вносим их в табл. 13.

Т а б л и ц а 1 3

Положение точек	Глубины	Абсолютные отметки
ПК2+44 (урез воды)	0,00	35,182
ПК2+52 (дно)	2,50	32,682
ПК2+60 (дно)	3,20	31,982
ПК2+68 (дно)	2,80	32,382
ПК2+76 (урез воды)	0,00	35,182

Определяем отметки дна р. Сура:

$$H_{ПК2+52} = 35,182 - 2,50 = 32,682 \text{ м};$$

$$H_{ПК2+60} = 35,182 - 3,20 = 31,982 \text{ м};$$

$$H_{ПК2+68} = 35,182 - 2,80 = 32,382 \text{ м}.$$

Вносим полученные данные в табл. 13.

14. Построение продольного профиля автодороги

Профиль автодороги строится на листе миллиметровой бумаги формата А3. Продольный профиль автодороги является исходным документом при проектировании автодорог. Профиль строится по материалам нивелирования трассы автодороги (см. табл. 12), в 1:2000 масштабе (горизонтальный масштаб) и для выразительности рельефа в 10 раз крупнее (1:200) в вертикальном масштабе.

1	10 мм	↕	Уклоны и расстояния
2	15 мм		Проектные отметки
3	15 мм		Абсолютные отметки
4	10 мм		Расстояния и пикеты
5	20 мм		План полосы местности
6	10 мм		Грунты
7	30 мм		Прямые и кривые

Рис. 85. Образец выполнения сетки профиля автодороги

Все необходимые для построения профиля данные заносятся в графы расположенные в нижней части и образующие сетку профиля. Порядок и размер граф показан на рис. 85. Количество и порядок граф может варьировать в зависимости от типа линейного сооружения. Ширина граф дана в миллиметрах. Горизонтальный масштаб профиля 1: 2000 (в 1 см 20 м). Вертикальный масштаб для наглядности берется в 10 раз крупнее 1:200 (в 1 см 2 м).

На листе миллиметровой бумаги (формат А3) ниже сетки необходимо оставить место для штампа. По результатам нивелирования табл. 12 определяется линия условного горизонта. Для этого из журнала нивелирования выбирается минимальная абсолютная отметка (в нашем варианте таковой является отметка 31,982 дно р. Сура). Минимальная отметка должна располагаться выше линии условного горизонта, не менее чем на 4 см (8 м в масштабе 1:200). Тогда $31,983 - 8 = 23,983$. Отметка условного горизонта должна быть целым числом кратным двум, т.е. такими числами являются 20; 22. Для удобства отсчетов выбираем число 20. Линия условного горизонта совпадает с верхней линией сетки, которую для удобства отсчетов совмещают с утолщенной линией миллиметровки. Начало трассы (точка пикета №0) также совмещается с утолщенной линией миллиметровки. На расстоянии 5 миллиметров влево от нулевого пикета, от линии условного горизонта восстанавливают перпендикуляр, на котором строят шкалу высот, через 2 м (1 см на профиле). Оцифровку шкалы производят вверх от условного горизонта: т.е. 20, 22, 24, 26...50 (рис. 86).

Заполнение графы расстояние и пикеты. Пользуясь данными табл. 12 (графа нивелируемые точки) заполняем графу расстояния и пикеты сетки профиля. Так как, расстояние между пикетами равно 100 метрам (5 см в масштабе 1:2000), откладываем от линии нулевого пикета шесть отрезков по 5 сантиметров (рис. 86).

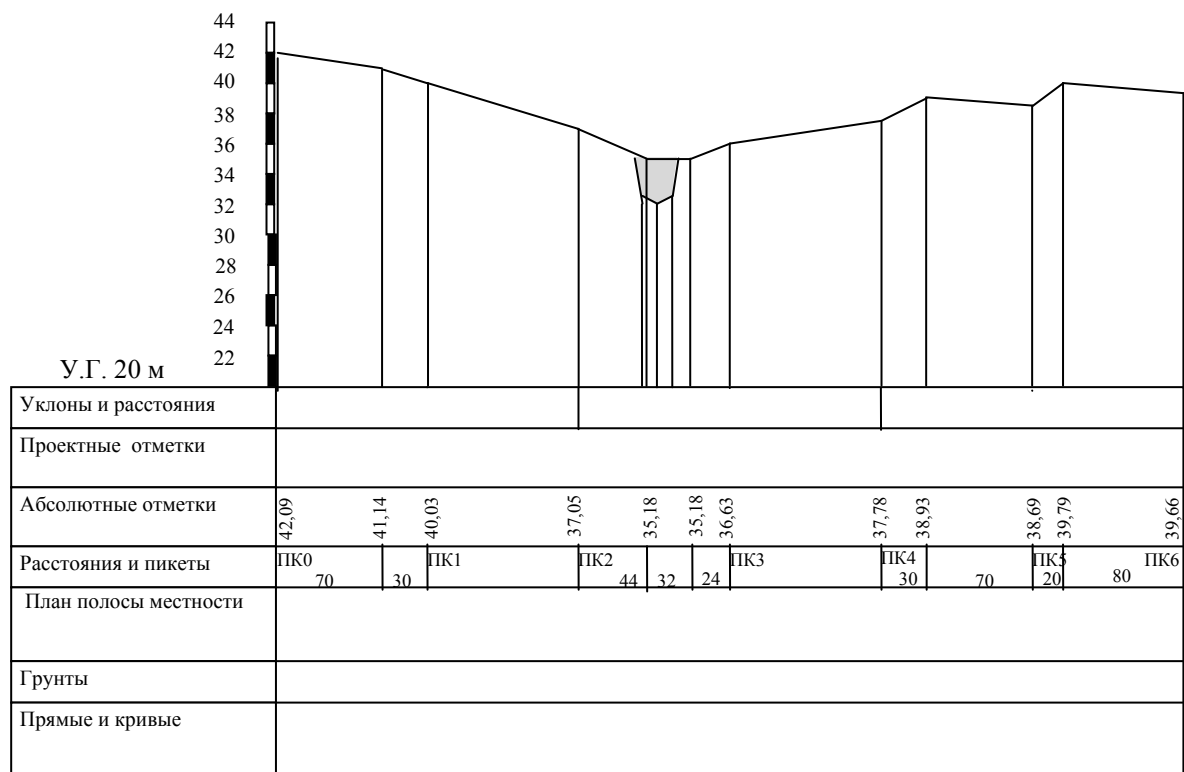


Рис. 86. Построение линии поверхности земли вдоль трассы автодороги.

Между ПК0 и ПК1 расположена точка ПК 0+70. Отложив вправо от ПК0 3,5 см.=70м, делим 100 метровый отрезок на два, которые в сумме $70 + 30 = 100$ метрам (см. рис. 86). Следующие плюсовые точки находим между ПК 2 и ПК 3. Отложив вправо от ПК2 2,2 см.=44 метра находим положение точки ПК 2+44. Отложив следующий отрезок, (1,6 см = 32 м от ПК2+44 до ПК 2 + 76) находим положение точки ПК2 + 76. Таким образом, 100 метровый отрезок разделился на три, которые в сумме равны 100 метрам ($44 + 32 + 24 = 100$). Если между пикетами нет плюсовых точек расстояние между ними не подписывается (ПК1 – ПК2). Сверху графы возле границы 100 метровых отрезков подписываются номера пикетов (см. рис.86).

Заполнение графы абсолютные отметки. Используя данные из табл. 12, заполняем графу абсолютные отметки, подписывая значения отметок напротив пикетов и плюсовых точек, округляя их до сотых (см. рис.86).

Построение профиля поверхности вдоль трассы автодороги. От линии условного горизонта, из точек соответствующих пикетам и плюсовым точкам, восстанавливаем перпендикуляры, на которых в 1:200 масштабе откладываем значения, равные разнице между абсолютной отметкой точки и условным горизонтом.

Например: ПК0 ($42,09 - 20 = 22,09$ м = 11,04 см).

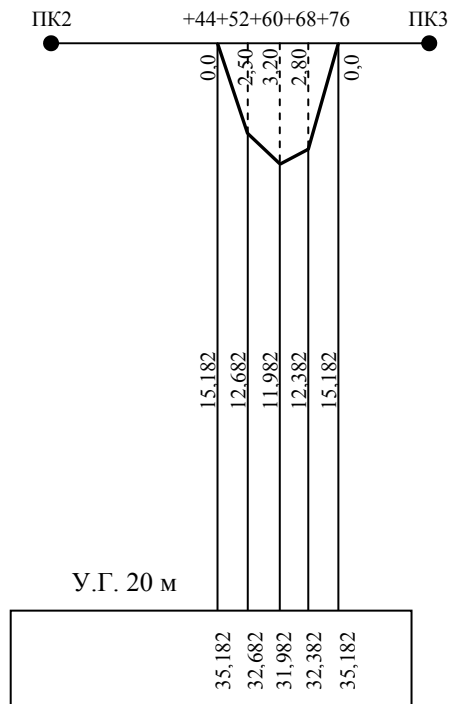


Рис.87. Схема построения русла реки Сура

Полученные точки соединяем между собой и получаем линию поверхности земли по профилю трассы автодороги (см. рис.86).

Пользуясь данными табл. 13, строим русло реки Сура. Отметки дна р. Сура можно откладывать как разницу отметок от условного горизонта, так и откладывая глубины от поверхности водной глади (точки ПК2+44 и ПК2+76) (рис.87).

15. Проектирование и построение проектного профиля автодороги

Строим проектную линию профиля автодороги, исходя из следующих данных.

а. Проектная отметка автодороги в точке ПК0 расположена на 0,5 метра ниже абсолютной отметки пикета.

б. Высота моста от поверхности реки отстоит на 2,6 метра. Это значение выбрано, таким образом, чтобы в самый сильный паводок мост находился выше речной поверхности.

с. Проектная и абсолютная отметки в точке ПК6 имеют одинаковые значения.

Построение проектной линии автодороги начинаем с нахождения отметки моста через реку Сура. $35,18 + 2,60 = 37,78$ м.

Через эту точку проводим линию параллельную поверхности реки (до ПК2 влево) и до пересечения с поверхностью земли (ПК4). Соединив найденные точки с отметкой 41,59 на линии ПК0 ($42,09 - 0,5 = 41,59$) и с отметкой точки ПК6, получаем всю проектную линию профиля автодороги. Проектная линия профиля проводится красным цветом (рис.88).

Определение проектных отметок. Находим проектные отметки всех точек профиля. Проектные отметки на линии высоты моста равны во всех точках этого отрезка.

$$H_{\text{пр}} = 35,18 + 2,6 = 37,78.$$

Вносим эти значения в графу проектные отметки. Заполняем графу уклоны и расстояния. Делим графу на три вставки, границами которых являются точки перегиба проектной линии (рис.88). В середине центральной вставки проводим прямую линию, сверху которой подписываем значения уклона, а снизу длину вставки. На двух других участках рассчитываем уклоны по формуле: $i = h/d$, где h – превышение между крайними точками вставки; d – расстояние между этими точками.

$$i_{\text{ПК0-ПК2}} = (37,78 - 41,59)/200 = -0,019.$$

Вносим эти данные в графу уклоны и расстояния (рис. 86). Рассчитываем уклон для третьего отрезка. $i_{\text{ПК4-ПК6}} = (39,66 - 37,78)/200 = 0,0094$. Вносим эти значения в графу уклоны и расстояния (рис.88). Рассчитываем проектные отметки первого отрезка по формуле:

$$H_{\text{пр.посл}} = H_{\text{пр.пред}} + i \cdot d,$$

где $H_{\text{пр.посл}}$ – проектная отметка последующей точки; $H_{\text{пр.пред}}$ – проектная отметка предыдущей точки; i – уклон между последующей и предыдущей точками; d – расстояние между ними. Находим проектные отметки всех точек на отрезке профиля ПК0 – ПК2.

$$H_{\text{пр.ПК0+70}} = H_{\text{пр.ПК0}} + (-0,019 \cdot 70) = 41,59 - 1,33 = 40,26;$$

$$H_{\text{пр.ПК1}} = 40,26 + (-0,019 \cdot 30) = 40,26 - 0,57 = 39,69.$$

Определение рабочих отметок. Определяем рабочие отметки основных точек профиля по формуле:

$$hr = H_{пр} - H_{аб},$$

где $H_{пр}$ – проектная отметка точки; $H_{аб}$ – абсолютная отметка точки. Например: $hr_{ПК0} = 41,59 - 42,09 = -0,50$.

Аналогичным образом определяем остальные рабочие отметки. Отрицательное значение рабочей отметки означает, что для ее достижения необходимо срезать грунт, а положительная отметка о необходимости насыпных работ. Рабочие отметки подписываются возле линии профиля, причем отрицательные под линией профиля, а положительные рабочие отметки над линией. Рабочие отметки подписываются красным цветом. Насыпь закрашивается желтым цветом, выемка розовым цветом.

Определение расстояния до линии нулевых работ. На рис. 88 можно видеть пересечение проектной линии и линии рельефа между пикетами ПК1 и ПК2. Через эту точку проходит линия нулевых работ. Требуется определить расстояние x от ПК1 до линии нулевых работ. Рабочая отметка в точке ПК1 равна $-0,34$, а в точке ПК2 $+0,73$. Расстояние x определяется по формуле: $x = [|0,34| / (|0,34| + |0,73|)] \cdot 100 = 31,8$ м. Для контроля определяем значение y , $y = [|0,73| / (|0,34| + |0,73|)] \cdot 100 = 68,2$ м. Знак модуля означает, что знаки рабочих отметок в расчетах не учитываются. $x + y = 31,8 + 68,2 = 100$ м, расстояние от ПК1 до ПК2.

Заполняем графы: план полосы местности и грунты.

Графа прямые и кривые. Заполняем графу прямые и кривые, для этого от точки поворота трассы (ВУ), в обе стороны от нее откладываем в 1:2000 масштабе величину $K/2 = 130,84$ м. Из полученных точек (в середине графы) восстанавливаем перпендикуляры длиной 1 см. и соединяем их. Основание перпендикуляров соединяем прямыми линиями с началом и концом трассы.

Если угол поворота правый то кривая обращена выпуклой стороной вверх, если угол левый вниз. Внутри кривых вставляем параметры и главные элемента кривой. На серединах прямых вставок (под разделяющей линией) подписываем их длины. Складываем длины прямых отрезков с длиной кривой. Их сумма должна быть равна длине трассы плюс – минус 1-2 сантиметра. Над линией вписываем значение румба начального направления, которое берем из координатной ведомости, на первой прямой вставке и значение румба после поворота на второй вставке. Значения румба находим через дирекционные углы.

В координатной ведомости нашего варианта $\alpha_1 = 102^\circ 27'$, $r_1 = ЮВ 77^\circ 33'$. Вычисляем дирекционный угол после поворота по формуле

$$\alpha_2 = \alpha_1 + \varphi_{прав} = 102^\circ 27' + 60^\circ = 162^\circ 27';$$

$$r_2 = 180^\circ - 162^\circ 27' = ЮВ 17^\circ 33'.$$

Построение поперечного профиля автодороги и живого сечения реки. Построение поперечного профиля автодороги и живого сечения реки выполняется в 1:500 масштабе.

В отличие от продольного профиля, поперечный профиль автодороги строится в одном масштабе, как по горизонтали, так и по вертикали.

Такой неискаженный масштаб удобен для проектирования на поперечных профилях объемов насыпей и выемок. Количество граф и их порядок для поперечного профиля не регламентируется (рис.89).

Поперечный профиль автодороги
Масштаб: 1:500

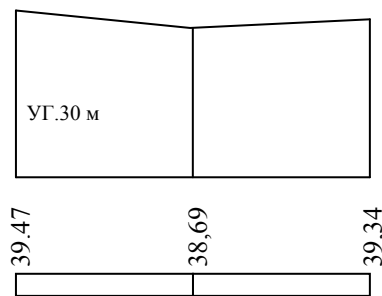


Рис.89. Поперечный профиль автодороги

Для более наглядного изображения живого сечения реки, вертикальный масштаб, принимаем в два раза крупнее горизонтального, т.е. 1: 250 (рис.90).

Живое сечение реки
Масштабы: Гор. 1:500 ; Вер. :250

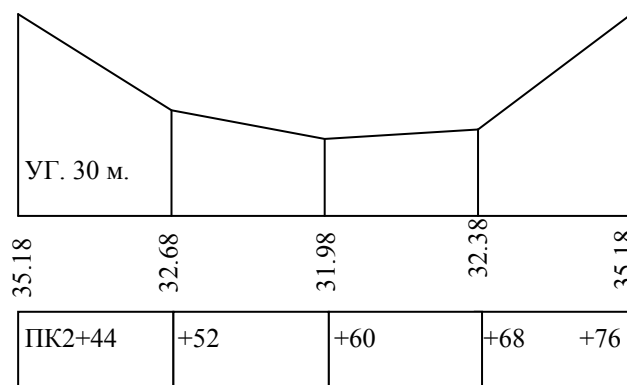


Рис.90. Живое сечение реки

16. Детальная разбивка круговых кривых

При строительстве линейных сооружений возникает необходимость разбивать не только главные точки кривой, но и выполнять детальную разбивку кривых, т.е. между главными точками кривой разбить промежуточные интервалы через 2, 5, 10, 20 м.

Наименьший интервал устанавливают для кривых с радиусом 20-100 м, наибольший для кривых с радиусом 1000 м и более. Существует множество способов разбивки круговых кривых, но на практике, чаще всего, разбивка кривых производится способами прямоугольных и полярных координат.

Способ прямоугольных координат применяется в условиях открытой площадки. Пусть требуется провести детальную разбивку кривой с радиусом R , то есть найти точки $P_1, P_2, P_3, \dots, P_n$. Расстояния между ними на кривой равны k (рис.91).

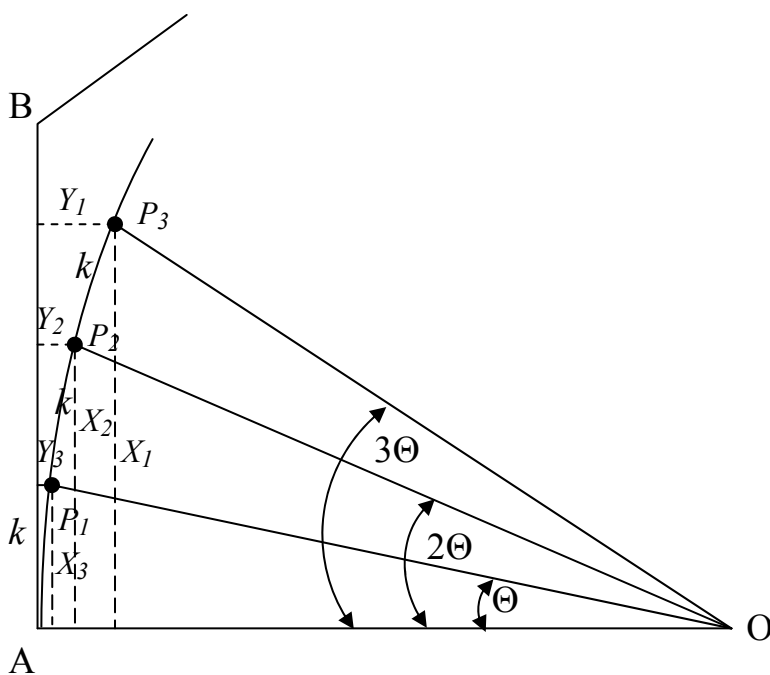


Рис.91. Разбивка кривой способом прямоугольных координат

Примем касательную AB за ось X , а радиус R – за ось Y . Положение точек P_1, \dots, P_n , лежащих на кривой определяется прямоугольными координатами. Первоначально находим величину угла Θ , соответствующего заданной дуге k .

$$\Theta = (180^\circ / \pi R) \cdot k.$$

Из рис.91 видно, что:

$$X_1 = R \sin \Theta;$$

$$Y_1 = R - R \cos \Theta = R (1 - \cos \Theta).$$

По аналогии могут быть определены координаты других точек P_2, P_3, \dots, P_n .

То есть,

$$X_2 = R \sin 2\Theta; Y_2 = R (1 - \cos 2\Theta);$$

$$X_3 = R \sin 3\Theta; Y_3 = R (1 - \cos 3\Theta);$$

$$X_n = R \sin n \Theta; Y_n = R (1 - \cos n \Theta).$$

Абсциссы и ординаты откладывают по касательной и перпендикулярно ей при помощи рулетки или ленты. Перпендикуляры строят теодолитом. Разбивку кривой ведут от начала и конца кривой к середине. Помимо формул координаты могут быть определены с помощью специальных таблиц для разбивки кривых. Достоинством способа прямоугольных координат является то, что точки P_1, P_2, \dots, P_n находят независимо друг от друга, поэтому ошибки не нарастают при переходе от одной промежуточной точки к другой.

Способ полярных координат или способ углов основан на том, что углы с вершиной в точке A на окружности (рис. 92), образованные касательной и секущей и заключающие равные дуги, равны половине соответствующего центрального угла. Величины хорды S и радиуса R известны. Из (рис. 92) видно, что хорда S равна:

$$S = 2R \sin \Theta/2.$$

Откуда, $\sin \Theta/2 = s / 2R$.

Находим значение Θ . Установив теодолит в точке A , совмещают нуль лимба с нулем алидады, визируют на точку B и от направления AB , вращением алидады откладывают угол $\Theta/2$. С помощью рулетки по направлению визирного луча откладывают величину хорды S , получают точку P_1 . С помощью теодолита от направления AB откладывают угол Θ . Установив теодолит в точке A , совмещают нуль лимба с нулем алидады, визируют на точку B и от направления AB вращением алидады откладывают угол $\Theta/2$.

С помощью рулетки по направлению визирного луча откладывают величину хорды S , получают точку P_1 . С помощью теодолита от направления AB откладывают угол Θ . Совместив начало ленты с точкой P_1 , прокладывают ее в направлении визирной оси теодолита. Пересечение отрезка S от точки P_1 и визирной линии даст положение точки P_2 . Аналогичным способом находят положение точек P_3, P_4 и так далее. В точках $P_1, P_2, P_3, \dots, P_n$ забивают колышки.

Недостатком этого способа является то, что ошибки в определении точек на кривой растут по мере увеличения их числа.

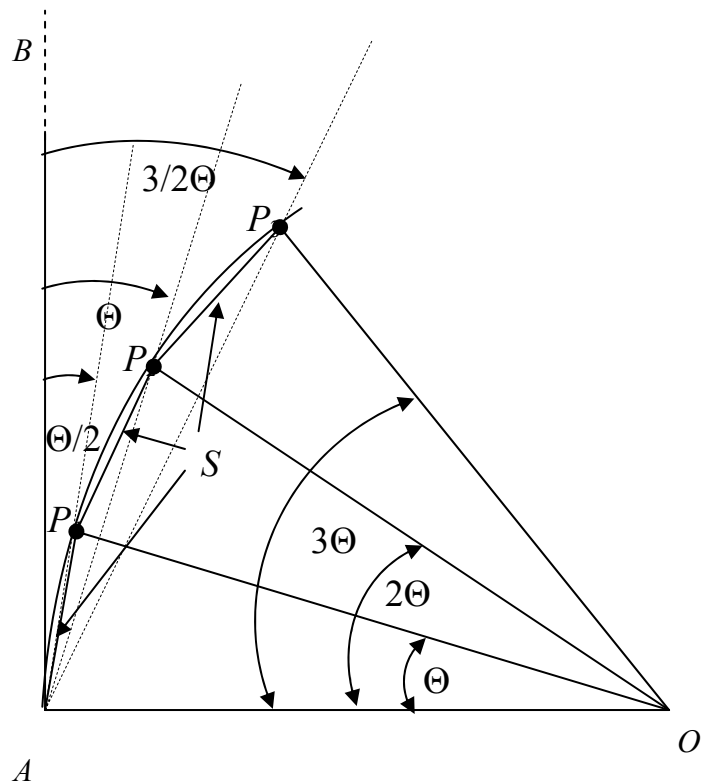


Рис. 92. Схема детальной разбивки кривой способом полярных координат

Контрольные вопросы

1. Особенности нивелирования профиля линейного сооружения. Как осуществляется привязка профиля?
2. Вычисление допустимости невязки нивелирного хода.
3. Назовите основные параметры круговой кривой?
4. Вычисление элементов круговой кривой. Что такое тангенс кривой, биссектриса, домер?
5. Назовите главные точки круговой кривой? Как определяется начало круговой кривой?
6. Каким способом осуществляется вынос пикета на кривую?
7. Как рассчитывается проектный уклон автодороги?
8. Что означает знак рабочей отметки? Как рассчитывается расстояние до линии нулевых работ?
9. Как определяется румб нового направления после поворота трассы?
10. По какой формуле определяется расстояние от начала трассы до начала круговой кривой?
11. Для чего строится поперечный профиль автодороги?
12. Назовите несколько способов разбивки круговых кривых?
13. Для чего производится разбивка круговых кривых?

Раздел 4. ГЕОДЕЗИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПРОЕКТИРОВАНИЯ И СТРОИТЕЛЬСТВА ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ

17. Геодезическое обеспечение перенесения на местность элементов проекта

17.1. Генплан и его геодезическая основа

Генпланом называется проект размещения на топографической карте крупного масштаба зданий, сооружений и инженерных сетей, составляющих комплекс жилой застройки или промышленного предприятия.

На стадии разработки рабочей документации в состав геодезических работ входят:

- разработка генплана участка застройки с расположением проектируемых, сохраняемых и реконструируемых зданий, сооружений;
- разработка разбивочных чертежей в масштабах 1:500 или 1:1000, содержащих схему, цифровой и графический материалы привязки осей сооружений к опорной геодезической сети;
- подготовка проекта вертикальной планировки территории застройки в масштабах 1:500–1:1000 с проектными горизонталями, проектными отметками и уклонами, картограммой земляных работ.

Из перечисленных документов генплан является важнейшим проектным документом, являющимся основой для разработки проектов планировки и застройки объектов строительства, инженерных коммуникаций, городского транспорта, очередности строительства и т.п.

На основании генплана составляются разбивочные чертежи для перенесения проектируемых объектов на местность; подготавливаются геодезические данные для проведения работ по вертикальной планировке и благоустройству территории.

В зависимости от назначения различаются генпланы сводные, поэлементные, строительные (стройгенпланы) и исполнительные. Если проектируемый комплекс объектов или отдельный объект не сложный, то все элементы проекта, охватывающие полный комплекс капитальных зданий и сооружений на всей строительной площадке, разрабатываются на **сводном генплане**.

При разработке проекта на крупное строительство на одном топографическом плане разместить весь комплекс зданий, сооружений и коммуникаций не представляется возможным. В этом случае весь комплекс проектируемых элементов расчленяют на ряд поэлементных **г е н п л а н о в**, например, генпланы надземных сооружений, подземных инженерных сетей, дорожной сети, вертикальной планировки и другие.

Проект расположения комплекса или отдельных капитальных зданий и сооружений, а также временных сооружений, дорог, инженерных сетей и помещений на период обслуживания строительства называют **стройгенпланом**.

Геодезической основой при разработке генплана является опорная геодезическая сеть, которая используется для обеспечения инженерно-геодезических изысканий. Однако для проектирования на генплане объектов строительства, а затем перенесения проекта в натуру, геодезического обслуживания строительства при производстве исполнительной съемки и в дальнейшем при реконструкции предприятия требуется развитие геодезической основы на генплане и, соответственно, на местности.

Выбор типа геодезической основы зависит от размеров территории местности и ее особенностей, вида строительства и требуемой точности ее построения.

При разработке генплана застройки объектов жилищного и гражданского строительства в качестве разбивочной геодезической основы проектируют красные линии застройки – границы, отделяющие территорию застройки квартала от улиц, проездов, площадей и т.п. Красную линию проектируют так, чтобы здания вдоль улиц располагались по линии застройки, отступающей от красной линии вглубь территории на магистральных улицах не менее чем на 6 м, а на жилых – 3 м.

В подготовку данных для перенесения красных линий в натуру входит определение графически по генплану координат X , Y точек поворота красных линий и по ним расчет аналитическим путем координат X , Y промежуточных точек. Затем по данным расположения на генплане вершин теодолитного хода и красной линии рассчитываются угловые и линейные разбивочные элементы и составляется разбивочный чертеж для перенесения красной линии в натуру.

При разработке генплана промышленного строительства распространенным видом геодезической основы является строительная сетка. Она представляет собой систему отдельных точек или точек, образующих ряд прямоугольников или квадратов с длинами сторон 50, 100, 200 м (рис.93).

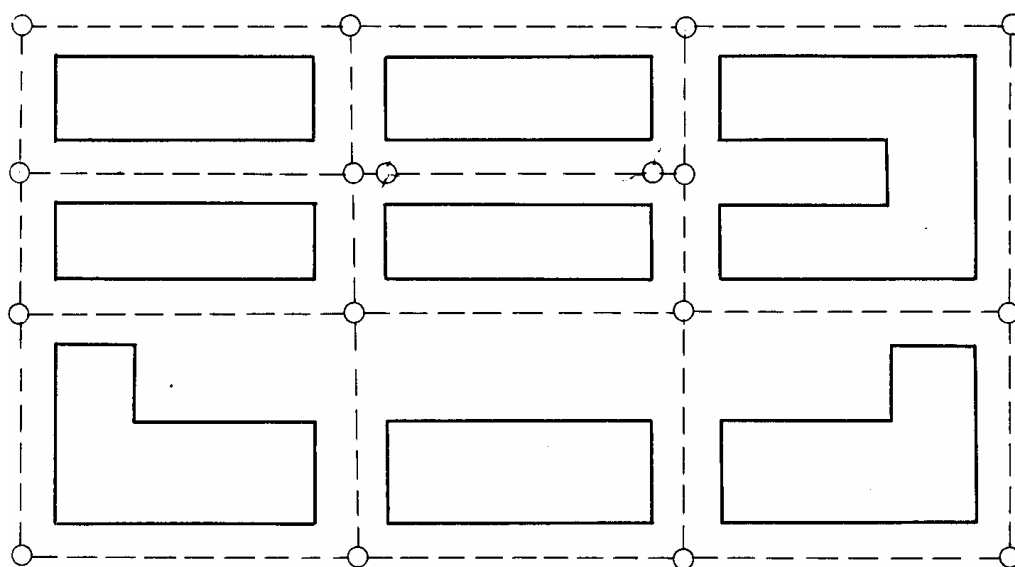


Рис.93. Строительная сетка

Основное требование, предъявляемое при проектировании строительной сетки, – строгая параллельность ее сторон основным осям проездов, зданий или сооружений.

Строительную сетку удобно проектировать на стройгенплане. Проектирование сетки заключается в определении местоположения ее пунктов на генплане, в выборе способа разбивки, расчета точности определения пунктов сетки и выполнения линейных, угловых измерений при перенесении сетки в натуру. При этом должны соблюдать следующие условия: обеспечивать удобства для разбивочных работ; располагать объекты строительства внутри фигуры сетки; помещать пункты сетки, по возможности, вне зоны земляных работ. Для этого предварительно вычерченную на плане сетку накладывают на стройгенплан и перемещают так, чтобы направления ее сторон были параллельны осям сооружений и как можно большее количество пунктов попадало в места застройки. Зафиксировав рациональное положение, сетку с кальки вычерчивают на стройгенплане.

Строительную сетку чаще проектируют графоаналитическим методом. Вначале на стройгенплане наносят главные или основные оси существующих зданий, сооружений. Затем графически или аналитически определяют координаты осевых точек и по ним находят среднее значение дирекционного угла направления осей зданий, сооружений. Вершины фигур строительной сетки наносят на стройгенплан по координатам. Координаты одной из точек сетки находят аналитическим или графическим путем, а остальные вычисляют.

При проектировании геодезической основы генплана строительства учитывают положение существующих и проектируемых зданий, сооружений, наличие дорог, подземных и наземных коммуникаций с обязательной привязкой их к пунктам государственной геодезической основы. Проект размещения всех знаков нивелирования на строительной площадке составляют с учетом обеспечения ими строящихся объектов на всех стадиях их возведения.

17.2. Проект производства геодезических работ при высотном домостроении

В настоящее время в крупных городах, особенно мегаполисах, все большее предпочтение отдается сверхвысотному и высотному строительству жилых зданий, деловых центров. Вызвано это прежде всего высокой стоимостью земельных участков, занимаемых сооружениями, архитектурным обликом городов, что тоже весьма важно. Компактность квартала, города уменьшают протяженность наружной инженерной инфраструктуры: водоснабжение, тепло, канализация, электроэнергия, газ, теле- и радиокommunikации, наконец, проезды и др. Все это приводит к экономии средств на строительство и эксплуатацию объектов.

Строительство высотных зданий высотой 100-1000 м. стало возможным благодаря развитию строительной техники, появлению новых строительных материалов и разработке эффективных строительных технологий с учетом отмеченного выше. При сверхвысотном строительстве зданий используются каркасно-монокристаллический и каркасный методы, в высотном, кроме вышеназванных, широкое применение находят методы крупнопанельного и крупноблочного строительства.

Преимуществом крупнопанельного, крупноблочного домостроения является его индустриальный метод. Практически все элементы сооружения изготавливаются в заводских условиях в цехах завода ЖБИ, круглогодично в благоприятных внешних условиях и для производства, и для людского персонала, занятого на производстве. Это повышает качество продукции, снижая её себестоимость. А главное позволяет быстро смонтировать здание на местности из готовых элементов. Естественно метод высокопроизводительный и менее дорогой по сравнению с другими, например, монокристаллический или кирпичной кладки.

Недостатками сверхвысотного и высотного домостроения является дискомфорт жителей высоких этажей: постоянный страх высоты; более высокая загазованность атмосферы, вызванная работой предприятий, имеющих высокие газоотводные трубы, работой автотранспорта; более высокая стоимость (m^2) жилья. Наряду с этим возникают повышенные требования к геодезическому обеспечению строительства в процессе строительно-монтажных работ, связанные с необходимостью соблюдения геометрических параметров и точности исполнения проектного положения всех элементов объекта в процессе строительно-монтажных работ. В этом случае следует руководствоваться принципом -чем выше- тем точнее.

Крупноблочные жилые дома серии И-155, И-155М, ИП-46, строительные элементы которых изготавливаются индустриально на заводах ЖБИ крупнейшего холдинга СУ-155, возводятся высотой до 25 этажей во многих городах России, в том числе и в г.Москве. Они имеют модульную конструкцию, что позволяет монтировать дома разной конфигурации, создавая архитектурную привлекательность.

В настоящее время стоит задача повысить этажность строительства серии этих домов. В связи с чем необходимо разработать методику геодезического обеспечения строительства на всех стадиях.

Согласно требованиям п.1.2 СНиП 3.01.03-84 (СП 126.13330.2012) «Геодезические работы в строительстве» создание геодезической разбивочной основы для строительства и геодезические измерения деформаций оснований зданий, их частей в процессе строительства являются **обязанностью заказчика**, а производство геодезических работ в процессе строительства, геодезический контроль точности геометрических параметров зданий и исполнительные съемки входят в **обязанности подрядчика**.

Поэтому при строительстве крупных и сложных объектов, а также зданий свыше 9 этажей следует разрабатывать проекты производства геодезических работ (ППГР) в порядке, установленном для разработки проектов производства работ (п.1.4 СНиП), где приведены условия обеспечения точности производства геодезических работ.

Основанием для разработки ППГР является частное задание Генподрядчика. Задание должно содержать данные об объемах и сроках его разработки. Содержание ППГР согласовывается с технической и экономической сторонами проекта организации строительства (ПОС), разработка его осуществляется на основе последних достижений науки и техники в области геодезического обеспечения и передовых методов выполнения геодезических работ.

В разделе ППГР должны приводиться: схема расположения знаков геодезической разбивочной основы (ГРО); типы знаков, закрепляющих детальную разбивку; точность и методы построения ГРО, выполнения детальных разбивочных работ, контрольных измерений и исполнительных съемок; ведомости координат пунктов геодезической разбивочной основы.

Пояснительная записка к ППГР должна содержать: основные положения о взаимоотношениях между генеральной подрядной организацией и исполнителем; перечень государственных стандартов, строительных норм и правил, которые использовались при разработке проекта; указания по безопасности при производстве геодезических работ; порядок передачи ППГР в производство; рекомендации по поверкам геодезических приборов и инструментов.

При выполнении геодезических разбивочных работ, контрольных измерений, составлении отчетной технической документации на строительной площадке руководствуются Проектом производства геодезических работ.

Проект производства геодезических работ утверждается Заказчиком, главным инженером проекта строительства, директором строительной организации или ее главным инженером.

Генеральная подрядная организация обязана по акту передать исполнительную геодезическую разбивочную основу (ГРО) субподрядчику. Подрядчик обязан инструментально проверить точность ГРО. Принятые знаки ГРО в процессе строительства должны находиться под наблюдением генеральной подрядной организации с целью обеспечения сохранности и устойчивости, их плано-высотное положение проверяется инструментально не реже 2-х раз в год (в весенний и осенне-зимний периоды).

К перечню государственных стандартов, строительных норм и правил, которые должны использоваться при разработке ППГР относятся:

– ГОСТ 21778-81 (СТ СЭВ 2045-79) «Система обеспечения точности геометрических параметров в строительстве. Основные положения»;

- ГОСТ 23616-79 (СТ СЭВ 4234-83 «Система обеспечения точности геометрических параметров в строительстве. Контроль точности»;
- ГОСТ 21779-82 «Технологические допуски»;
- ГОСТ Р 51872-2002 «Документация исполнительная геодезическая. Правила выполнения»;
- СНиП 3.01.03-84 (СП 126.13330.2012) «Геодезические работы в строительстве»;
- СНиП 3.02.01 -83 «Основания и фундаменты»;
- СНиП 2.02 01 -83 (СП 22.13330.2011) « Основания зданий и сооружений»;
- СНиП 3.02.01 -87 (СП 45.13330.2012) «Земляные сооружения, основания и фундаменты»;
- СНиП 3. 03.01-87 (СП 70.13330.2012) «Несущие и ограждающие конструкции»;
- СНиП 12.03. 2001 «Безопасность труда в строительстве». Часть 1. Общие требования.

До начала производства геодезических работ работники должны пройти необходимый инструктаж по охране труда. При выполнении геодезических работ должны соблюдаться правила техники безопасности, действующие в пределах строительного производства и топографо-геодезических работах. На территории строительной площадки инженер-геодезист должен носить каску. При производстве работ на высоте 1,3 м, при приближении к краю перепада высот менее чем на 2 м, при отсутствии ограждения – необходимо использовать страховочные пояса. Места страховки указываются мастером данного участка. Страховочный пояс должен быть испытан не реже чем раз в полгода. Если инженеру-геодезисту в распоряжение дается рабочий, то он должен быть проинструктирован по охране труда и безопасному ведению геодезических работ.

Разработанный ППГР после входного контроля передается генеральной подрядной организации. Геодезическую службу целесообразно обеспечить электронными тахеометрами, которые позволяют решить практически любые задачи в строительном комплексе точно и быстро.

Геодезическая служба генеральной подрядной организации принимает в установленном порядке от «Заказчика» вынесенные в натуру и закрепленные знаками пункты геодезической плановой основы, в том числе главные и основные оси сооружений, инженерных коммуникаций, красные линии. При приемке производят полевые проверки точности положения планово-высотных пунктов ГРО.

При привлечении к выполнению строительных работ субподрядных организаций «Генподрядчик» обязан передать главную разбивочную основу, вынести основные оси сооружений, осуществлять геодезический кон-

троль за строительством объекта. Геодезические данные передаются по акту за подписью обеих сторон.

Все геодезические приборы и инструменты, используемые при строительстве, раз в год в обязательном порядке проходят проверки в организациях, имеющих лицензии на данный вид работ. Использование геодезических приборов и инструментов без свидетельства о проверке к работе не допускаются.

17.3. Методы подготовки данных для перенесения на местность проекта зданий и сооружений

Необходимые величины для перенесения проекта на местность определяют в процессе геодезической подготовки данных генплана и составления на его основе разбивочных чертежей.

Цифровые величины геодезической подготовки данных генплана – это координаты и отметки характерных точек зданий и сооружений, величины углов, линий и превышений, которые необходимо перенести и закрепить на местности от опорных точек разбивочной основы.

Подготовка данных генплана осуществляется графическим, аналитическим и графоаналитическим методами, то есть производится путем измерений на генплане и математических расчетов.

При подготовке данных генплана крупного строительства все эти три метода применяются в совокупности и дополняют друг друга. Выбор метода и данные подготовки разбивочных чертежей зависят от точности разбивочных работ.

Графический метод заключается в том, что все необходимые данные определяют на плане при помощи циркуля-измерителя, транспортира и масштабной линейки. Точность этих данных зависит от масштаба плана и деформации бумаги, на которой составлен план. Чем крупнее масштаб плана, тем выше точность получаемых с плана линейных и угловых величин, и наоборот. При отсутствии существенной деформации бумаги ошибку mD расстояния D на местности определяют по формуле

$$m_D = m_d \cdot M, \quad (58)$$

где m_d – ошибка длины d отрезка линии, взятой графически с плана, принимаемая равной графической точности масштаба плана 0,1–0,2 мм;

M – знаменатель численного масштаба плана.

Например, если план масштаба 1:500, то ошибка при выносе расстояния в натуру составит: $mD = 0,2 \text{ мм} \cdot 500 = 0,10 \text{ м}$.

Если учесть, что обычно проектирование производится на копиях с топографических планов, то графическая точность будет еще ниже. Поэтому графический метод подготовки является наименее точным, но наиболее

простым, быстрым и применяется в основном для неответственных или вспомогательных зданий и сооружений, а также внутриквартальной жилой застройки, где к точности планового положения объектов не предъявляют повышенных требований.

Из рис.94,а следует, что координаты точки A вычисляются по формулам:

$$\begin{cases} X_A = X + \Delta X; \\ Y_A = Y + \Delta Y, \end{cases} \quad (59)$$

где X и Y – координаты нижнего угла координатной сетки, а величины ΔX и ΔY взяты графически с плана.

Учитывая деформацию бумаги, координаты точки A определяют по формулам:

$$\left. \begin{aligned} X_A &= X + \frac{L}{\Delta X + \Delta X_1} \Delta X; \\ Y_A &= Y + \frac{\Delta}{\Delta Y + \Delta Y_1} \Delta Y, \end{aligned} \right\} \quad (60)$$

где L – длина стороны координатной сетки.

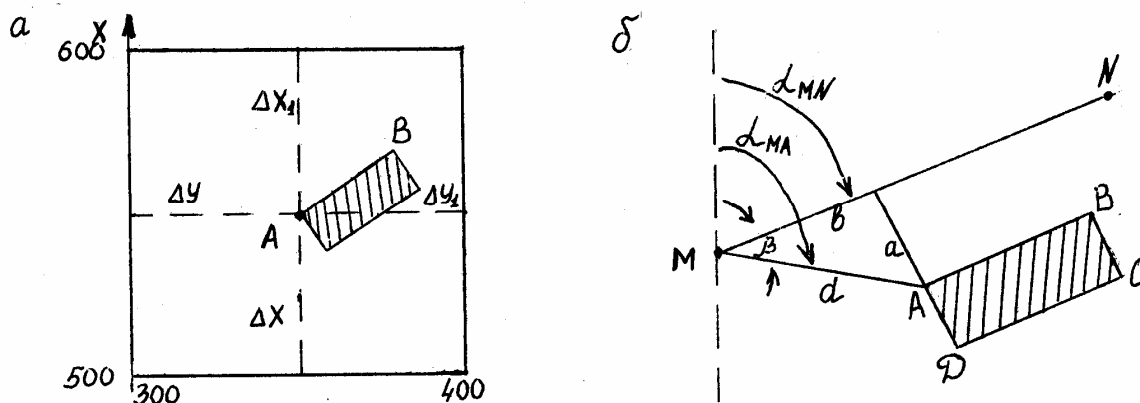


Рис.94. Определение координат точки A :
а – графический метод; б – аналитический метод

Аналогично можно вычислить координаты точки B .

Аналитический метод заключается в вычислении координат проектных точек, дирекционных углов и длин линий привязки к опорным пунктам. Например, вычисление координат точки A (рис.94,б) выполняется по известным координатам опорного пункта M , дирекционному углу α линии MA , образуемому разбивочный угол β , и длине линейной привязки d путем решения прямой геодезической задачи. Видно, что

$$\alpha_{MA} = \alpha_{MN} + \beta; \quad \operatorname{tg} \beta = \frac{a}{b}; \quad d = \sqrt{a^2 + b^2}.$$

Координаты точки A вычисляются по формулам:

$$\left. \begin{aligned} X_A &= X_M + d \cos \alpha; \\ Y_A &= Y_M + d \sin \alpha. \end{aligned} \right\} \quad (61)$$

Координаты точки B оси здания AB , параллельной опорной линии MN , определяются по формулам:

$$\left. \begin{aligned} X_B &= X_A + AB \cdot \cos \alpha_{MN}; \\ Y_B &= Y_A + AB \cdot \sin \alpha_{MN}. \end{aligned} \right\} \quad (62)$$

Аналитический метод позволяет делать вычисления с любой точностью и не зависит от масштаба плана.

Графоаналитический метод (комбинированный) представляет собой сочетание аналитического и графического методов. При этом графически определяют координаты отдельных точек проекта (например точки A), а значения координат остальных точек (B, C, D), линейные и угловые привязки вычисляют решением прямой и обратной геодезических задач.

По точности этот метод уступает аналитическому, но отличается удобством и удовлетворяет требованиям разбивочных работ. Поэтому наиболее распространен на практике.

17.4. Перенесение проектных углов, длин, отметок и уклонов на местность

Перенесение горизонтального угла на местность заключается в построении второй стороны угла AC (рис.95,а) по имеющейся одной стороне AB и вершине угла. Для этого устанавливают теодолит в вершину угла над точкой A и приводят его в рабочее положение. Совмещают нуль верньера с нулем лимба и вращением последнего соединяют коллимационную плоскость трубы с заданной линией AB . Открепив винт, алидаду поворачивают на величину заданного угла и закрепляют точку C в створе коллимационной плоскости трубы.

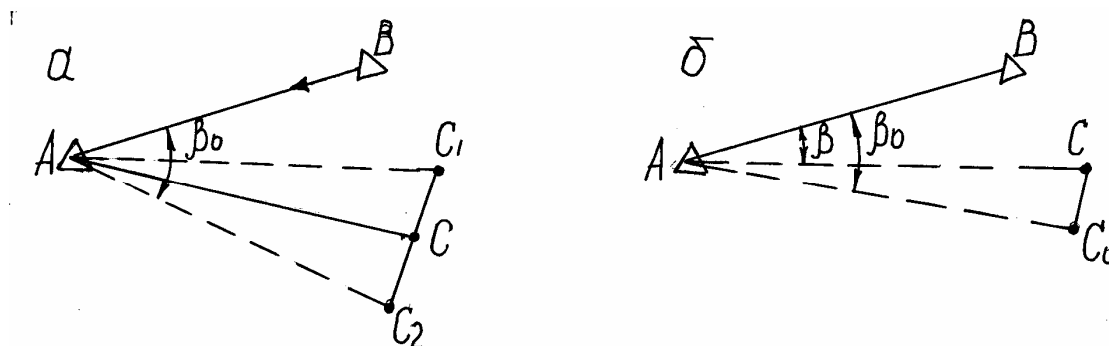


Рис.95. Перенесение горизонтального угла на местность

Для исключения коллимационной ошибки трубу теодолита переводят через зенит и, повторяя аналогичные действия, при другом положении круга выставляют точку C . Положение точки C , фиксирующее положение линии AC по заданному углу β_0 , находят как среднее на линии C_1C_2 . Если угол переносят с повышенной точностью (рис.95,б), то, выставив на местности описанным выше способом точку C при одном положении круга, измеряют полученный угол β необходимым числом приемов (повторений) и получают среднее его значение β_{cp} . Затем вычисляют поправку угла

$$\Delta\beta = \beta_0 - \beta_{cp}, \quad (63)$$

где β_0 – проектное значение угла.

Линейное смещение точки C , соответствующее угловой поправке $\Delta\beta$, можно вычислить по формуле

$$C_1C_0 = \frac{AC_1 \cdot \Delta\beta}{\rho''}; \quad \rho'' = 206265. \quad (64).$$

Отложив C_1C_0 по перпендикуляру к линии AC_1 , получают окончательное положение точки C_0 . Знак у величины $\Delta\beta$, определяет, в какую сторону необходимо откладывать перпендикуляр. Полученный угол BAC_0 для контроля измеряют еще раз и если он вынесен правильно, то угол BAC_0 должен быть равен проектному в пределах заданной точности.

Перенесение проектной длины линии. При геодезической подготовке разбивочных данных определяют горизонтальное проложение проектной длины линии, которое можно перенести непосредственным отложением этой линии на местности. Перед этим в длину d необходимо ввести следующие поправки: за наклон, температуру мерного прибора, компарирование.

Поправку за наклон линии Δd можно получить как разность между наклонной длиной D и горизонтальным проложением d (рис.96):

$$\Delta d_v = D - d.$$

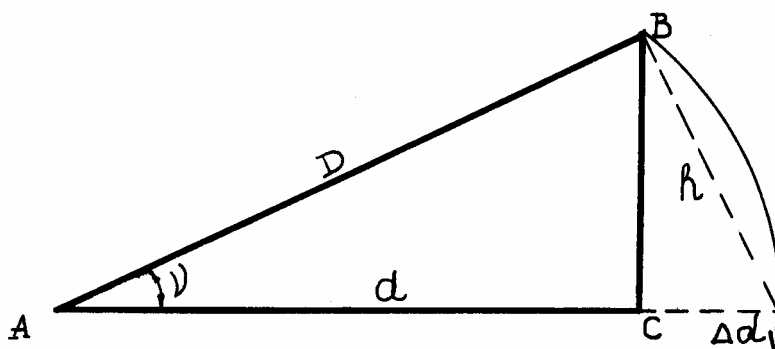


Рис.96. Определение поправки за наклон

Из треугольника ABC найдем

$$D = \frac{d}{\cos v}$$

и

$$\Delta d_v = \frac{d}{\cos v} d,$$

где v – угол наклона линии.

При v менее 5° D можно заменить через d . После несложных преобразований найдем окончательную формулу для вычисления поправки за наклон:

$$\Delta d_v = 2D \sin^2 \frac{v}{2} \quad \text{или} \quad \Delta d_v = \frac{h^2}{2d}. \quad (65)$$

Угол v или превышение h можно измерить на местности или определить по разности отметок точек A и B . Знак полученной поправки всегда положительный.

Поправка за температуру Δd_t вычисляется по формуле

$$\Delta d_t = \alpha n d (t - t_0), \quad (66)$$

где α – коэффициент линейного расширения материала мерного прибора;

d – длина мерного прибора;

n – число, показывающее, сколько раз мерный прибор укладывается в длине линий;

t – температура мерного прибора во время измерения;

t_0 – температура при компарировании.

Знак поправки Δd_t зависит от знака разности температур. Температуру при измерениях достаточно учитывать с точностью $\pm 0,5$. При измерениях инварными приборами температура не учитывается.

Поправку за компарирование Δd_k можно вычислить по формуле

$$\Delta d_k = n(d - d_n), \quad (67)$$

где d_n – длина нормальной меры.

Поправку за компарирование вводят со знаком минус, если мерный прибор короче нормальной меры, и со знаком плюс, если длиннее.

Вычислив указанные выше поправки, откладывают их на местности в длину:

$$D = d + \Delta d_v + \Delta d_t + \Delta d_k. \quad (68)$$

Перенесение проектной отметки. Необходимость перенесения проектной отметки возникает почти на всем протяжении строительства. Это производится, как правило, геометрическим нивелированием. Но в некоторых случаях применяют и тригонометрическое нивелирование.

Пусть необходимо геометрическим нивелированием закрепить на местности точку B с проектной отметкой H_B от репера в точке A с отметкой H_A (рис.97).

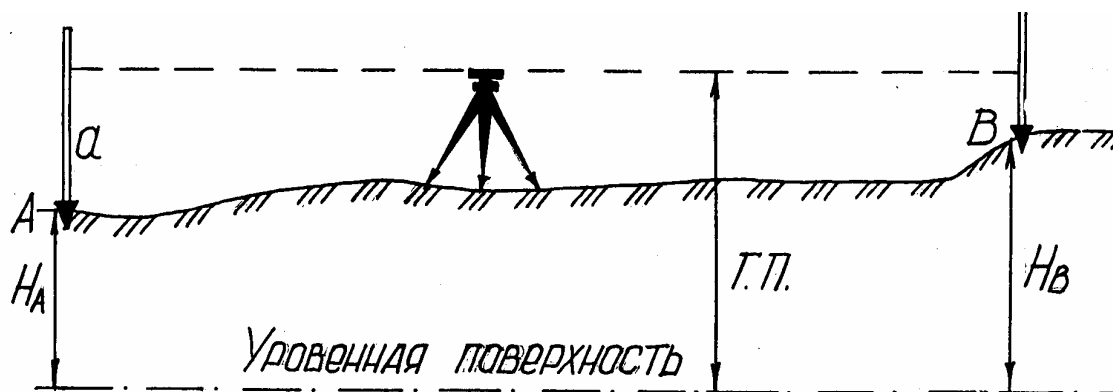


Рис.97. Схема закрепления на местности проектной отметки

Нивелир устанавливают посередине, между точками, и приводят его в рабочее положение. Взяв отсчет по рейке, установленной на точке A , и зная H_B , вычисляют отсчет v , который должен быть на рейке в точке B , когда ее пятка будет находиться на проектной отметке:

$$v = H_A + a - H_B. \quad (69)$$

Рейку устанавливают в точке B на кол и постепенно забивают его до тех пор, пока отсчет по рейке не будет равен вычисленному.

На строительных площадках и в проектных чертежах даются нулевые точки, от которых строители ведут все измерения по вертикали. Как правило, такими точками являются отметки чистого пола первого этажа здания. Их абсолютные отметки указывают на титульном листе проекта. Закрепив с помощью нивелира нулевую точку на стройплощадке описанным выше способом, все остальные отметки (например, дна котлована, верхнего обреза фундаментов, проемов этажей и т.п.) определяют от нулевых точек простым промером, пользуясь этими точками, как временными реперами.

Иногда на стенах здания, опалубках фундамента отмечают краской горизонт прибора, от которого промером рулеткой можно закрепить ту или иную проектную отметку.

Для достижения точности измерения при перенесении на местность проектной отметки необходимо стремиться к установлению нивелира

посередине, между нивелируемыми точками. Если сделать это не удастся, то перед работой нивелир тщательно поверяется (особенно условие параллельности оси уровня и визирной оси трубы). Для контроля отметку перенесенной точки проверяют привязкой ко второму реперу или повторным перенесением. Если описанным выше способом на строительной площадке закрепить ряд точек, имеющих одну и ту же проектную отметку, то после производства земляных работ можно получить горизонтальную площадку.

Так как точность перенесения проектных отметок для земляных планировочных работ невысокая ($\pm 3,4$ см), то в этом случае точки с проектной отметкой можно перенести тригонометрическим нивелированием при помощи теодолита.

Пусть известны отметки точек H_A и H_B (рис.98). По разности отметок вычисляют превышение h , затем D по формуле

$$D = \frac{h}{\sin v}, \quad (70)$$

где v – угол наклона, измеряемый на местности теодолитом.

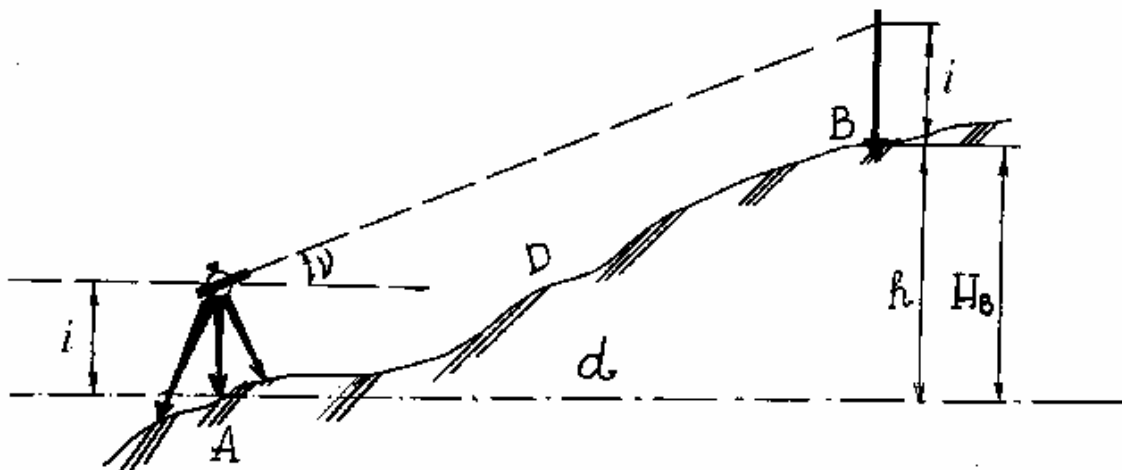


Рис.98. Схема закрепления проектной отметки методом тригонометрического нивелирования

Отложив D , забивают колышек вровень с землей и получают точку B с проектной отметкой H_B .

Если расстояние D задано проектом, то по известному превышению h вычисляют угол наклона:

$$\sin v = \frac{h}{D}.$$

В заданном направлении откладывают проектное расстояние D и фиксируют точку B колышком. Отложив угол v на вертикальном круге теодолита, устанавливают рейку в точке B так, чтобы средняя нить теодолита

совпадала с отсчетом, равным высоте прибора i . При таком положении рейки ее нулевой отсчет будет находиться на уровне проектной отметки H_B .

Перенесение линии и плоскости с проектным уклоном. Линии и плоскости с проектным уклоном разбивают при земляных планировочных работах, строительстве линейных сооружений. Линии с проектным уклоном обычно переносят в натуру в два этапа:

- 1) по заданным отметкам откладывают на местности главные точки линии (вершины углов поворота, точки перелома уклонов и т.д.);
- 2) закрепляют промежуточные точки.

Точки с заданными отметками путем геометрического нивелирования переносят от высотной опорной сети. Промежуточные точки линии можно перенести при помощи визирок на глаз наклонным лучом теодолита или нивелира, а также с помощью лазерного прибора.

Для перенесения промежуточных точек «на глаз» (рис.99,а) обычно пользуются тремя разбивочными визирками одинаковой длины (двумя постоянными и одной ходовой). Постоянные визирки устанавливают на главных крайних точках A и B проектной линии, а ходовую – на промежуточных точках a_1, a_2 последовательно, так, чтобы малая перпендикулярная планка находилась на одном визирном луче с верхним краем постоянных визирок.

По такому принципу переносят на местность и линию с проектным уклоном с помощью нивелира или теодолита (рис.99,б).

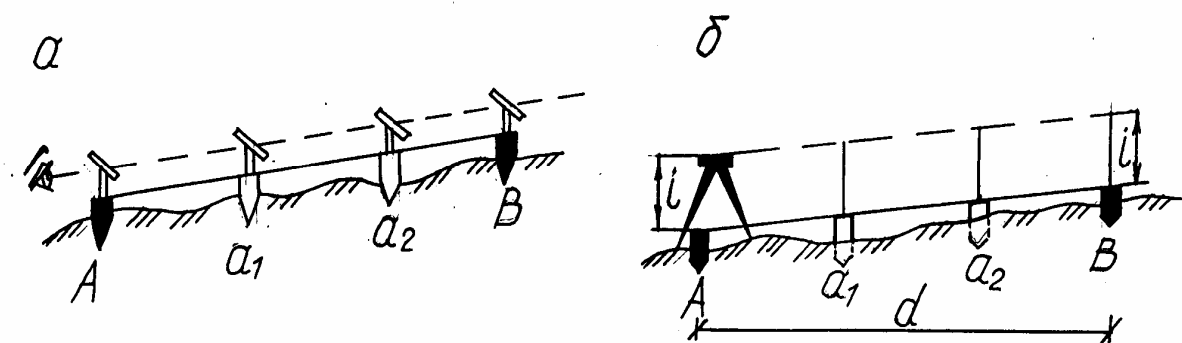


Рис.99. Схема перенесения наклонной линии:
а – с помощью визирок; б – с помощью нивелира или теодолита

Допустим, требуется от точки A на местности с отметкой H_A разбить линию с уклоном i . Находят $H_B = H_A + i_d$. В точке B забивают кол с отметкой H_B . Нивелир устанавливают в точке так, чтобы один из подъемных винтов был расположен по линии AB , и измеряют высоту прибора $i_{п.}$

При помощи элевационного винта нивелира или подъемного винта, расположенного по линии AB , направляют визирную ось трубы на отсчет по рейке в точке B , равный i . Затем рейку последовательно ставят на промежуточные точки a_1, a_2 и забивают кольца до тех пор, пока отсчет по рейке, поставленной на эти кольца, будет равен высоте прибора $i_{п.}$

При больших уклонах вместо нивелира используют теодолит, трубу которого микрометрическим винтом устанавливают под соответствующим наклоном.

При разбивке наклонных площадок на местность переносят плоскости с проектным уклоном. Разбивка проектных плоскостей может быть выполнена несколькими способами.

На местности разбивают сеть квадратов и производят нивелирование по квадратам для определения отметки земли в их вершинах. Зная проектные уклоны и проектную отметку исходной точки, вычисляют проектные отметки всех вершин квадратов. По разности между фактическими и проектными отметками в вершинах квадратов делают рабочие отметки и выписывают их на сторожках, установленных на местности в каждой вершине квадрата. Рабочие отметки показывают величину насыпи или выемки для получения проектной плоскости. Иногда сторожки забивают до уровня проектных отметок (тогда их высота над пикетами должна быть равна рабочим отметкам).

Разбивку плоскости с небольшим проектным уклоном можно выполнить наклонным лучом нивелира (при больших уклонах – теодолитом). Для этого ось вращения нивелира устанавливают перпендикулярно проектной плоскости, тогда визирная ось трубы при вращении нивелира будет описывать плоскость, параллельную проектной, на расстоянии, равном высоте инструмента.

Допустим, что на местности необходимо разбить плоскость $MNOP$ (рис.100) с проектным уклоном, направление которого на рисунке показано стрелкой AB .

На местность переносят точки A, B, C, D с проектными отметками, соответствующими заданному уклону плоскости, и закрепляют их колышками. Очевидно, что точки C и D должны иметь одинаковые отметки.

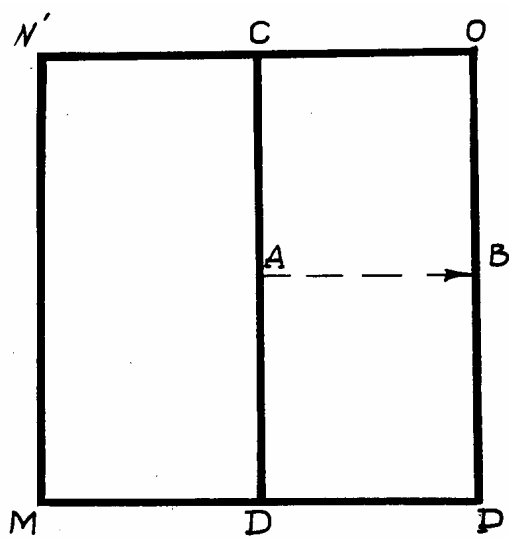


Рис.100. Схема перенесения на местность наклонной плоскости

Затем в точке A устанавливают нивелир и приводят его в рабочее положение. При этом один подъемный винт нивелира располагают по линии AB , а два других – по линии CD . Измерив высоту прибора $i_{п}$, откладывают ее на рейке, установленной в точке B . Подъемным винтом, расположенным по линии AB , направляют визирную ось трубы нивелира на отсчет по рейке, равный высоте прибора $i_{п}$. В этом случае вертикальная ось вращения нивелира будет перпендикулярна проектной

плоскости. Для контроля правильности установки нивелира берут отсчеты по рейкам в точках *C* и *D*. Они должны быть равны высоте прибора i_p .

Для детальной разбивки проектной плоскости на каждой выбранной точке забивают колья так, чтобы отсчет по рейке, поставленной на эти колья, был равен высоте прибора. При этом способе разбивки в пределах проектной плоскости *MNOP* можно выставить колья в любом количестве, без дополнительных вычислений и измерений.

17.5. Способы и точность перенесения осей на местность

Перенесение на местность проекта здания или сооружения начинают с разбивки главных и основных осей по данным геодезической подготовки генплана (разбивочным чертежам, схемам), где указана их привязка к пунктам разбивочной основы.

Главными осями или осями симметрии принято называть две взаимно перпендикулярные линии (рис.101), относительно которых здание или сооружение располагается симметрично. **Основными осями** здания или сооружения называют оси, образующие его контур в плане.

В качестве главных осей линейных сооружений служат продольные оси этих сооружений. Главные и основные оси являются геодезической основой для последующих разбивочных работ.

Оси разбивают от пунктов плановой разбивочной основы (красных линий, строительной сетки, пунктов полигонометрии и др.).

Примеры разбивки главных и основных осей приведены на рис.101 и 102.

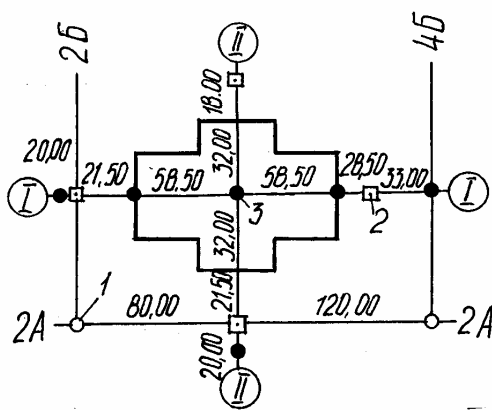


Рис.101. Схема разбивки, закрепления и привязки главных осей:

- 1 – пункты строительной сетки;
- 2 – постоянный знак закрепления;
- 3 – металлический штырь

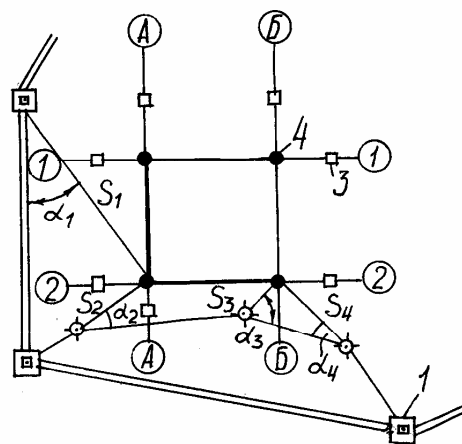


Рис.102. Схема перенесения и закрепления основных осей:

- 1 – пункты полигонометрии;
- 2 – точки теодолитных ходов;
- 3 – постоянные знаки закрепления осей;
- 4 – металлические штыри

Разбивку зданий и сооружений сложной в плане формы начинают с перенесения главных осей I–II, II–II (см. рис.101), а зданий простой формы – с основных осей. В первом случае от опорного пункта переносят и закрепляют сначала одну из длинных главных осей. Затем путем промеров находят на ней точку 3 пересечения осей. Установив теодолит в точке 3, строят полным приемом два прямых угла и получают направление оси II–II. Основные оси здания разбивают, пользуясь отнесенными к главным осям координатами точек внешнего контура здания.

Главные оси здания закрепляют на местности не менее чем в пяти точках. Закрепления должны быть тем надежнее, чем сложнее здание. Для этого применяют обрезки труб, рельсов, уголка, скобы с рисками. Их крепят на вблизи расположенных зданиях и сооружениях, лежащих на оси и ее продолжении. В простейших случаях – это деревянные столбы с гвоздем, забитым сверху, костыли, метки масляной краски на зданиях.

Разбивку основных осей начинают от опорных пунктов с перенесения на местность двух крайних точек: А/2, Б/2 (см. рис.102), определяющих положение наиболее длинной продольной оси, от которой в последующем проводится дальнейшая разбивка.

Построением полным приемом прямых углов в этих точках и отложением в полученном направлении проектной длины получают точки А/1 и Б/1. Для контроля измеряют линию А/1 и Б/1 и сравнивают с проектным значением.

Перенесение осей осуществляется различными способами, в зависимости от рельефа местности, вида опорных пунктов, точности разбивочных работ.

Способ прямоугольных координат (перпендикуляров) применяется для перенесения осей зданий и сооружений, расположенных вблизи линий опорной сети строительной сетки или красной линии застройки. Из рис.103,а видно, что вдоль прямой *MN* откладывают отрезок d_1 , а затем теодолитом из полученной точки *K* восстанавливают перпендикуляр длиной d_2 и получают точку *A* угла здания. Аналогично получают точку *B*. Ось *AB* параллельна линии *MN*. Для контроля измеряют длину линии *AB* и определяют ошибку в ее построении по формуле

$$fd = AB_{\text{изм}} - AB_{\text{пр.}}$$

Относительная ошибка в длине переносимой линии *AB* принимается в пределах 1:2000–1:10000, в зависимости от типа здания или сооружения. Для промышленных сооружений относительная ошибка должна быть наименьшей. Обычно этим способом переносят на местность только одну ось здания или сооружения. Поэтому линия *AB* является основной для разбивки остальных осей. Построением прямых углов в точках *A* и *B* и построением проектных линий *AC* и *BD* получают на местности проектные

точки C и D . Для контроля измеряют линию CD , диагонали AD и BC и сравнивают их с проектными.

Способ прямоугольных координат широко применяется в практике строительства, так как обеспечивает достаточную точность разбивки техническим теодолитом и не требует сложных измерений.

Из рис.103,а видно, что ошибка перенесения точек A и B проекта на местность способом прямоугольных координат зависит от точности построения прямых углов и расстояний d .

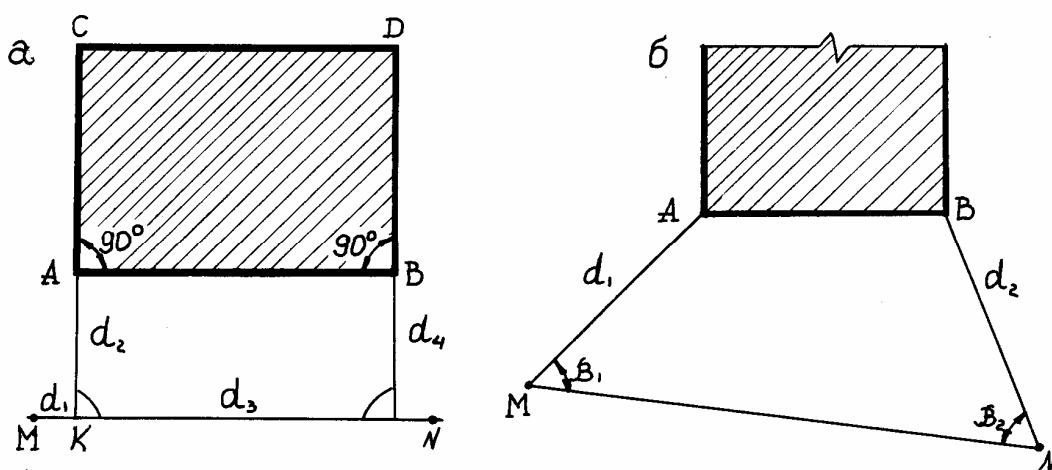


Рис.103. Схема перенесения осей:
а – способом прямоугольных координат;
б – способом полярных координат

Способ полярных координат (полярный) чаще применяется на открытой и удобной для измерения линий местности от пунктов опорной сети по углу исходного направления до переносимой точки. Этот способ наиболее маневренный, достаточно точный и применяется на строительных площадках, где нет строительной сетки.

Для перенесения на местность точек A и B пересечения основных осей здания (рис.103,б) необходимо отыскать на местности опорные точки M и N , знать величины разбивочных углов β_1, β_2 и длины линий d_1, d_2 .

Дирекционные углы линий, образующих разбивочные углы и длины линейной привязки, вычисляют по координатам конечных точек проекта и опорных пунктов решением обратной геодезической задачи по формулам:

$$\left. \begin{aligned} \operatorname{tg} \alpha_{MA} &= \frac{Y_A - Y_M}{X_A - X_M}; \\ \operatorname{tg} \alpha_{NB} &= \frac{Y_B - Y_N}{X_B - X_N}. \end{aligned} \right\} \quad (71)$$

По алгебраическим знакам числителя и знаменателя правой части формулы (71) определяют румбы линий и дирекционные углы. По дирекционным углам линий вычисляют разбивочные углы:

$$\left. \begin{aligned} \beta_1 &= \alpha_{MN} - \alpha_{MA}; \\ \beta_2 &= \alpha_{NB} - \alpha_{NM}. \end{aligned} \right\} \quad (72)$$

Длины линий привязки находят по формулам:

$$d = \frac{\Delta y}{\sin \alpha} = \frac{\Delta x}{\cos \alpha}; \quad (73)$$

$$\left. \begin{aligned} d_1 &= \sqrt{\Delta x_{AM}^2 - \Delta y_{AM}^2}; \\ d_2 &= \sqrt{\Delta x_{BN}^2 + \Delta y_{BN}^2}. \end{aligned} \right\} \quad (74)$$

При помощи теодолита и мерной ленты (рулетки) на местности строят углы β_1 и β_2 откладывают расстояния d_1 и d_2 и получают точки A и B , которые закрепляют кольями.

Для контроля измеряют линию AB и получают разность

$$fd = AB_{\text{изм}} - AB_{\text{пр.}}$$

Относительная ошибка измерения fd/AB должна быть в пределах 1:2000–1:3000 для гражданских и 1:8000–1:60000 для промышленных зданий и сооружений.

Из рис.103,б видно, что ошибка перенесения точек проекта способом полярных координат зависит от точности построения углов β_1 , β_2 и расстояний d_1 , d_2 .

Точность в положении точек A и B при перенесении их на местность способами прямоугольных и полярных координат определяется по формуле

$$m = \pm \sqrt{\frac{m_\beta^2}{\rho^2} d^2 + m_d^2}, \quad (75)$$

где m_β – средняя квадратическая ошибка построения горизонтального угла;

ρ – число секунд в радиане (206265);

d – расстояние на местности от опорного пункта до фиксируемой точки;

m_d – относительная средняя квадратическая ошибка отложения расстояния.

Расчет точности построения разбивочных углов m_β и длин линий m_d осуществляется по формулам:

$$m_\beta \leq \frac{m_c \rho''}{d\sqrt{2}}; \quad (76)$$

$$m_d \leq \frac{m_c}{\sqrt{2}}; \quad \frac{md}{d} \leq \frac{m_c}{d\sqrt{2}}, \quad (77)$$

где m_c – допустимая техническими условиями ошибка перенесения на местность проектной точки.

Способ прямой угловой засечки применяется при перенесении на местность точек проекта, расстояние до которых измерить затруднительно или невозможно.

Для перенесения в натуру точки A этим способом необходимо отыскать на местности опорные точки M и N , знать величины разбивочных углов β_1 и β_2 (рис.104,а).

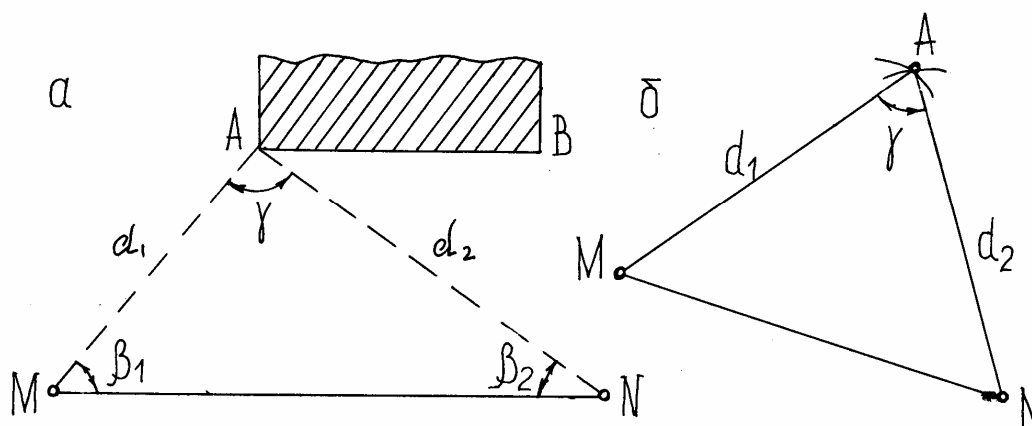


Рис.104. Схема перенесения точек осей:
а – способом прямой угловой засечки; б – способом линейных засечек

Разбивочные углы β_1 и β_2 вычисляют как разность дирекционных углов, образованных исходной стороной и направлениями с ее конечных точек M и N на определяемую точку A . При этом угол γ для достижения точности перенесения засечки должен приближаться к 90° , но быть не менее 30° и не более 150° .

По известным координатам опорных пунктов M , N и точки A решением обратной геодезической задачи вычисляют дирекционные углы соответствующих направлений. При этом пользуются формулами (71).

По дирекционным углам направлений вычисляют углы β_1 и β_2 :

$$\left. \begin{aligned} \beta_1 &= \alpha_{MN} - \alpha_{MA}; \\ \beta_2 &= \alpha_{NA} - \alpha_{NM}. \end{aligned} \right\} \quad (78)$$

Теодолит устанавливают над опорной точкой M , ориентируют трубу по линии MN и строят угол β_1 . Около точки A закрепляют полученный створ

линии MA с помощью кольев с натянутым между ними шнуром (осевой проволокой). Аналогичным образом закрепляют створ по линии NA . Пересечение шнуров будет в проектной точке A . При работе с двумя теодолитами разбивочные углы откладывают одновременно.

Таким же образом закрепляют точку B . Для контроля измеряют линию AB и сравнивают ее с проектной.

Точность перенесения на местность проектной точки A способом угловых засечек зависит от расстояний d_1 и d_2 до опорных пунктов M и N , ошибок построения углов β_1 , β_2 и величины угла засечки γ .

Ошибка m_a положения точки A определяется по формуле

$$m_a = \pm \frac{m_\beta}{\rho \sin \gamma} \sqrt{d_1^2 + d_2^2}, \quad (79)$$

где m_β – средняя квадратическая погрешность построения углов β_1 и β_2 ;

γ – угол засечки при точке A ;

d_1 и d_2 – расстояния от опорных пунктов M и N до точки A .

Расчет точности построения разбивочных углов m_{β_1} , m_{β_2} определяется по формуле

$$m_{\beta_1}, m_{\beta_2} \leq \frac{m_c \sin \gamma}{\sin 1'' \sqrt{d_1^2 + d_2^2}}, \quad (80)$$

где $\sin 1'' = \frac{1}{206265}$.

Способ линейной засечки применяется на ровной открытой местности, когда проектные расстояния d_1 и d_2 (рис.104,б) не превышают длины мерного прибора. При этом обеспечивается достаточная точность и производительность измерений.

Расстояния d_1 и d_2 для ответственных зданий и сооружений определяют решением обратной геодезической задачи, а для простых – графическим методом.

Для перенесения точки A на местность в точке M закрепляется нулевое деление рулетки и радиусом, равным d_1 , прочерчивают на местности дугу. Затем нулевое деление ленты закрепляют в точке N и прочерчивают дугу радиусом d_2 . Пересечение дуг будет в проектной точке A .

Точность перенесения на местность проектной точки A способом линейных засечек зависит от ошибок отложения расстояний d_1 , d_2 и угла засечки γ .

Ошибка в положении точки A определяется по формуле

$$m_a = \sqrt{\left(\frac{m_d}{d}\right)^2 \cdot \left[\frac{d_1^2 + d_2^2}{\sin \gamma}\right]} \text{ или } \frac{m_d}{\sin \gamma} \sqrt{2}, \quad (81)$$

где m_d – средняя квадратическая ошибка отложения расстояний d_1 и d_2 на местности;

γ – угол засечки фиксируемой точки A .

Способ створной засечки применяется при наличии строительной сетки или закрепленных на местности главных и основных осей зданий, сооружений. На рис.105. показана разбивка здания способом створных засечек. Проектную точку в этом случае определяют пересечением двух створных линий, которые получают с помощью теодолита или осевой проволоки.

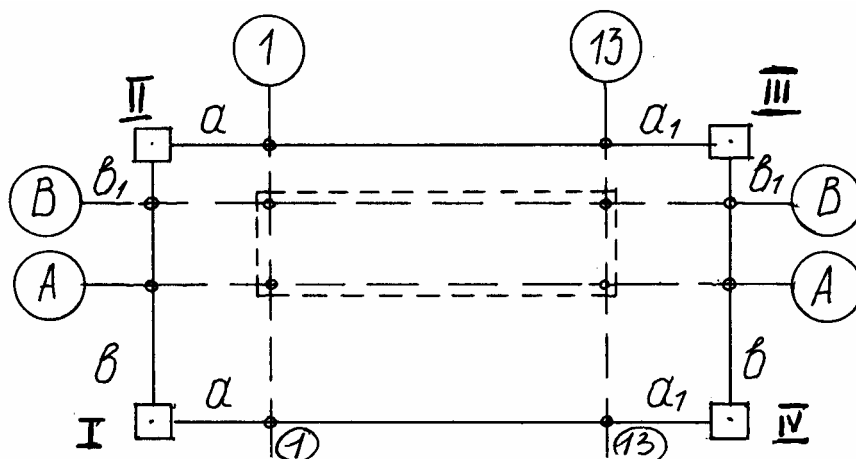


Рис.105. Схема перенесения в натуру осей здания от строительной сетки способом створной засечки

По сторонам сетки I-IV и II-III откладывают отрезки, равные проектному размеру a , a_1 , и по полученным точкам с помощью теодолита строят створ осей 1-1 и 13-13. По сторонам I-II и IV-III откладывают отрезки b , b_1 и по полученным точкам строят створ осей A-A и B-B. Пересечение осей дает точку углов здания.

Указанными выше способами можно производить разбивку зданий и сооружений на застроенных участках от местных предметов (например существующих зданий). Так как точность разбивки от местных предметов сравнительно небольшая, то геодезическая подготовка данных осуществляется графическим методом по плану крупного масштаба. На рис.105 показаны варианты перенесения на местность проектных точек и линий от местных предметов. Приведенные случаи разбивок не требуют детальных пояснений. Точность перенесения здесь контролируется измерениями на местности и проверкой положения проектных точек и линий относительно других местных предметов.

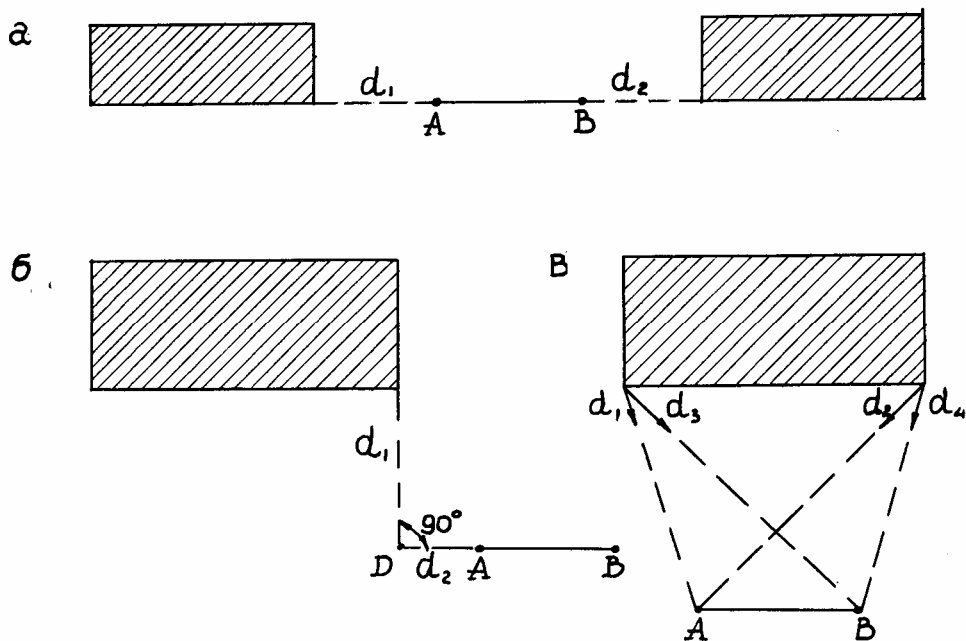


Рис.106. Схема перенесения на местность оси здания:
 а – по створу зданий; б – по перпендикуляру;
 в – по линейным засечкам

17.6. Вынос проектных осей здания и точек с использованием электронного тахеометра

Наличие в электронном тахеометре программ «Вынос в природу» и «Вынос линии» позволяют быстро и точно вынести точку или линию в природу, если ЭТ (станция) ориентирован и имеются координаты или параметры выносимых элементов. Для этого тахеометр устанавливается на пункте базиса пз1 (рис.106а).

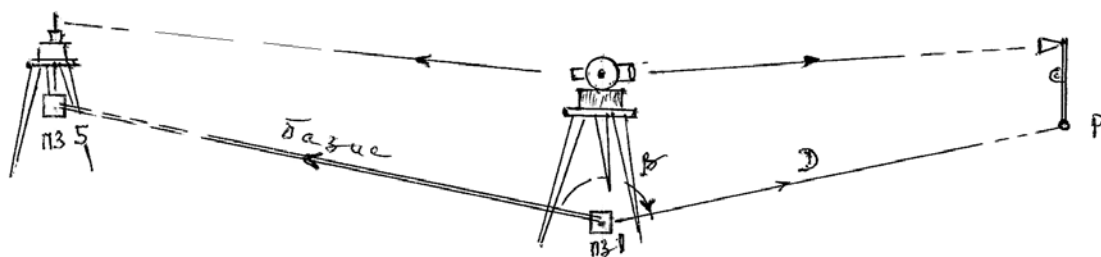


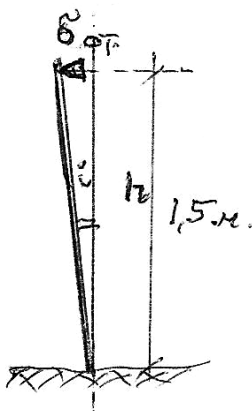
Рис. 106а. Схема выноса в природу точек объекта

В «Меню» выбирается функция «Вынос в природу», вводятся координаты станции XO, YO . Зрительная труба наводится на визирную цель, установленную на ориентирном пункте (пз5), вводятся координаты точки ориентирования XTO, YTO . Прибор вычисляет значения дирекционного направления и требует его подтверждения (нажать клавишу Да). Далее вводятся координаты выносимой точки P. На дисплее высвечивается

значение полярного угла β , на которой надо повернуть алидаду. Вращая алидаду, строим полярное направление (отсчёт по горизонтальному кругу $0^\circ 00' 00''$) на точку P . Устанавливаем на линии отражатель, измеряем D' . На дисплее появится домер, на который надо сместить отражатель. Например, 1,805 м. Это значит, что отражатель надо переместить ближе к прибору на 1,805 м. Переместим отражатель на 1,805 м, сохраняя направление на P , получим местоположение выносимой точки. Положение отражателя фиксируется на местности. Знак домера полярного расстояния определяется $D_{\text{изм}} - D_{\text{проект}}$.

Для контроля и повышения точности выноса пункта операцию по выносу следует повторить при другом положении вертикального круга, для чего зрительную трубу надо перевести через зенит и повторить действия по выносу. При качественной работе точки выноса совпадут.

Отметим, что при выносе точек в проектное положение необходимо пользоваться минипризмой на максимально короткой вешке (100 мм, 300 мм), так как её наклон приводит к существенной погрешности в отложении расстояния D . Вычислим эту погрешность. Точность установки вешки в вертикальное положение по круглому уровню примем $20'-30'$ (суммарное влияние цены деления уровня $10'$, неточность юстировки уровня, колебание вешки при её удерживании в руках). Тогда $\delta_{\text{отр}}$ будет равна:



$$\delta_{\text{отр}} = h \cdot \tan i = 1,5 \text{ м} \cdot \tan 0' 20' = 8,7 \text{ мм}.$$

$$\delta_{\text{отр}} = 1,5 \text{ м} \cdot \tan 0' 30' = 13,1 \text{ мм}.$$

$$\delta_{\text{отр}} = 0,3 \text{ м} \cdot \tan 0' 20' = 1,7 \text{ мм}.$$

$$\delta_{\text{отр}} = 0,1 \text{ м} \cdot \tan 0' 20' = 0,6 \text{ мм}.$$

Из расчётов видно, что приведённое выше утверждение справедливо.

Вычислим среднюю квадратическую погрешность m собственно выноса точки P полярным методом при: $D=50 \text{ м}$, $m_S = 2 \text{ мм}$, $m_\beta = 3''$ по формуле (82). Она будет равна $m_P = 2,1 \text{ мм}$. Суммарная средняя квадратическая погрешность выноса точки P полярным методом будет равна: при $D=50 \text{ м}$, $h_{\text{отр}}=0,3 \text{ м}$, $m_S = 2 \text{ мм}$, $m_\beta = 3''$

$$m^2 = m_P^2 + m_{\text{отр}}^2 + m_\phi^2 + m_\psi^2, \quad (82)$$

$$m^2 = 2,1^2 \text{ мм} + 0,8^2 \text{ мм} + 2^2 \text{ мм} + 1^2 \text{ мм} = 10,1 \text{ мм}^2,$$

$$m = 3,18 \text{ мм}.$$

Вынос проектных точек в натуру можно выполнить «Полярным методом» или «Вынос линии» с так называемой «Свободной станции». В этом случае координаты местоположения тахеометра определяются из обратной линейно-угловой засечки. Достаточно выполнить измерения расстояний и горизонтального угла между двумя «твёрдыми» пунктами (рис.107). Программа «Засечка» ЭТ вычислит координаты положения станции и будет удерживать их в памяти. При этом на дисплей будет выведена также оценка точности полученных значений координат σ_x , σ_y .

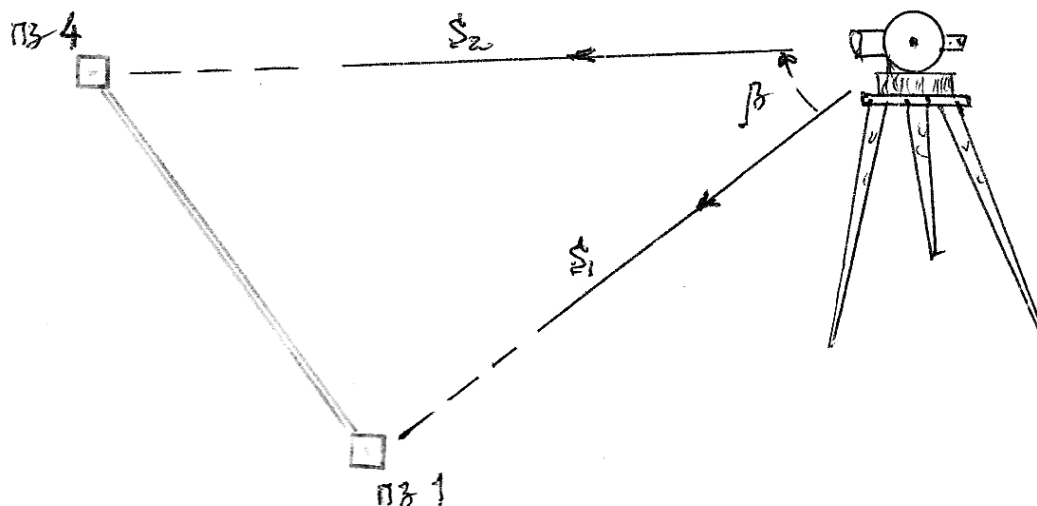


Рис.107. Схема измерения расстояний и горизонтального угла между двумя «твёрдыми» пунктами

Если точность положения станции будет недостаточна (значения σ_x , σ_y более 10 мм), то надо отнаблюдать дополнительно ещё одно или два направления на пункты с известными координатами, а затем нажать клавишу Выч.

На дисплее вновь появятся координаты станции X , Y и их оценка σ_x , σ_y .

Если направлений 3 и более, то следует нажать клавишу Результ., появится оценка точности σ_x , σ_y каждого направления. Из них надо исключить худшее направление и вновь дать команду Выч.

Полученный результат с оценкой точности следует принять в работу, нажав клавишу Да. Появится сообщение «Дирекционный угол». Прежде чем принять его (клавиши Нет, Да) следует проверить наведение на цель зрительной трубы и, если надо, подправить его, а затем нажать клавишу Да. Станция ориентирована и готова к решениям задач. Положение пункта «плохого» направления надо проверить, выяснить причину, т.е. точность координат пункта, и, если надо, присвоить другие значения, полученные из дополнительных контрольных измерений.

Точность определения координат станции можно заранее предвычислить по формулам:

$$m_x = \frac{1}{2} \sqrt{m_S^2 (\cos^2 \alpha_1 + \cos^2 \alpha_2) + \frac{m_B^2}{\rho^2} (S_1^2 \cdot \sin^2 \alpha_1 + S_2^2 \cdot \sin^2 \alpha_2)}, \quad (83)$$

$$m_y = \frac{1}{2} \sqrt{m_S^2 (\sin^2 \alpha_1 + \sin^2 \alpha_2) + \frac{m_B^2}{\rho^2} (S_1^2 \cdot \cos^2 \alpha_1 + S_2^2 \cdot \cos^2 \alpha_2)}, \quad (84)$$

где m_S – средняя квадратическая погрешность измерения расстояний светодальномером;

m_B – средняя квадратическая погрешность измерения горизонтальных углов;

α_1, α_2 – значения дирекционных направлений сторон засечки;

S_1, S_2 – длины сторон засечки, т.е. отстояние прибора от точек базиса.

Результирующий скаляр погрешности будет равен

$$M = \sqrt{m_x^2 + m_y^2}, \quad (85)$$

по которому и можно судить о точности засечки. Здесь погрешности исходных данных не учитываются.

Метод «Свободной станции» имеет очень большое преимущество, когда пункты сети закреплены светоотражательными марками, что ускоряет решение задач на стройплощадке. Кроме этого метод позволяет судить о точности сети, стабильности положения её пунктов. Конечно, это справедливо только при качественном выполнении измерительных работ наблюдателем. Тахеометр можно установить в месте, удобном для выполнения геодезических работ, что тоже в условиях строительства немаловажно.

Одной из самых эффективных функций тахеометра при производстве разбивочных работ на стройплощадке является «Вынос линии». Выбрав в «Меню» эту функцию, надо выбрать на дисплее строку **“Задать базовую линию”** (прибор при этом должен быть ориентирован, например, по программе «Засечка»), затем ввести в прибор координаты двух точек, принадлежащих линии, т.е. выносимой разбивочной оси. Далее установить отражатель в предполагаемое местоположение оси, навести зрительную трубу на отражатель и выполнить измерение. Нажать клавишу **Да** для подтверждения результатов измерений и вновь **Да** – для вычислений. Появятся на экране величины «Отступ» и «Отстояние» (или расстояние).

На рис. 108 показаны эти параметры. Понятно, что для выноса линии надо отражатель переместить на 0,740 м вправо (по направлению линии 1-2). Если значение «Отступа» положительное, например, 0,740 – смещение

отражателя будет влево. Если надо вынести точку 1, то следует переместить отражатель на 1,200 м к точке 1. При работе с этой программой надо помнить – параметры «Отступ» и «Расстояние» привязаны всегда к точке №1 и линии 1-2, координаты которой введены в память ЭТ. Зная проектные значения «Отступа» и «Расстояния» любой точки от линии 1-2, можно установить её местоположение на местности (например, любой сваи в свайном поле, введя координаты угловых свай или смещённая параллельно ось для монтажа стеновых панелей).

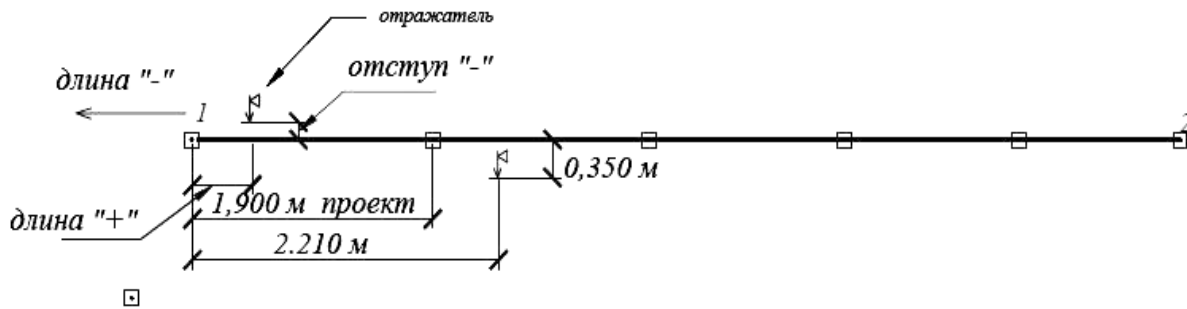


Рис. 108. Схема значений параметров

Приведём оценку точности выноса проектной точки в натуру. По существу здесь используется координатный метод: по направлению 1-2 выносятся ΔX , а по перпендикуляру от направления 1-2 ΔY – «Отступ». Уместно применить формулу оценки точности выноса

$$m_A^2 = m_{\Delta X}^2 + m_{\Delta Y}^2 + m_{Ц}^2 + m_{Ф}^2 + m_{ИСХ}^2, \quad (86)$$

где $m_{\Delta X}$ – средняя квадратическая погрешность отложения расстояния от точки 1 до основания перпендикуляра (ΔY);

$m_{\Delta Y}$ – средняя квадратическая погрешность построения ΔY (отступа);

$m_{Ц}$ – средняя квадратическая погрешность установки тахеометра над «твёрдой» точкой (центрирования);

$m_{Ф}$ – средняя квадратическая погрешность фиксирования точки на местности;

$m_{ИСХ}$ – средняя квадратическая погрешность исходных данных.

При использовании метода «Свободная станция», что чаще всего и применяется при разбивке, формула оценки точности будет следующей

$$m_A^2 = m_{\Delta X}^2 + m_{\Delta Y}^2 + m_{Ф}^2 + m_{ЗАС}^2, \quad (87)$$

где $m_{\Delta X} = m_{\Delta Y} = 2 - 3$ мм;

$m_{Ф} = 1$ мм;

m_{3AC} – ср. квадр.погрешность определения координат станции или по фактическим данным

$$M = \sqrt{\sigma x^2 + \sigma y^2};$$

здесь σx , σy – оценка точности определения положения станции из измерений фактическая.

Подставим в (79) численные значения средних квадратических погрешностей

$$m_A^2 = 2^2 \text{ мм} + 2^2 \text{ мм} + 1^2 \text{ мм} + 6^2 \text{ мм};$$

$$m_A = 6,7 \text{ мм}.$$

Из расчётов следует, что основная составляющая – это определение положения «Станции», точность которой может быть повышена увеличением наблюдаемых направлений на пункты с известными координатами (например, 3-4).

Контрольные вопросы

1. Как создается плановое и высотное геодезическое обоснование для производства разбивочных работ и исполнительных съемок?
2. Что служит в качестве разбивочной основы для строительства жилых и промышленных зданий и сооружений?
3. Порядок перенесения и закрепления на местности строительной сетки.
4. Как на стройплощадке создается высотная разбивочная сеть?
5. Назовите сущность и этапы разбивки зданий и сооружений.
6. Основные методы подготовки данных для выноса в натуру осей зданий.
7. Требуемая точность проектного положения точек главных и основных осей зданий и сооружений.
8. Порядок построения на местности горизонтального угла с технической и повышенной точностью.
9. Как отличить на местности проектную линию с введением соответствующих поправок в её длину?
10. Порядок перенесения и закрепления на стройплощадке проектной отметки.
11. Возможно ли закрепление проектной отметки с помощью теодолита?
12. Порядок построения на местности линии или плоскости с проектным уклоном.
13. Как выполняют разбивку главных и основных осей зданий?
14. Какие существуют способы перенесения осей на местность?

15. Порядок перенесения на местность точек проекта способами прямоугольных и полярных координат.

16. Укажите схему перенесения точек проекта способами прямой угловой и линейных засечек.

17. Что вы знаете о точности перенесения на местность точек проекта различными способами?

18. Порядок выноса в натуру точек проекта с помощью тахеометра.

18. Геодезическое обеспечение строительства зданий и сооружений

18.1. Разбивочные работы при строительстве нулевого цикла

Возведение зданий и сооружений выполняется в два этапа:

1. Работы нулевого цикла. Сюда относятся работы, которые выполняются до уровня пола первого этажа – «нулевого горизонта». Это разработка котлована, изготовление фундамента и стен подвала, монтаж перекрытия подвала, устройство водопровода, газопровода, канализации, прокладывание кабелей энергетических и связей. Гидроизоляция «нуля» и обратная засыпка пазух грунтом и песком с уплотнением, планировка площадки.

2. Строительно-монтажные работы по возведению надземной части здания.

Земляные работы

Исходными данными для геодезических разбивок при выполнении земляных работ служат: генеральный план объекта; проект вертикальной планировки и картограмма земляных работ; план осей; проект дорог и инженерных подземных коммуникаций; разбивочный чертёж перенесения на местность границ участка строительства и осей сооружения.

При разработке котлована под фундамент здания экскаватором с гидравлическим приводом, бульдозером, скрепером допускается **недобор+10 см**. Допустимое отклонение при окончательной (ручной) зачистке дна котлована в местах устройства фундамента не должно превышать 5 см от проектных отметок.

Контроль поверхности дна котлована после его зачистки осуществляется геодезистом исполнительной съёмкой. Нивелируются точки пересечения буквенных и цифровых осей дна котлована или узлы построенной сетки квадратов со сторонами 10×10 м. На схеме указывается положение верхней и нижней бровок дна котлована, отклонения от проекта дна котлована по высоте. По этим данным вычисляется объём вынутого грунта из котлована.

Забивка свай

Исходными документами для забивки свай под фундамент являются: план свайного поля, координаты положения свай, план осей, акт разбивки осей. Перед выносом проекта в натуру положения свай геодезист обязан проверить правильность проектных данных для выноса. В случае обнаружения ошибок вопрос решается ГИПом по представлению ПТО «Подрядчика», и только после этого можно приступать к разбивке местоположения свай.

Вынос проекта в натуру может быть выполнен с использованием оптического теодолита и стальной рулетки с миллиметровыми делениями. Для

этого надо воспользоваться вынесенными на местность осями сооружения традиционно на скамейки. По натянутой рулетке или струне откладываются расстояния согласно проектным данным, и закрепляется местоположение свай арматурными штырями длиной 30-40 см, бракованными электродами и др. (рис. 109).

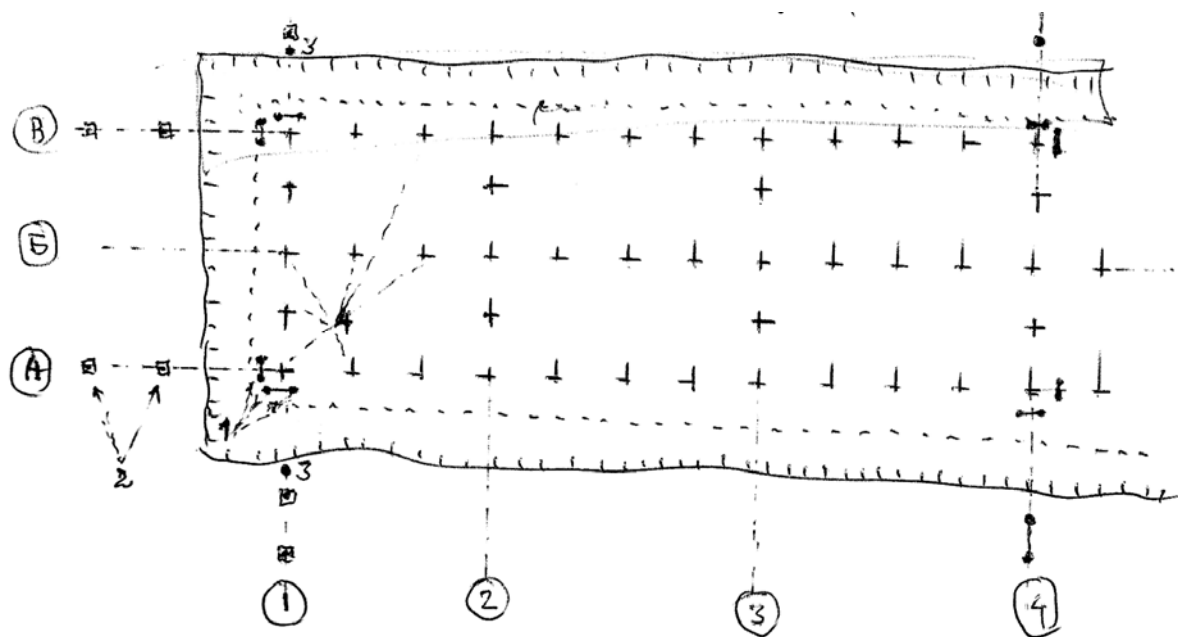


Рис.109. Схема расположение свай:
 1 – скамейки закрепления осей под забивку свай;
 2 – строительные скамейки осей; 3 – знаки закрепления створа оси;
 4 – положение свай

При наличии электронного тахеометра вынос местоположения свай в натуру может быть выполнен быстро и с высокой точностью с использованием программ «Полярный метод» (координатный) и «Смещённая линия». Особенно эффективна последняя программа, так как она не требует ввода координат каждой выносимой сваи. Достаточно ввести координаты только крайних свай ряда, вынести их в натуру, а остальные сваи выносятся по значениям «отступа» и «расстояния» от 1-й точки введенных координат. Прибор можно расположить в месте, удобном для разбивки, а его положение и ориентирование определяется из решения обратной линейно-угловой засечки («Свободная станция») или другими известными методами.

Предельные отклонения в плановом положении и высотном забиваемых свай и шпунта приведены в СНиП 3.02.01-87 «Земляные сооружения, основания и фундаменты». Они не должны превышать для свай диаметром или стороной сечения до 0,5 м:

– при одно-, двух- и трёхрядном расположении свай, кустов, лент

- $\pm 0,3d$ – поперёк оси свайного ряда;
- $\pm 0,3d$ – вдоль оси свайного ряда;
- сплошное свайное поле под всем зданием или сооружением
- $\pm 0,2d$ – для крайних свай;
- $\pm 0,4d$ – для средних свай.

Для одиночных свай предельное отклонение не должно быть более 5 см, для свай-колонн ± 3 см.

Предельные отклонения в плане забивных, буронабивных, набивных свай диаметром более 0,5 м не должны превосходить:

- ± 10 см – поперёк ряда
- ± 15 см – вдоль ряда при кустовом расположении свай;
- ± 8 см – для круглых одиночных полых свай под колонны.

Высотные отметки голов свай не должны отклоняться от проектных:

- ± 3 см – для монолитных ростверков;
- ± 1 см – для сборных ростверков;
- ± 5 см – для безростверковых фундаментов со сборным оголовком;
- ± 3 см – для свай-колонн.

Предельные отклонения в плане для шпунтовых ограждений:

- ± 10 см железобетонного на отметке поверхности грунта;
- ± 15 см стального на отметке верха шпунта.

Для сооружений «стена в грунте» допускается смещение осей в плане ± 3 см; отклонение от вертикали $\tan 0,005$; толщина стены может быть только завышена до 10 см; глубина может быть только завышена на 20 см.

Отметим, приведённые значения допустимых отклонений положения свай от проекта – это суммарный результат влияния погрешностей всех операций, сопровождающих забивку свай. Погрешность геодезических разбивочных работ должна быть в 2-3 раза меньше приведённых значений.

Ранее рассматривалась точность выноса основных осей на нулевой горизонт при помощи оптического теодолита створным методом. ***Здесь приведём расчёт точности разбивочных работ с использованием электронного тахеометра.***

Погрешность выноса точки при помощи ЭТ по известным координатам полярным методом можно предвычислить по формуле

$$m_T^2 = m_{CT}^2 + m_S^2 + \frac{m_B^2}{\rho^2} S^2 + m_\Phi^2, \quad (88)$$

- где m_{CT} – ср.кв. погрешность определения положения станции,
- m_S – ср.кв. погрешность отложения полярного расстояния,
- m_B – ср.кв. погрешность построения полярного угла,
- m_Φ – ср.кв. погрешность фиксации точки,
- S – расстояние от прибора до выносимой точки.

При значениях: $S = 50$ м, $m_S = 2$ мм, $m_B = 5''$, $m_\Phi = 2$ мм, $m_{CT} = 5$ мм, погрешность выноса точки $m_T = 5,9$ мм. Здесь основная составляющая (5 мм) погрешность определения положения станции. Полученный результат m_T удовлетворяет практически все виды разбивочных работ при возведении подземной части сооружения. Однако надо принимать во внимание – визирная цель (вешка с минипризмой) должна быть высотой не более 0,1–0,3 м, в противном случае погрешность фиксации (из-за наклона вешки) будет более 2 мм. При необходимости можно использовать штатив с подставкой и адаптером под марку-отражатель, имеющую оптический центр. В этом случае придётся делать два-три приближения выноса точки в натуру.

18.2. Устройство котлованов

При устройстве котлованов выполняются следующие основные операции: разбивка контуров котлована, установка обноски, визирок, контроль за отрывкой котлована, зачистка дна и откосов, передача осей и высот в котлован, исполнительные съемки открытого котлована.

До разбивки котлована по разбивочному чертежу устанавливают размеры запаса внешнего обреза основания фундамента и глубину его заложения. Запас необходим для предотвращения от обвала откоса котлована и для установки опалубки. Размер запаса зависит от глубины котлована (при глубине 2-3 м принимается в 0,5–1,0 м).

От основных осей здания, закрепленных на местности или обноске, разбивают границу внутреннего контура котлована с учетом принятого запаса внешнего обреза основания фундамента. От неё разбивают границу внешнего контура (верхней бровки) котлована с учетом крутизны откоса.

Границу внешнего контура котлована закрепляют на местности кольями через каждые 5–10 м, между которыми натягивается шнур или делается канавка на 1-2 штыка лопаты для обозначения границы вскрытия котлована.

Для разбивки траншей под ленточные фундамента от основных осей здания вправо и влево откладывают величины, в сумме составляющие ширину подошвы фундамента.

Разбивка котлованов под столбчатые фундамента ведется по основным и вспомогательным осям, в створе которых намечаются центры фундамента. От центров разбивается контур котлована.

Контроль за ходом выемки грунта и доведение глубины котлована до проектной отметки его дна осуществляются с помощью визирок или нивелира.

Постоянные визирки в виде горизонтальных планок прибивают к столбам обноски на одинаковой высоте (обычно на 1 м выше нулевой отметки). На планке подписывают отметку визирки.

Чтобы определить, выбран ли грунт из котлована до проектной отметки, на его дне устанавливают переносную (ходовую) визирку в виде рейки. На рейке краской отмечают линию, расстояние до которой от пятки рейки равно разности отметок ребра планки постоянной визирки и проектного дна котлована. Если линия на ходовой визирке окажется выше шнура, натянутого между ближайшими планками, то грунт из котлована еще не выбран до проектной отметки.

Чтобы определить с помощью нивелира фактическую отметку дна котлована, устанавливают нивелирную рейку сначала на репер с известной отметкой H_p и берут по рейке отсчет a . Затем рейку переносят на дно котлована и берут отсчет b . Превышение между репером и точкой дна котлована будет $h = a - b$. Прибавляя превышение со своим знаком к отметке репера, получают отметку дна котлована в данной точке:

$$H_k = H_p \pm h. \quad (89)$$

Контролировать достижение проектной отметки дна котлована $H_k^{пр}$ можно по значению предварительно вычисленного отсчета b на рейке:

$$b = H_p + a - H_k^{пр}. \quad (90)$$

Выемку грунта в котлованах и траншеях заканчивают с недобором на 10–20 см до проектной отметки, после чего делают зачистку дна котлована вручную по результатам нивелирования его по квадратам. Вершины квадратов закрепляют кольями, верхние срезы которых (маяки) располагают на уровне проектной отметки, и по ним ведут зачистку. После зачистки откосов котлована при помощи угольников с отвесами или направляющих проводят исполнительную съемку котлована. Отклонения от проектных размеров по ширине и длине котлована не должны превышать 30 см. Отклонение отметок дна котлована под фундаментами от проектных допускаются не более чем ± 5 см при условии, что эти отклонения не будут превышать толщины отсыпного подстилающего слоя. Допустимые средние квадратические ошибки измерения при устройстве котлованов: линейные – 1/1000; угловые – 45" и высотные – 10 мм.

Окончание устройства котлована подтверждается исполнительной геодезической документацией: актом готовности котлована, схемой плано-высотной съемки котлована, картограммой подсчета объемов земляных масс.

Перенесение осей в котлован выполняют при помощи теодолита со створных точек (рис.110), закрепляющих оси, или отвесами от точек

пересечения осей, фиксируемых проволоками, натянутыми по обноске (рис.111).

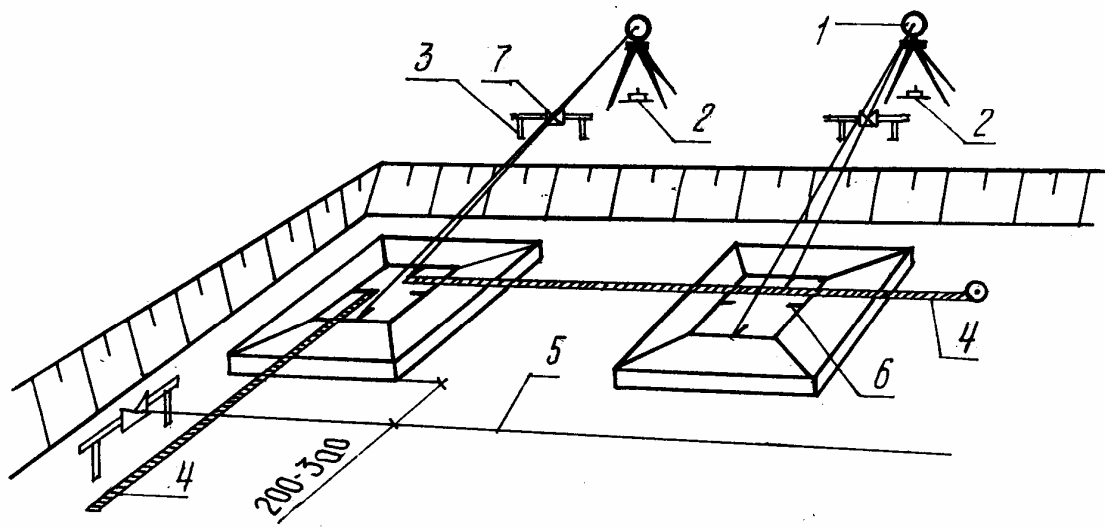


Рис.110. Схема перенесения осей фундамента в котлован с помощью теодолита
 1 – теодолит; 2 – створный знак; 3 – обноска; 4 – рулетка;
 5 – осяевая проволока; 6 – осяевая риска; 7 – подвижная марка

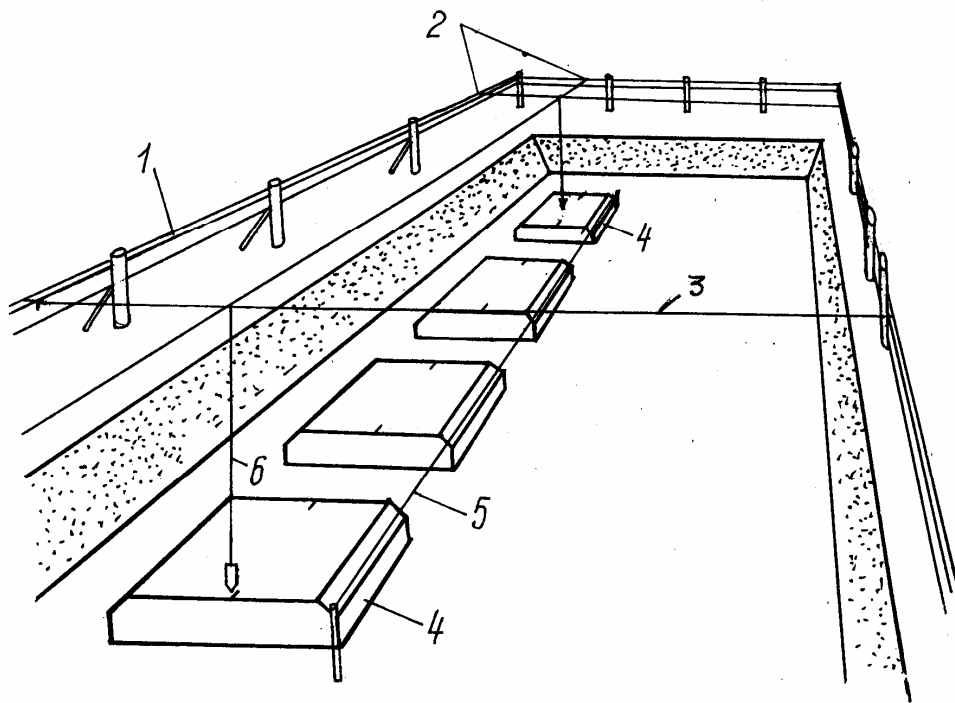


Рис.111. Схема перенесения разбивочных осей в котлован отвесами:
 1 – обноска; 2 – риски осей; 3 – осяевая проволока;
 4 – маячные блоки; 5 – причалка; 6 – отвес

В котловане оси закрепляют временными знаками на дне или на откосах.

Передачу высот в котлован производят нивелиром непосредственно на дно или по откосам. В глубокие котлованы отметки передают с помощью подвешенной рулетки и двух нивелиров (рис.112).

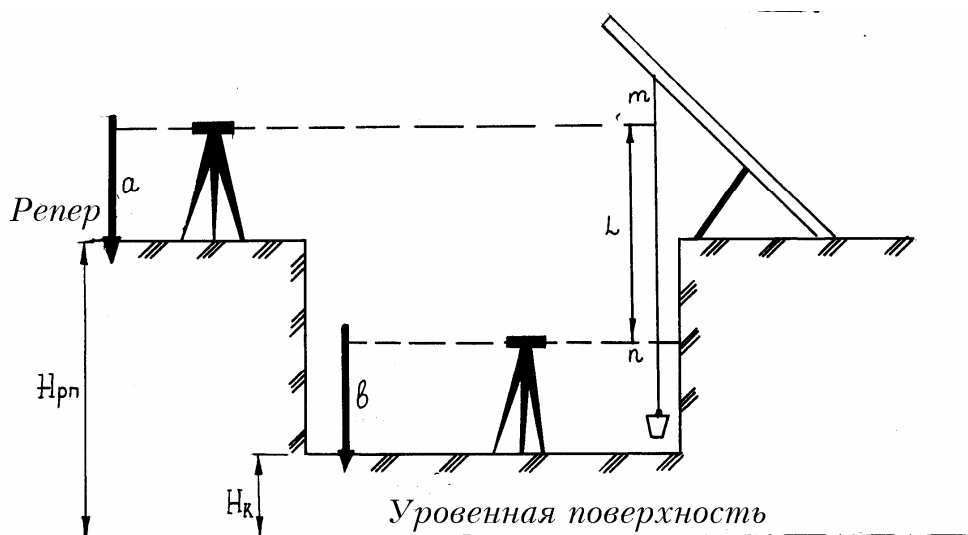


Рис.112. Схема перенесения проектной отметки на дно глубокого котлована

Из рис.112 видно, что отметка дна котлована

$$H_k = H_{рп} + a - L - в,$$

где $H_{рп}$ – отметка репера;

L – длина ленты между линиями визирования нивелиров:

$$L = m - n.$$

Определение объема грунта при разработке котлована необходимо для оперативного контроля фактически выполненного объема земляных работ. Объем грунта зависит от размеров котлована в плане, его глубины, заложения откосов и конструкции. Для котлованов с различным заложением откосов (крутизной откосов) (рис.113,а) можно пользоваться формулой для подсчета объема обелиска:

$$V = \frac{h}{6} [(2a + a_1)b + (2a + a_1)b_1], \quad (91)$$

где V – объем котлована;

h – глубина котлована;

a – длинная сторона котлована внизу;

a_1 – длинная сторона котлована наверху;

b – короткая сторона котлована внизу;

b_1 – короткая сторона котлована наверху.

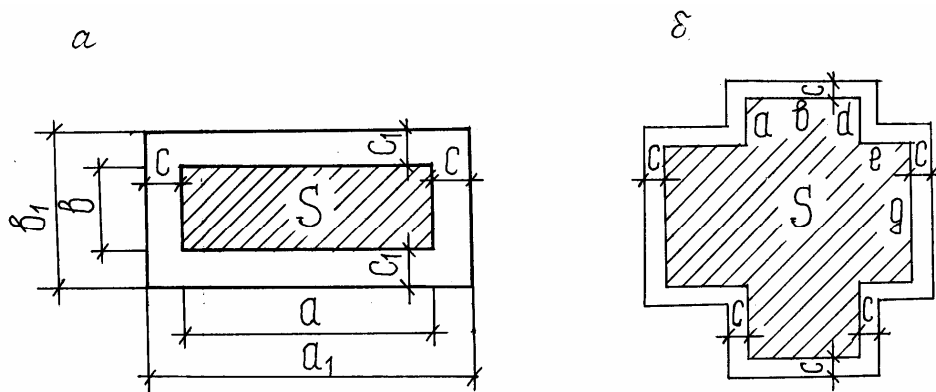


Рис.113. Схема котлована:
 а – с различным заложением откосов; б – сложной конфигурации

Для котлованов с одинаковыми заложениями откосов применяют формулу для определения объемов грунта, при использовании которой нет необходимости измерять верхние размеры котлована в плане:

$$V = hab + h(a + b)c + 4\frac{h}{3}c^2, \quad (92)$$

где hab – объем котлована без учета откосов;

$h(a+b)$ – объем котлована над откосами без учета углов;

c – горизонтальная проекция откосов;

$4\frac{h}{3}c^2$ – объем котлована над откосами в углах.

Для удобства подсчета эту формулу можно привести к следующему виду:

$$V = h \left[ab + (a + b)c + \frac{4}{3}c^2 \right]. \quad (93)$$

Для котлованов сложной конфигурации (рис.113,б) и с одинаковыми заложениями откосов используют формулу

$$V = h \left(S + p + \frac{c}{2} + \frac{4}{3}c^2 \right), \quad (94)$$

где S – площадь нижнего основания котлована;

P – периметр нижнего основания котлована:

$$m = (a + b + d + e + g + \dots).$$

Для небольших котлованов с откосами при площади их внизу до 100 м^2 и глубине до 4 м (с целью упрощения подсчета) объем грунта определяется как произведение площади в среднем сечении котлована и его глубины:

$$V = S_{\text{cp}}h. \quad (95)$$

Для котлованов с вертикальными стенками и креплениями объем грунта определяют по формуле

$$V = S \cdot h. \quad (96)$$

Оперативный контроль объема земляных работ по данной методике позволяет снизить трудоемкость этого процесса.

18.3. Устройство фундаментов

Исходными данными для выполнения геодезических работ по устройству фундаментов являются схемы осей зданий и сооружений с расстояниями между ними и привязкой к конструкциям фундаментов, планы и разрезы фундаментов и котлованов под несущие конструкции и технологическое оборудование, отметки опорных поверхностей оснований и фундаментов.

Точность устройства фундаментов характеризуется величинами смещения осей элементов относительно монтажных осей и смещения плоскостей и опорных поверхностей от проектных по высоте.

Наряду с общими принципами и приемами геодезические разбивочные работы при устройстве различных типов фундаментов имеют свои особенности.

Монтаж сборных ленточных фундаментов (рис.114) начинают с установки угловых подушек и блоков по проволоке, натянутой на осевых гвоздях обноски.

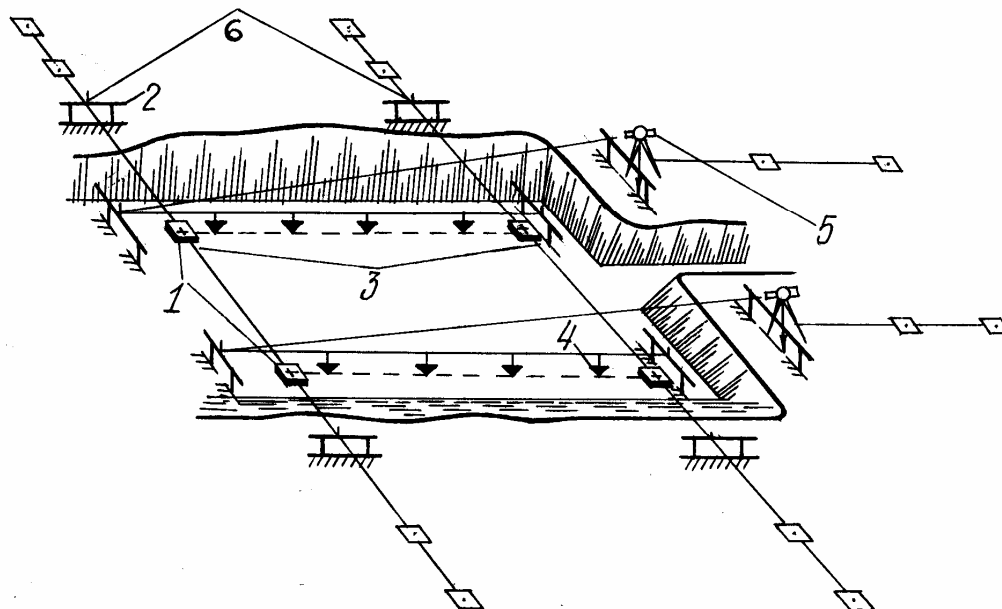


Рис.114. Схема разбивки сборных ленточных фундаментов:
1 – маячные блоки; 2 – обноска; 3 – проволока; 4 – отвесы;
5 – теодолит; 6 – осевые риски

При значительной длине здания (более трех секций) устанавливают ряд промежуточных (маячных) блоков с интервалом 15–20 м. Остальные блоки укладывают по причалке, закрепленной по внешней грани блоков, ранее смонтированных. На уложенные подушки фундаментов переносят оси, фиксирующие внутренние грани фундаментных блоков, и по рискам этих осей осуществляют монтаж блоков.

Правильность установки блоков в плане проверяют (рис.115) от отвесов с осевой проволокой, боковым нивелированием или вешением с помощью теодолита, а по вертикали и горизонтали – отвесом и уровнем.

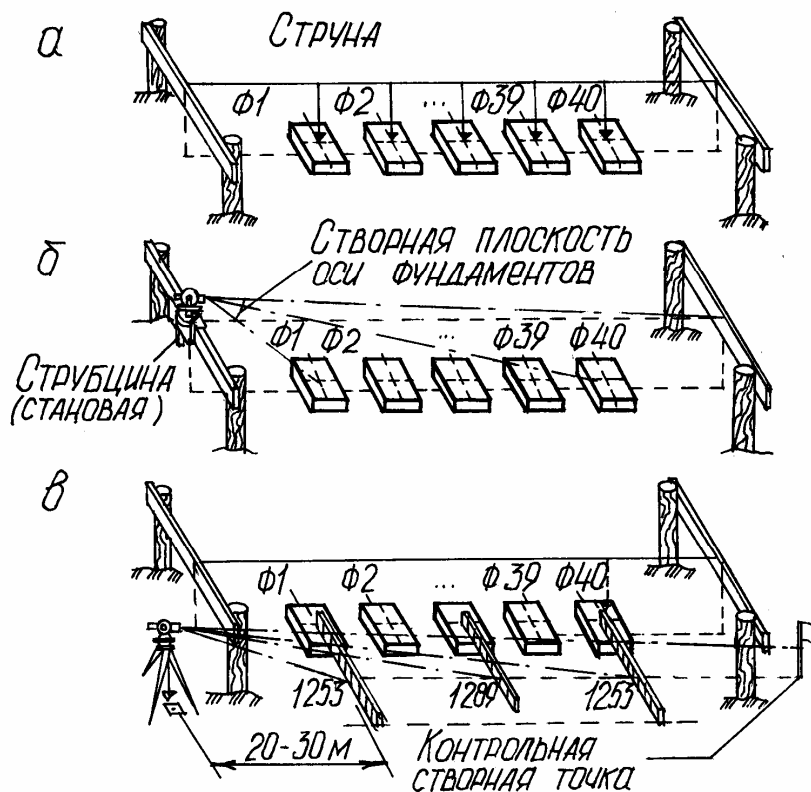


Рис.115. Контроль установки фундамента:
а – способом створной струны; б – теодолитом;
в – способом бокового нивелирования

Одновременно с геодезическим контролем монтажа фундаментных блоков производят разбивку вводов в здание подземных коммуникаций, используя продольные и поперечные строительные оси, для чего в кладке блоков оставляют необходимые отверстия с учетом проектной отметки ввода.

После окончания монтажа первого ряда блоков производят нивелирование. Отклонения в положении верхней поверхности блоков от горизонта исправляют при устройстве горизонтального шва (постели) для следующего ряда блоков.

После окончания монтажа фундаментных блоков делают проверку их расположения с составлением исполнительной схемы, на которой показывают смещение блоков от осей и колебания фактических отметок относи-

тельно проектных. Отклонение блоков от оси и установки по высоте допускаются до 10 мм. Установку по высоте контролируют с помощью нивелира. По результатам исполнительной съёмки производят выравнивание монтажного горизонта для укладки плит перекрытия над подвалом или техническим подпольем.

Устройство монолитных ленточных фундаментов (рис.116) начинается с возведения опалубки. В ней устанавливают арматуру, после чего заполняют ее бетоном до необходимой отметки. Внутренние грани опалубки совпадают с гранями фундамента.

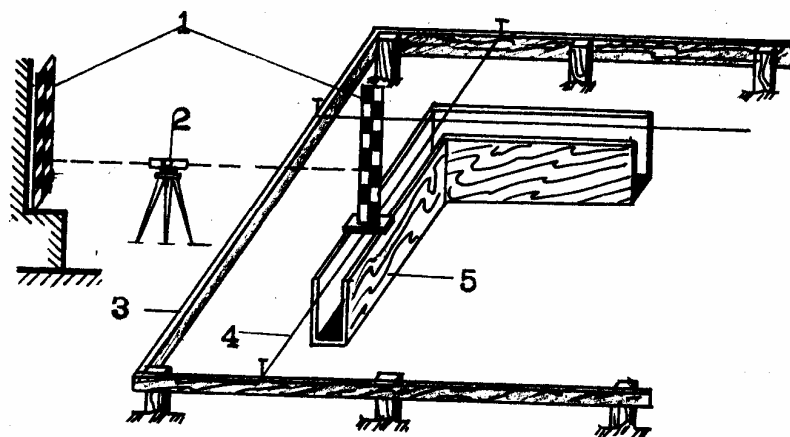


Рис.116. Опалубка под монолитный ленточный фундамент:
1 – рейки; 2 – нивелир; 3 – обноска; 4 – осевые проволоки; 5 – короб опалубки

Опалубку устанавливают в проектное положение от закрепленных на обноске строительных осей с помощью теодолита или отвесов. Контроль высоты выполняют по незатвердевшему бетону нивелиром. Рейку ставят на лист фанеры или жести, чтобы пятка её не тонула в бетоне. Верхний обрез фундамента намечают на опалубке гвоздями или краской. Отметку переносят с помощью нивелира от ближайшего репера с точностью 3–5 мм. Положение опалубки контролируют от разбивочных осей. Ее отклонение от проектного положения в плане не должно превышать 5–10 мм.

Вертикальность установки опалубки проверяют отвесом, высотное положение – нивелиром.

После заполнения опалубки бетоном его выравнивают деревянным брусом. Для точного результата в незатвердевший бетон вбивают металлические штыри, фиксируя их верх на проектной отметке. В такой бетон можно закладывать металлические пластины (скобы) для фиксации на них осей и отметок. Выполнение этой операции с внутренней стороны фундамента особенно необходимо, если в дальнейшем в подвальной части будет устанавливаться технологическое оборудование.

Опалубку для монолитного фундамента под колонны устраивают из коробов, которые в плановое положение устанавливают по рискам на их ребрах или по рейкам. Для этого на верхних кромках щитов намечают

середину короба и поверх него прибивают рейки. Грани реек должны располагаться по осям короба. С проволок, натянутых по осям колонны над котлованом, опускают отвесы и двигают короб до тех пор, пока обе риски или прибитые к коробу рейки не коснутся шнура отвесов. В этом положении короб прочно закрепляют. Короб фундамента под сборную колонну обычно бетонируют не до проектной отметки, а несколько ниже, чтобы в последующем можно было произвести подливку и выравнивание бетона под проектную отметку, нанесенную на опалубку. По окончании бетонирования с помощью теодолита на верхнюю плоскость фундамента наносят продольные и поперечные оси колонн, отмечая их рисками на бетоне или на заранее заложенных металлических скобах или пластинах. Затем производят высотную исполнительную съёмку фундаментов. Рейку располагают по углам прямоугольника фундамента и в его центре.

Железобетонные колонны устанавливают на фундамент стаканного типа. Плиты под стаканы укладывают по осям на обноске. Правильность установки плит проверяют теодолитом, а по высоте – нивелиром. Проверку горизонтальности основания выполняют с помощью нивелира или строительного уровня, планировку основания проверяют с помощью рейки, укладываемой на основания в различных направлениях. При устройстве стакана бетонирование его дна не доводят до проектной отметки на 2-3 см с тем, чтобы после нивелирования заполнить днище цементным раствором до нужной отметки. Дно углублений фундаментов (стаканов) нивелируют по всем углам и посередине. По насечкам на фундаментах проверяют расстояние между осями, определяют их смещения и расстояние от осей до стенок стаканов фундаментов.

Дополнительной работой при возведении фундамента под металлические колонны является установка анкерных болтов с помощью специальных кондукторов, прочно прикрепленных к опалубке фундамента (рис.117).

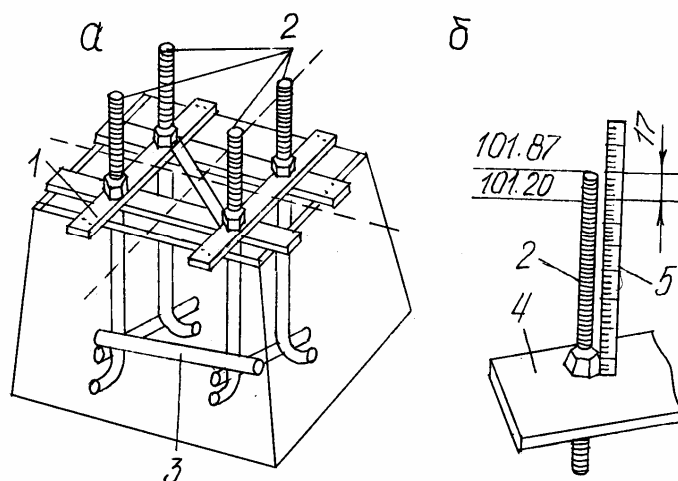


Рис.117. Схема установки анкерных болтов:

- а – под металлические колонны; б – контроль анкерных болтов по высоте;
 1 – шаблон; 2 – анкерные болты с гайками; 3 – крепление болтов снизу; 4 – доска шаблона; 5 – металлическая линейка

Для точной установки анкерных болтов на каждую типичную группу анкерных устройств изготавливают особый шаблон. Простейший шаблон под колонны с небольшой нагрузкой можно изготовить из прочных деревянных досок, неподвижно скрепленных между собой и с опалубкой. Под колонны со значительной нагрузкой вместо деревянных шаблонов изготавливают стальные.

Отверстия для анкерных болтов шаблона не должны отличаться в плане от отверстий на башмаке колонны. На шаблонах прочерчивают оси, соответствующие осям на опалубке. Оси шаблонов и опалубки должны совмещаться.

Высотную установку болтов до проектной отметки производят при помощи нивелирования. Приблизительно установленные болты нивелируют от исходного репера. Затем при помощи миллиметровой линейки определяют разность между проектной и фактической отметками. Отклонения в плане и по высоте анкерных болтов от их проектного положения не должны превышать 5 мм. После окончательной установки болтов их закрепляют между собой сваркой кусками арматуры и бетонируют фундамент.

После затвердения бетона шаблон снимают, болты нивелируют, а по полученным отметкам у их основания в полузатвердевший бетон вбивают на проектную отметку гвозди, по которым производят затирку поверхности опирания башмака на колонны. Измерения по высоте при установке гвоздей выполняют металлической линейкой.

Затем производят контрольную съемку. Её выполняют теодолитом, который устанавливают на створных знаках двух взаимно перпендикулярных осей. По вертикальной нити теодолита берут отсчет на металлической линейке с миллиметровыми делениями, прикладываемой к центру анкерного болта.

Свайные фундаменты сооружают в соответствии с планом осей и свайного поля. Сваи располагают в один или несколько рядов или объединяют в группы – кусты.

Центры свай размечают от закрепленных основных осей с помощью теодолита и рулетки или от осевых проволок. Теодолит устанавливают над створными осевыми знаками, ориентируют по створу осей и по этому направлению откладывают проектные расстояния до центров свай. Центры свай можно определять с помощью отвесов, подвешенных на пересечении осевых проволок.

При кустовом расположении свай описанным способом намечают центр куста и от него разбивают центры свай. Детальную разбивку удобно производить от центральных точек специальным шаблоном, если размеры куста не превышают 3 м. Невысокая точность разбивки свайных полей в

плане (порядка 0,2 от сечения сваи) позволяет устанавливать шаблон по осям на глаз по закрепленным на нем целикам.

Для свай, расположенных не на осях и удаленных от центра куста, их положение от осей определяют способом перпендикуляров с помощью рулетки и эккера.

Для контроля за величиной погружения каждую сваю размечают на метры в направлении от острия к оголовку, а буквами ПГ отмечают проектную глубину погружения свай. Вертикальность погружения свай обеспечивают установкой направляющей стрелы копровой установки в отвесное положение. При использовании вибрационных копровых погружателей отвесность направляющей стрелы проверяют теодолитами, а при использовании копров с молотами и вдавливающих погружателей – тяжелыми отвесами.

Если в процессе погружения замечают отклонение свай от вертикального положения, то работу приостанавливают для выправления положения стрелы и свай.

По окончании забивки свай на их оголовки выносят отметки срезки свай под оголовники и ростверки. После срезки свай выполняют исполнительную съемку с определением отклонений центров верха свай от проектного положения и их отметок. В случаях, когда положение забитых свай отличается от нормативного (свыше 0,2 от сечения сваи), вбивают дублирующие сваи.

Ростверки на свайных фундаментах, на которые опираются несущие конструкции, сооружают сборными или монолитными. В обоих случаях осуществляют контроль за горизонтальностью верхней поверхности ростверка.

18.4. Построение и перенесение опорной сети на монтажные горизонты

При строительстве многоэтажного здания возникает необходимость переноса базисной фигуры на вышерасположенные монтажные горизонты. Это может осуществляться как теодолитом по ранее изложенной схеме, конечно в пределах наличия видимости с пунктов наземной основы, так и специальными приборами-приборами вертикального проектирования. Они могут быть оптическими или лазерными. В обоих случаях приборы оснащены компенсаторами, с помощью которых луч приводится в вертикальное (отвесное) положение. В России широко применяется оптический зенит-прибор FG-L100 фирмы К.Цейсс, точность которого при переносе точки характеризуется погрешностью 1 мм на 100 м. Для перенесения точки с нижнего горизонта на верхний необходимо иметь технологические отверстия, можно использовать так же лифтную шахту, сквозное отверстие для мусоропровода.

Прибор центрируется над точкой базисной фигуры (рис.118). Над отверстием в перекрытии монтажного горизонта устанавливается палетка из прозрачного оргстекла, на которой построена сетка со стороной 5, 10 мм, оцифрована буквами и цифрами

Перенесение точки заключается в координировании креста сетки нитей зенит-прибора (центра лазерного пятна), отмеченного на палетке. Отмечается четыре проекции креста сетки нитей на палетке при перестановке (вращении) прибора на 90° по горизонтальному кругу для исключения погрешности неперпендикулярности визирного луча. Кроме этого для сведения к минимуму влияния погрешности центрирования подставку прибора надо переставлять на 120° между 3-я приёмами. Приём составляет координирование 4-х положений креста сетки нитей на палетке.

На монтажные горизонты необходимо перенести минимум 3 точки внутренней разбивочной сети здания. Если нет возможности переноса точек базисной фигуры вертикальным проектированием, то для построений следует воспользоваться другими способами, но для этого необходимо иметь электронный тахеометр.

Обратная засечка

Метод обратной засечки может быть использован, если с монтажного горизонта видны пункты внешней разбивочной сети здания или другие пункты в окрестностях заранее построенные, например, марки-катафоты пространственной сети, закреплённые на прилегающих к строительству зданиях, опорах ЛЭП и др.

Плановое положение установленного на этаже электронного тахеометра («Свободная станция») определяется из наблюдений 4-х пунктов с известными координатами, при этом измеряются только горизонтальные углы. В результате прибор выдаёт на дисплей координаты точки стояния прибора X , Y и оценку точности по осям σ_x , σ_y , что позволит судить о точности координат и возможности производства дальнейших разбивочных работ на этаже.

Но наиболее широко используется обратная линейно-угловая засечка. В этом случае достаточно отнаблюдать два пункта с известными координатами. При этом измеряются оба расстояния до пунктов и горизонтальный угол между направлениями. Если нужна и высота положения станции, то в память прибора вводятся и отметки наблюдаемых пунктов

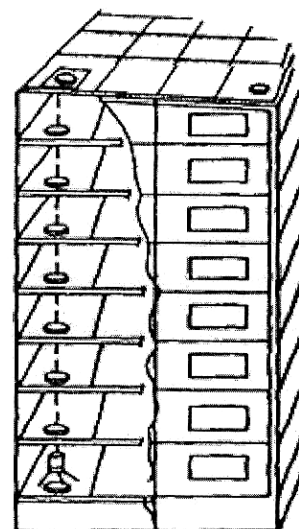


Рис.118. Схема переноса точек опорной сети на монтажный горизонт способом вертикального проектирования

одновременно с вводом координат. Прибор автоматически измеряет углы наклона при наблюдениях на пункты. В результате на дисплее прибора после команды «Вычислить» появятся значения X , Y , H станции, и оценка точности σ_x , σ_y . При допустимой точности прибор ориентируется по направлению на 2-ю точку. Далее выполняются разбивочные работы на монтажном горизонте в координатном режиме обычными приёмами.

В конечном итоге на точность разбивки осей будут влиять погрешности планового положения исходных пунктов, погрешности собственно обратной засечки и погрешности разбивочных работ.

Величина “ e ” выражает суммарное влияние погрешности исходных данных и собственно самой засечки. Её можно интерпретировать как погрешность центрирования прибора и применить известную формулу для предрасчёта:

$$m_{\text{ц}}^2 = \rho^2 \frac{e^2 L^2}{2S_1^2 S_2^2}. \quad (97)$$

Из формулы (97) найдём

$$e^2 = \frac{m_{\text{ц}}^2 2S_1^2 S_2^2}{\rho^2 L^2},$$

для её упрощения примем $L=2S$, $S_1=S_2$, тогда

$$e = \frac{m_{\text{ц}}}{\rho} \frac{S}{\sqrt{2}}. \quad (98)$$

Из формулы (98) видно, что для min значения “ e ” надо располагать визирные цели (опорные пункты) ближе к станции. Предвычислим значение “ e ”, например, при $S=150$ м, $m_{\text{ц}}=20''$, получим $e=10,3$ мм. Это недопустимо. Следовательно, угловые измерения надо выполнять более точно, например $7''$, тогда $e=3,6$ мм, что вполне приемлемо.

Полярная засечка

Разбивочная основа строится полярным методом с опорных пунктов геодезической сети путём отложения полярного угла и полярного расстояния от базиса наклонным визированием.

При наличии электронного тахеометра построение разбивочных точек на рабочем горизонте выполняется в режиме «Координаты» с пунктов наземной геодезической разбивочной основы.

В любом случае с построенной точки на рабочем горизонте для целей контроля следует выполнить обратные измерения, включая и точки внешней разбивочной сети.

Спутниковый метод

Разбивочную основу на открытом монтажном горизонте можно построить спутниковыми методами. Для этого необходимо иметь несколько

спутниковых приёмников, одни из них устанавливаются на пунктах внешней разбивочной сети строительной площадки или здания, например, пз4, пз5, а другая – на рабочем горизонте, на плитах перекрытия, т.е. на закреплённых пунктах разбивочной основы.

Выполнив наблюдения, результаты обрабатываются на компьютере по специальным программам, в результате чего получают координаты и высоты пунктов на рабочем горизонте.

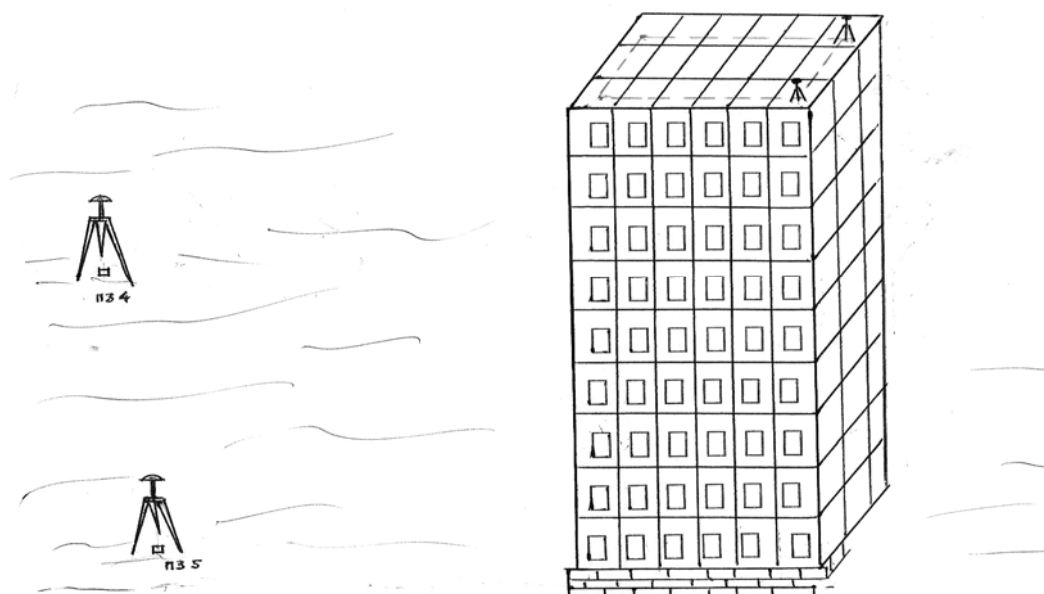


Рис.119. Схема построения разбивочной основы на монтажном горизонте

На высоких и сверхвысоких объектах возможно влияние колебаний сооружений под давлением ветровых нагрузок, кручения из-за неравномерности нагрева объекта солнечной радиацией. Величина смещения точки из-за влияния солнечной радиации может быть приближенно вычислена по формуле:

$$T_i = \frac{\alpha_t H_i^2 \Delta t}{2D_{cp}}, \quad (99)$$

где α_t – коэффициент линейного расширения материала сооружения;

Δt – разность температур солнечной и теневой сторон;

D_{cp} – средний диаметр сооружения;

H – высота определения смещения.

При значениях: $\alpha_t = 0,0000125 \text{ м/}1^\circ$, $\Delta t = 15^\circ$, $H = 75 \text{ м}$, $D = 25 \text{ м}$ величина смещения точки $T = 0,3 \text{ мм}$, т.е. пренебрегаемо мала. Но тем не менее наблюдения в сети рекомендуется выполнять в безветренные часы при облачной спокойной погоде.

18.5. Перенесение высот на монтажные горизонты

Высотные отметки могут быть переданы на монтажные горизонты от высотных реперов строительной площадки. При этом наиболее часто используется метод геометрического нивелирования, как простой и наиболее надёжный.

С монтажного горизонта опускается стальная компарированная рулетка с мм делениями через технические отверстия, шахту для лифта, вентиляционных коробов и др. вниз. Нивелир устанавливается примерно посередине между репером и полотном рулетки (равноплечье). Рулетка должна быть надёжно закреплена сверху и натянута внизу при помощи груза или рабочим. Она должна занимать отвесное положение. Берутся отсчёты по рейке, установленной на исходном репере и по рулетке. Наверху по рулетке берётся отсчёт одновременно при помощи второго нивелира (рис.120). Вычисляются горизонты приборов ГП1 и ГП2 :

$$\text{ГП1} = H_{\text{рп}} + a, \quad \text{ГП2} = H_{\text{рп}} + (b - c).$$

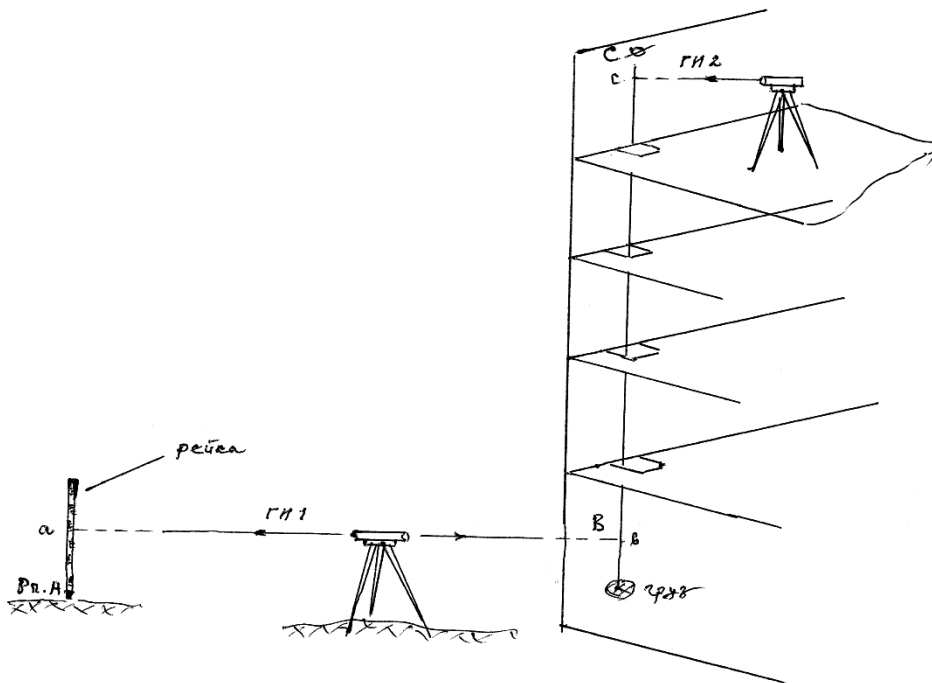


Рис.120. Схема передачи высот на монтажные горизонты методом геометрического нивелирования

Далее, пользуясь ГП2, переносятся отметки на монтажную разбивочную основу. Выполняется 2-3 приёма передачи отметок на горизонт, расхождения не должны превосходить 4 мм, а в разновременную передачу – 7 мм.

Отметим, что в полученное превышение $(b-c)$ вводятся поправки за компарирование рулетки, за температуру по формуле

$$\Delta_t = a (b-c) (t_c - t_0), \quad (100)$$

где a – коэффициент расширения стали, $a = 0,0000125$ м/1°С;

t_c – температура полотна рулетки при выполнении измерений;
 t_0 – температура, для которой дано уравнение рулетки (чаще 20°C).

При большой высоте передачи отметки снизу вверх в превышение следует ввести поправку за удлинение рулетки под действием собственной массы по формуле

$$\Delta_l = \frac{Pl}{2EF}, \quad (101)$$

где P – собственная масса рулетки,
 l – длина подвешенного полотна рулетки,
 E – модуль упругости,
 F – поперечное сечение.

Для рулеток шириной 10 мм и толщиной 0,2 мм $E= 2 \cdot 10^6$ кг/см²,
 $F=0,02$ см².

Удлинение рулетки длиной 50 м составит: $\Delta_l=0,5$ мм, а для 100 м – 2 мм.

Второй способ передачи отметки (если есть такая возможность):

- нанесение в точке В риски на стене отметки ГП1;
- нанесение риски вверху на стене;
- измерение расстояния $вс$ (превышения $вс$, рис.120) при помощи электронной рулетки (например, Disto). Для этого рулетка устанавливается горизонтально на риске В при помощи обычного строительного уровня, а наверху устанавливается на риску С отражательный элемент (например, кусок фанеры). Берётся отсчёт по рулетке и прибавляется к отметке ГП1. Точность передачи отметки этим способом – 3 мм, что удовлетворяет требованиям СНиП.

Возможна передача отметок последовательно с предыдущего этажа на рабочий этаж любым из изложенных способов. Но при этом происходит накопление погрешностей передачи отметок. Поэтому по мере возведения здания передачу отметки на рабочий горизонт надо повторить через 3-5 этажей, уменьшая число передач, тем самым существенно избегая накопления погрешностей.

Отметим, передача отметки на горизонт выполняется от двух, трёх исходных отметок реперов, что позволит избежать возможной ошибки. Нивелир должен быть поверен и отъюстирован, полотно рулетки не должно иметь перегибов.

Высотная отметка на рабочий горизонт строящегося здания может быть передана из решения обратной засечки по высоте. Программа электронного тахеометра: «Засечка», строка «Высота».

Прибор устанавливается в удобном месте с видимостью на два исходных репера, лучше – три, как ранее отмечалось – «Свободная станция».

Выполняются измерения на установленные визирные цели на исходных реперах. При этом в память прибора вводятся отметки реперов и

высоты визирных целей. После команды «Вычислить» на дисплее появится отметка высоты прибора H и её оценка точности σH . При удовлетворительном результате решения обратной засечки по высоте можно передать отметки на любые точки разбивочной основы, в том числе и на наклеенные катафоты-отражатели на конструкциях этажа. Если прибор имеет безотражательный режим, то отметку можно передать в любую точку.

Для определения высоты точки стояния прибора надо ввести в память электронного тахеометра его высоту установки над этой точкой (i).

Погрешность определения превышения можно предвычислить по формуле (102)

$$h = S \cdot \sin v, \quad (102)$$

$$m_h^2 = m_s^2 \cdot \sin^2 v + S^2 \cdot \cos^2 v \frac{m_v^2}{\rho^2}, \quad (103)$$

где m_s и m_v – средние квадратические погрешности измерения расстояния и угла наклона, соответственно;

ρ – радианная мера (206265").

Средняя квадратическая погрешность отметки может быть вычислена по формуле:

$$m_H^2 = m_h^2 + m_v^2 + m_i^2; \quad (104)$$

здесь m_v и m_i – средние квадратические погрешности определения высоты визирной цели и прибора, соответственно.

При значениях: $S = 50$ м, $m_s = 2$ мм, $v = 30^\circ$, $m_i = 1$ мм, значение $m_H = 2,8$ мм, что отвечает требованиям строительства.

Второй способ передачи отметки тригонометрическим нивелированием состоит в следующем.

Тахеометр устанавливается вблизи репера, расположенного на стройплощадке. Зрительная труба наводится на нивелирную рейку, установленную на репере, устанавливается отсчёт по вертикальному кругу равный MZ , (MO), по рейке берётся отсчёт « a ». Далее зрительная труба наводится на визирную цель, установленную на этаже, прибор выдаёт на дисплей значение превышения “ h ” центра отражателя (катафота или просто точки при безотражательном режиме). Тогда отметка визирной цели будет равна (рис.121)

$$H_{\text{отр}} = H_{\text{рп}} + a + h.$$

Для контроля передачу отметки на горизонт надо повторить, переставив тахеометр несколько дальше от репера. Расхождения не должны превышать 4 мм.

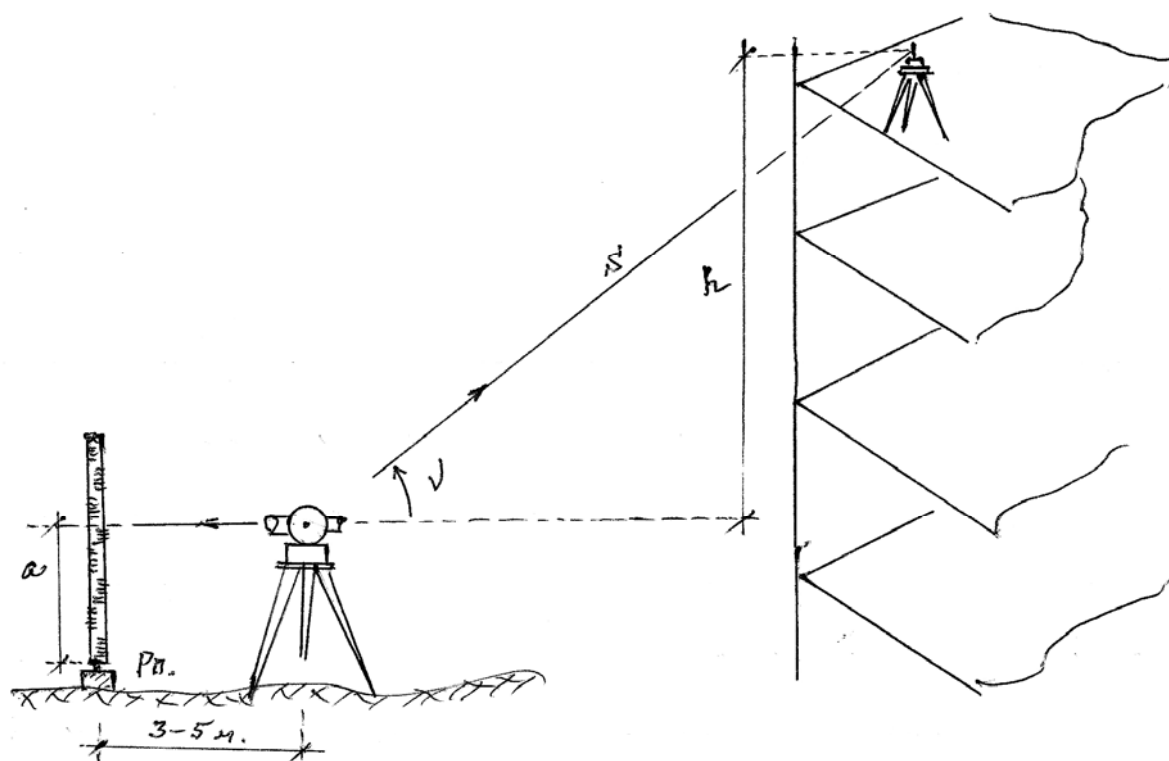


Рис.121. Схема передачи высот на монтажные горизонты методом тригонометрического нивелирования

Дальнейшая передача отметок на рабочем горизонте может выполняться при помощи нивелира, приняв за исходную отметку, полученную из тригонометрического нивелирования.

18.6. Монтаж панельных и балочных зданий

В процессе строительства на геодезический контроль монтажа конструкций обращают особое внимание в связи с тем, что монтаж является основным этапом строительства и от его точности зависит долговечность эксплуатации здания. При решении вопроса о точности монтажа конструкций руководствуются допусками, установленными СНиПами и техническими условиями проекта. При этом средняя квадратическая ошибка при установке конструкции должна составлять не более $1/5$ величины допуска, то есть $m \leq 0,2\Delta$.

Геодезический контроль монтажа конструкций состоит в проверке их геометрических параметров, выполнении разметок, выверке конструкций в плане и по высоте при их установке в проектное положение, а также в проведении исполнительной съёмки установленных конструкций.

Проверку геометрических параметров поступивших на стройплощадку конструкций выполняют перед началом их монтажа. При этом проверка заключается в определении соответствия фактических размеров конструк-

ций проектным и нормативным. Дело в том, что при изготовлении конструкций могут быть допущены значительные отклонения от их проектных размеров по форме и линейным параметрам. Наличие отклонений от допустимых значений увеличивает трудоемкость работ и сроки монтажа, а главное – снижает требуемую точность установки конструкций.

Проверка осуществляется с помощью стальной рулетки с миллиметровыми делениями и необходимых шаблонов, изготовленных применительно к типовым углам между плоскостями конструкций.

При проверке геометрических параметров плоских железобетонных конструкций (панелей, стен, перекрытий) измеряют длину l , ширину или высоту h , толщину a и длины диагоналей d (рис.122).

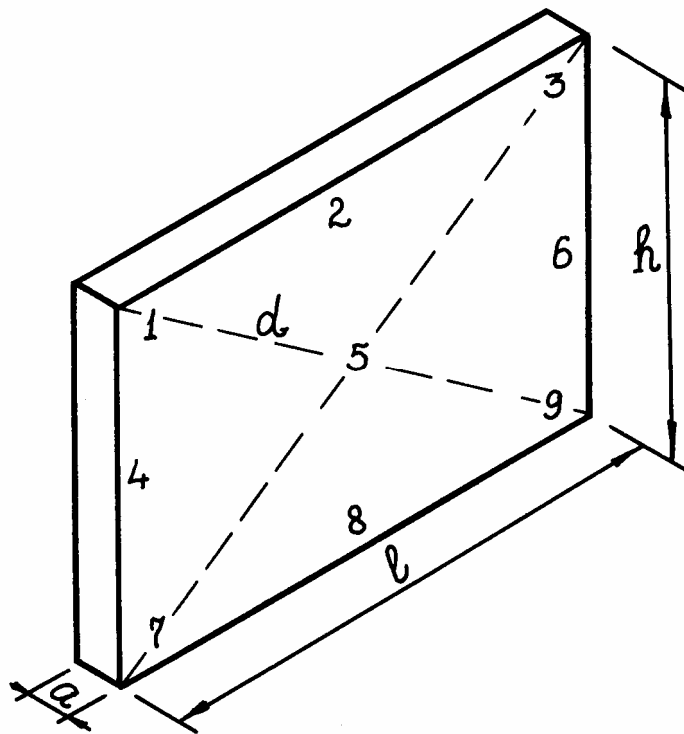


Рис.122. Схема проверки геометрических параметров плоской конструкции

Параллельность граней конструкции проверяют измерением l , h и a в трех разных местах на расстояниях 0,1; 0,5 и 0,9 от длины конструкции. Более точно проверить параллельность можно с помощью рейки-отвеса, нивелирования или бокового нивелирования по девяти точкам поверхности конструкции.

В зависимости от вида конструкции стен сборные здания разделяют на крупнопанельные, каркасно-панельные, крупноблочные, каркасные и кирпичные. Геодезическое обеспечение строительства каждого типа зданий имеет свои особенности.

При монтаже крупнопанельных зданий устанавливают сначала панели наружных стен. Первой ставят базовую панель на оси лестничной клетки, от неё ведут монтаж в обе стороны. Внутренние поперечные и продольные панели монтируют, начиная с базовых, в центре захватки. Такая последовательность монтажа исключает накопление погрешностей.

Установку панелей производят на проектную (горизонтальную) опорную поверхность относительно ориентирных и установочных рисок. Установку низа панелей относительно продольных рисок и их исполнительную съемку выполняют с помощью реек, метров или специальных шаблонов (рис.123).

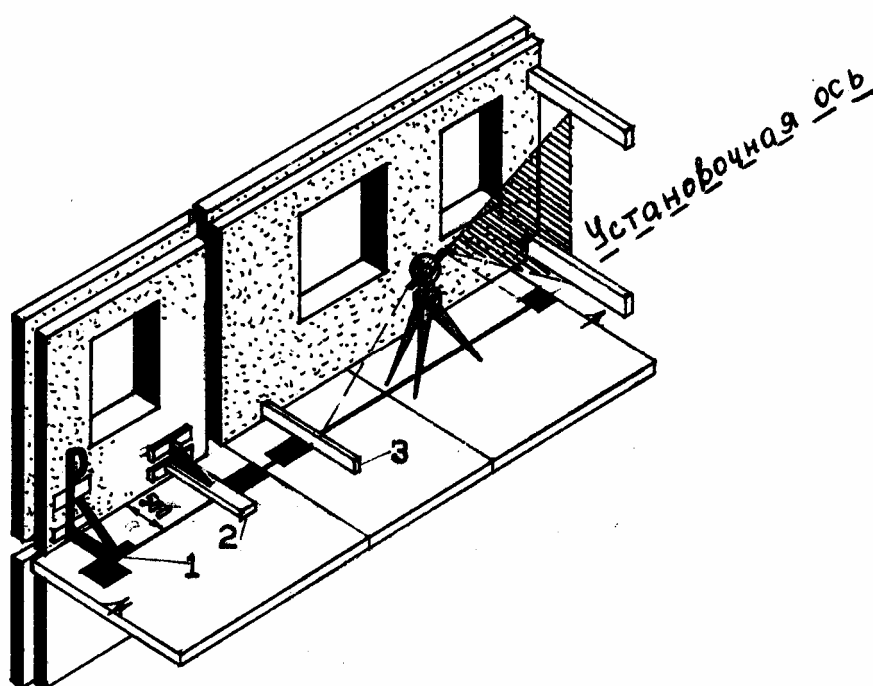


Рис.123. Контроль планового положения низа панелей при монтаже:
1 – металлический шаблон; 2 – рейка; 3 – метр

После временного закрепления панелей подкосами, стойками их устанавливают в вертикальное положение с помощью бокового нивелирования, отвеса-рейки (рис.124) или рейки с уровнем по продольной и торцевой граням.

Отвес-рейку подвешивают на верхней грани панели. При этом верхний и нижний упоры у рейки 2 должны вплотную прилегать к поверхности панели. Сбоку отвеса-рейки (перпендикулярно к плоскости панели) прикреплена рейка со шкалой 5. Панель займет вертикальное положение тогда, когда нить отвеса 1 будет проходить через нуль шкалы. На рейке 2 нанесены горизонтальные деления, по которым с помощью нивелира контролируют горизонтальность верхней грани панели и её отметку.

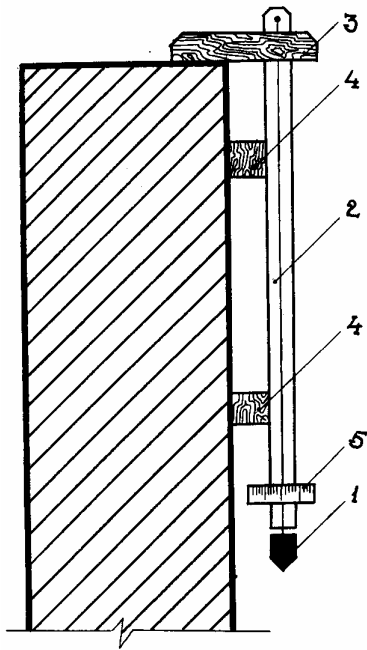


Рис.124. Отвес-рейка:
 1 – отвес; 2 – рейка;
 3 – кронштейн;
 4 – упорные планки;
 5 – шкала отвеса

Если при строительстве здания используется метод принудительного монтажа панелей внутренних стен с помощью стержневых фиксаторов, закрепленных к перекрытию снаружи панелей, то выверки панелей в плане в поперечном направлении не требуется. Если фиксаторы закреплены на верхней грани панели, то выверки панели в плане не требуется как в поперечном, так и в продольном направлениях. В этом случае фиксаторами являются два стержня с резьбой, позволяющей устанавливать шайбы на отметке монтажного горизонта.

Для более точной установки панелей рекомендуется применять кондукторы различных конструкций. Однако их использование неэффективно, так как добавляются геодезические работы по контролю при установке в плане, по высоте и вертикали самого кондуктора и его узлов.

В каркасно-панельных зданиях нагрузки передаются на колонны, а панели выполняют роль ограждающих конструкций. В поперечном направлении панели устанавливают по осевым рискам, нанесенным на оголовках колонн каркаса. Выверку установки простеночных панелей и панелей-вставок по вертикали осуществляют по проволоке, натянутой на проектном расстоянии от оси колонн по верху панелей.

При монтаже крупноблочных зданий устанавливают сначала в плане и по высоте угловые маячные блоки, а по ним – простеночные блоки. При этом производят разбивку подоконных блоков. Определение монтажного горизонта, контроль положения блоков в плане и по высоте, а также горизонтальности плит перекрытия выполняют теми же способами, что и при установке панелей.

При контроле установки панелей или блоков и перекрытий в проектное положение руководствуются допустимыми отклонениями.

При монтаже панелей или блоков и перекрытий выполняют контроль геометрических параметров в узлах сопряжения конструкций. Для этого с помощью метра, угольника и отвеса проверяют **точность зазоров** между соединяемыми конструкциями, размеры уступов, соосность и площадки опирания.

Окончательное закрепление конструкций в проектное положение выполняют после контроля, результаты которого геодезисты отражают на схеме исполнительной съёмки и в специальном журнале.

18.7. Монтаж каркасных зданий

Долговечность и эксплуатационные свойства каркасных зданий в немалой степени зависят от качества и точности монтажа его конструктивных элементов.

Элементами сборного железобетонного каркаса многоэтажных зданий (рис.125) являются колонны, ригели и плиты перекрытий. Колонны имеют высоту в два этажа (один ярус). На консоли колонны опираются ригели, а на них – плиты перекрытий. Элементы каркаса, а также наружные панели между собой и с каркасом соединяются сваркой.

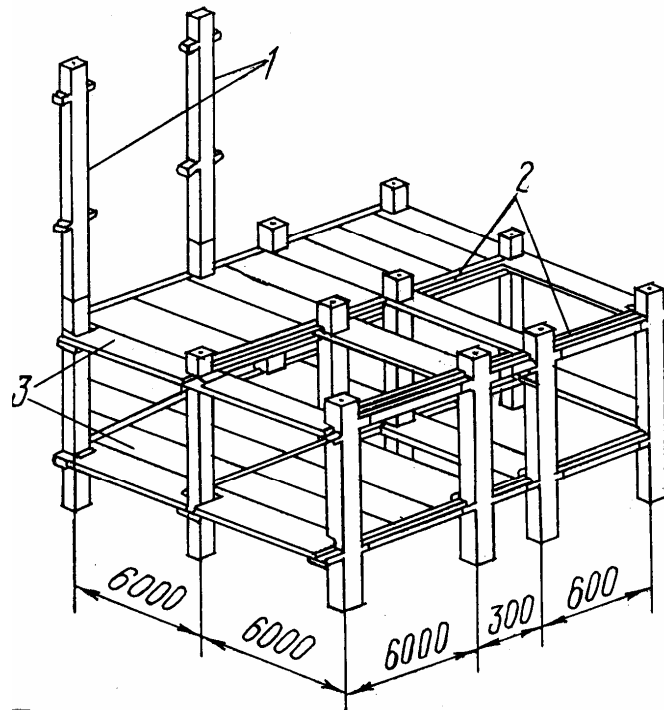


Рис.125. Схема каркаса одного яруса:
1 – колонны; 2 – ригели; 3 – плиты перекрытий

Элементами каркаса одноэтажных промышленных зданий (рис.126) являются колонны 1, подкрановые балки 2, балки, или фермы 3, прогоны покрытий 4 и подстропильные фермы 5.

В целях облегчения контроля за монтажом элементов каркаса и для исполнительных съемок перед установкой проверяют их геометрические параметры, делают разметку и нумеруют. Например, на колоннах и ригелях измеряют высоту (длину) h , поперечное сечение a и b (рис.127).

На боковые грани колонн вверху и внизу наносят по оси симметрии осевые риски 1. На ригелях риски наносят на те грани, по которым производят совмещение с осями при монтаже. В нижней части колонн дополнительно делают горизонтальные риски 2 на одинаковой высоте h_1 от полки консоли.

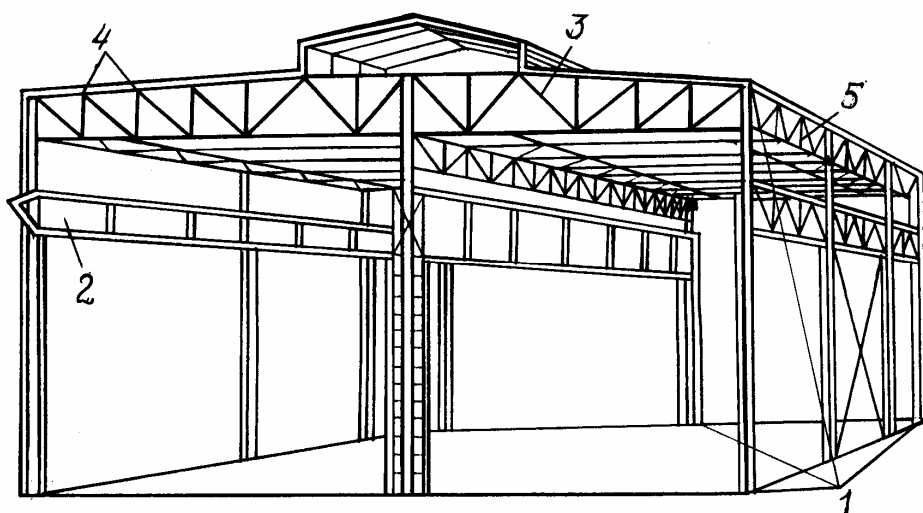


Рис.126. Схема каркаса промышленного здания:
 1 – колонны; 2 – подкрановые балки; 3 – балки, или фермы;
 4 – прогоны перекрытий; 5 – подстропильные фермы

Железобетонные колонны обычно устанавливают на фундаменты стаканного типа. По результатам нивелирования дна стаканов и измерения высоты h_3 от основания колонны до полки консоли производят наиболее удобное распределение колонн по фундаментам. В стаканы устанавливают маяки и подливают бетон.

Геодезический контроль монтажа колонн в плане состоит в проверке совмещения нижних осевых рисок монтируемой колонны с рисками разбивочных осей, нанесенными на стаканы или на грани оголовков колонны нижележащего яруса.

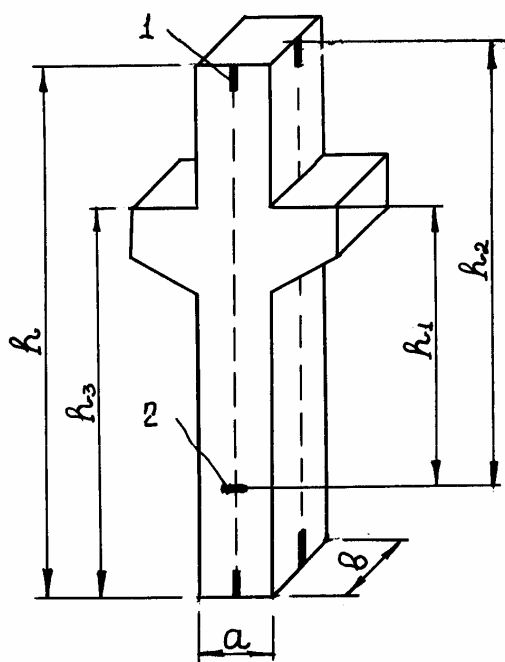


Рис.127. Схема геометрических параметров колонны

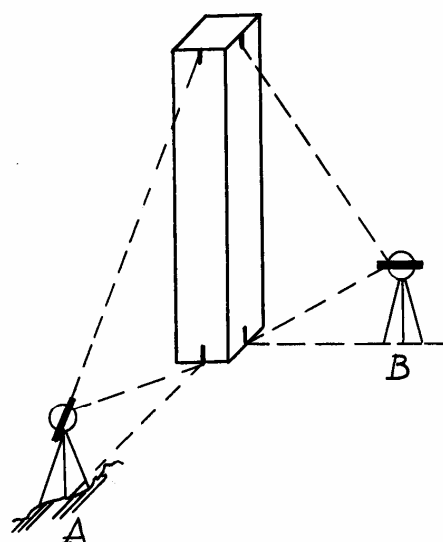


Рис. 128. Схема установки колонны в вертикальное положение

Установку колонн в вертикальное положение при высоте до 8 м выполняют с помощью тяжелого отвеса, подвешенного на приваренные для этой цели штыри. Установку высоких колонн в вертикальное положение выполняют с помощью теодолита совмещением нижней и верхней осевых рисков с коллимационной плоскостью теодолита (рис.128). Теодолит последовательно устанавливают на расстоянии $1,5 h$ колонны в точках A и B створа разбивочных осей в двух взаимно перпендикулярных направлениях. Трубу теодолита при двух положениях вертикального круга наводят на нижнюю осевую риску колонны, а затем – на верхнюю часть колонны. Если вертикальная нить сетки нитей совпадает с верхней осевой рисккой колонны, то вертикальность ее достигнута. Если не совпадает, то колонну рихтуют (наклоняют) до совмещения осевых рисков.

Металлические колонны устанавливают на выведенные до проектной отметки опорные металлические плиты фундамента или на забетонированные в фундамент металлические детали. Опорные плиты по высоте устанавливают с помощью трех подъемных винтов. Колонны имеют башмак, который крепят к фундаменту анкерными болтами. При установке колонн следят за тем, чтобы анкерные болты вошли в соответствующие отверстия башмаков, а нижние осевые риски колонны совпали с рисками разбивочных осей на фундаменте.

После временного закрепления колонн (деревянными или металлическими клиньями в стакане, сваркой, болтами) выполняют проверку вертикальности их установки. Это делают так же, как и при установке колонн в вертикальное положение, с отличием лишь в том, что трубу теодолита наводят сначала на верхнюю осевую риску, а затем – на нижнюю часть колонны. О вертикальности колонны судят по величине отклонения проекции верхней осевой риски от нижней.

В отдельных случаях контроль расположения ряда колонн по оси в плане вертикальной плоскости выполняют способом бокового нивелирования (рис.129).

Для этого разбивают и закрепляют знаками линию AA' , параллельную оси ряда колонн на расстоянии a от оси, равном 0,5–1 м. В точке A устанавливают теодолит и ориентируют его по направлению линии AA' . Прикладывая пятку рейки к осевой рискке каждой колонны как вверху, так и внизу, берут отсчеты при двух положениях вертикального круга и вычисляют каждый раз среднее из двух отсчетов. По сходимости отсчетов по рейкам характеризуют точность установки колонн в плановое и вертикальное положения. Подобным образом определяют точность установки ряда колонн и в поперечном направлении. Колонны окончательно закрепляют, если их отклонения от вертикали не превышают допуска. Например, для колонны высотой до 8 м отклонение ее оси в нижнем сечении относительно разбивочной оси должно быть не более 5 мм, а в верхнем –

не более 20 мм. После проверки параллельности ряда колонн в пролетах контролируют расстояние между осями рядов колонн. Измерение в верхней части выполняют по методу «на весу». При большой длине пролета верхние риски сносят вниз на колонну или доску. По верху вбитых через 3-4 м кольев на одинаковой высоте натягивают рулетку и измеряют расстояние между осями рядов колонн без поправки на провес. Расстояние по шагу колонн в ряду не проверяется.

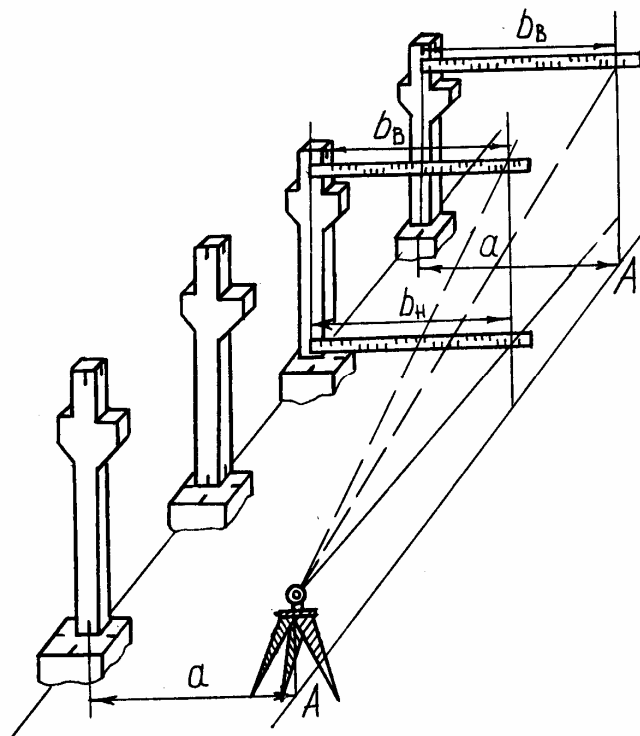


Рис.129. Контроль установки ряда колонн

При монтаже колонн контролируют фактические отметки опорных плоскостей, на которые они устанавливаются, проверяют высоту колонн в момент временного закрепления. После окончательного закрепления колонн определяют фактические отметки горизонтальных рисок, относительно которых по расстояниям h_1 и h_2 выполняют исполнительную высотную съёмку консолей и верха колонн. Отклонение отметок верха колонн от проектных для одноэтажных зданий допускается до ± 10 мм.

При установке колонн многоэтажных зданий до монтажа каждого последующего яруса выполняют планово-высотную съёмку смонтированного каркаса с целью исправления появившихся отклонений от проектного положения. Дело в том, что укладка ригелей и плит перекрытий, сварка стыков и деформация каркаса влияют на вертикальность колонн, что приводит к смещениям в плане их торцов и других конструкций каркаса. Поэтому после окончания монтажа очередного яруса планово-высотное положение каркаса отклоняется от проектного на недопустимые величины.

Отклонения колонн для одного-двух ярусов каркаса (если ригели, плиты перекрытий, связи и монтажные устройства не мешают визированию) контролируют способом бокового нивелирования или наклонным проектированием по осевым рискам с помощью прибора вертикального проектирования или теодолита.

По результатам исполнительной съёмки опорных поверхностей колонн нижерасположенного яруса определяют отметку монтажного горизонта $H_{МГ}$ и вычисляют толщину подкладок или бетонного слоя Δi для выравнивания горизонта:

$$\Delta i = H_i - H_{Мд},$$

где H_i – отметка опорной поверхности.

После закрепления и выверки колонн одноэтажных зданий выполняют монтаж подкрановых балок, стропильных и подстропильных ферм.

Для монтажа ферм намечают оси на оголовках крайних колонн ряда, отмечая центры оголовков. С помощью теодолита или натянутой между крайними колоннами проволоки наносят оси на промежуточные колонны.

На фермы наносят риски продольных и поперечных осей. Одновременно проверяют фактическую длину ферм. Соответствие фактических отметок опор ферм их проектным значениям контролируют с помощью нивелира.

Для стропильных и подстропильных стальных ферм производят выверку горизонтальности поясов и вертикальности плоскостей ферм. Прямолинейность поясов проверяют натягиванием шнура или проволоки между опорными узлами. Вертикальность плоскости ферм проверяют с помощью отвеса. Исправления положения производят подтягиванием конструкции пробками и болтами через отверстия в прогонах с последующим закреплением связями.

Отклонение узла фермы в середине пролета от вертикальной плоскости, проходящей через центр опор, измеряют стальной линейкой с миллиметровыми делениями от шнура подвешенного отвеса.

После монтажа всех конструкций выполняется исполнительная планово-высотная съёмка.

18.8. Возведение зданий из кирпича

Геодезические работы при строительстве надземной части зданий из кирпича начинают с разбивки продольных и поперечных осей или контуров несущих стен с помощью стальной рулетки от осей на фундаменте. Если здание имеет каркас, то разбивку осей стен можно производить от

осей колонн каркаса. Оси или контуры внешней и внутренней поверхностей стен намечают рисками, окрашенными масляной краской.

Кладка кирпичных стен на нулевом горизонте (перекрытии над подвалом) и последующих горизонтах сопровождается разбивкой простенков, дверных и оконных проёмов, внутренних стен, междуэтажных перекрытий.

Вертикальность кирпичных стен и углов кладки, горизонтальность ее рядов проверяют не реже чем через 1 м высоты кладки. Прямолинейность и горизонтальность кладки стен контролируют причалкой-шнуром, натягиваемым по внешней плоскости стены. Неровности поверхности кладки определяют двухметровой рейкой путем наложения её на поверхность стены.

Для проверки расположения по высоте слоёв кладки используют рейку-порядовку (рис.130), прикрепляемую гвоздями к наружной плоскости стены через каждые 10 м и на углах здания. На порядовке размечают горизонтальными линиями отдельные слои кладки, в каждый из которых входит толщина кирпича и ширина шва (75 мм).

Шнуром, натянутым между соответствующими делениями порядовок, определяют горизонтальность линии кладки. Толщину стены проверяют шаблоном, а размеры в плане – промерами от продольных и поперечных осей здания.

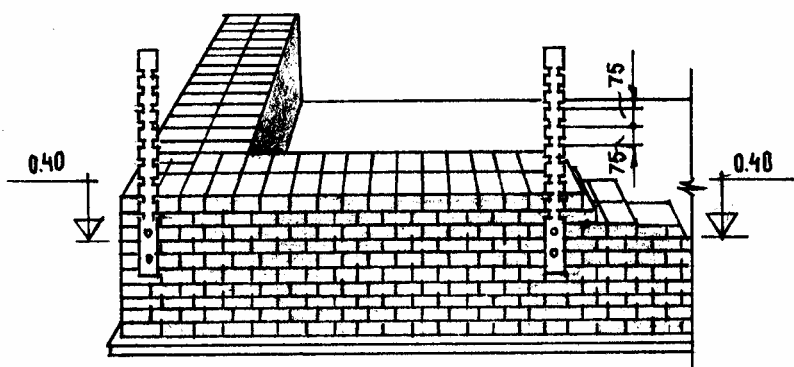


Рис.130. Контроль кирпичной кладки

Для кирпичной кладки стен многоэтажных зданий установлена допустимая величина отклонения отдельных рядов кладки от горизонта – 15 мм на 10 м длины. Если этот допуск не соблюдать, то перемычки оконных проемов, линии низа и верха оконных рам и другие части здания окажутся не на одном уровне, что повлечет за собой переделки при наружной облицовке стен. Во избежание этого до начала кладки по периметру будущей стены на гранях фундамента выносят нивелиром высоты в принятой относительной системе. После выравнивания по этим высотам нескольких рядов кладки на внешней грани стены в некоторых местах маркируют один и тот же уровень, относительно которого прибивают рейки-порядовки.

Правильность кладки первых этажей определяет качество кладки последующих, поэтому на первых трех этажах установку порядовок проверяют геодезисты. Затем по маркированным высотам порядовки могут устанавливать мастера.

По ходу строительства здания при перенесении отметок в стены закладывают специальные марки. Оси многоэтажного здания закрепляют рисками на забетонированных скобах в стенах каждого этажа. Перенесение отметок на стену и определение отметок горизонтов этажей производят при помощи рулетки и двух нивелиров. Из рис.131 видно, что отметка точки B на втором горизонте будет равна:

$$H_B = H_{\text{рп}} + a + Z - в. \quad (105)$$

Во избежание накопления погрешностей отметки передают не с этажа на этаж, а на всю длину рулетки, а между высотами реперов верхнего и нижнего этажей увязывают высоты реперов промежуточных этажей. Для контроля правильности перенесения отметок нивелирование осуществляют при двух горизонтах инструмента.

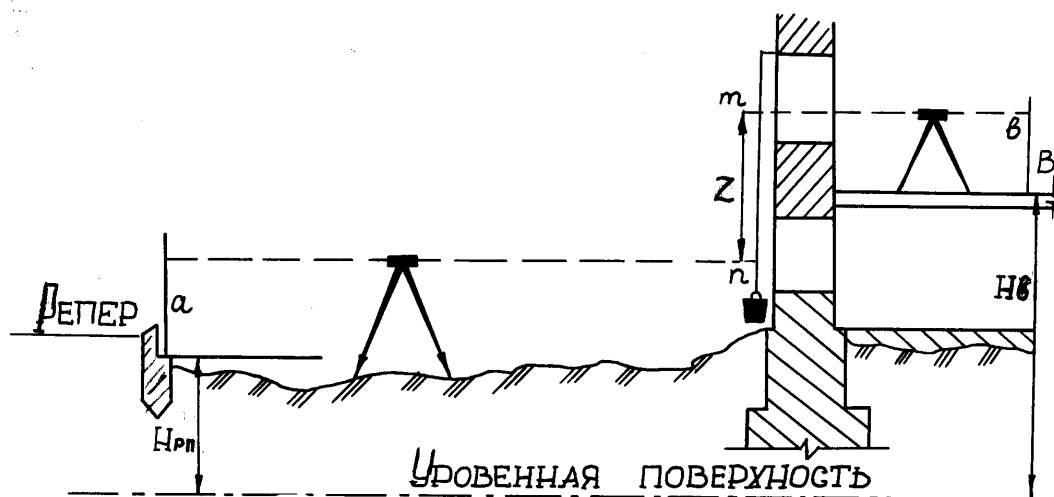


Рис.131. Схема определения отметки горизонта этажа

Вертикальность кладки стен в пределах двух этажей проверяют отвесом. По перпендикуляру к нити отвеса измеряют расстояние до стены. Измерения выполняют линейкой в наиболее характерных точках стены или через равные промежутки. Постоянство расстояний от нити отвеса до соответствующих частей стен здания указывает на вертикальность плоскости стены. При большей этажности вертикальность определяют боковым нивелированием с помощью теодолита и нивелирной рейки. После окончания кладки каждого этажа и укладки плит перекрытия с помощью нивелирования через каждые 5 м определяют фактические отметки горизонта этажа и сверяют их с проектными. Отметки точек контролируют от рисков нулевого горизонта на фундаменте здания непосредственным измерением с помощью стальной рулетки.

Для установки оконных блоков по высоте на каждый проём переносят отметку. От неё при помощи уровня оконный блок устанавливают на проектную отметку и контролируют его вертикальность по отвесу.

После возведения стен и установки оконных и дверных блоков выполняют поэтажную исполнительную съёмку стен.

Исполнительную съёмку стен в плане делают от осевых рисок, по которым производилась кладка. К этим же рискам путем промеров привязывают грани поперечных стен. Толщину поперечной стены измеряют по верху кладки или вычисляют по проектному размеру между осевыми рисками и по расстояниям от них до граней стены.

Съёмку положения кладки продольных стен, а при больших пролетах и поперечных стен, выполняют боковым нивелированием. Для съёмки стен нижних этажей теодолит устанавливают на земле, а для съёмки стен верхних этажей – на перекрытии. На схеме показывают поэтажное положение наружных граней стен. Рулеткой измеряют расстояние до всех оконных и дверных проемов.

Отклонение поверхности перекрытия этажа от горизонта допускается в пределах 1 см. До монтажа плит перекрытий проверяют расстояние между осями балок или ригелей каркаса. Это делают для того, чтобы при неправильно смонтированных балках плита перекрытия не провалилась или, наоборот, не заняла часть места, предназначенного для другой плиты. Допустимое отклонение от осей – до 5 мм.

18.9. Возведение сооружений башенного типа

Геодезическое обеспечение строительства высоких сооружений цилиндрической и конической форм типа силосных башен, дымовых труб и т.п. состоит из производства разбивочных работ в плане и контроля вертикальности по мере их возведения.

Разбивка заключается в точном фиксировании центра сооружения и проектных или параллельно смещенных осей вне контура сооружения с последующим их переносом и закреплением геодезическими знаками на фундаменте.

По мере возведения сооружения до проектной высоты производят проверку его вертикальности одним из двух следующих способов:

1. На осях сооружения или возле них на расстоянии примерно двойной его высоты устанавливают теодолит. При закрепленном лимбе и вертикальном круге отсчитывают направления с точки A (рис.132,а) по касательным к контуру сооружения a , b на высоте 0,5 м от его основания (горизонт fg , рис.132,б). Алидаду устанавливают на отсчет $\frac{a+b}{2}$ и отмечают на горизонтальной реечке с миллиметровыми делениями направление среднего отсчета точкой k .

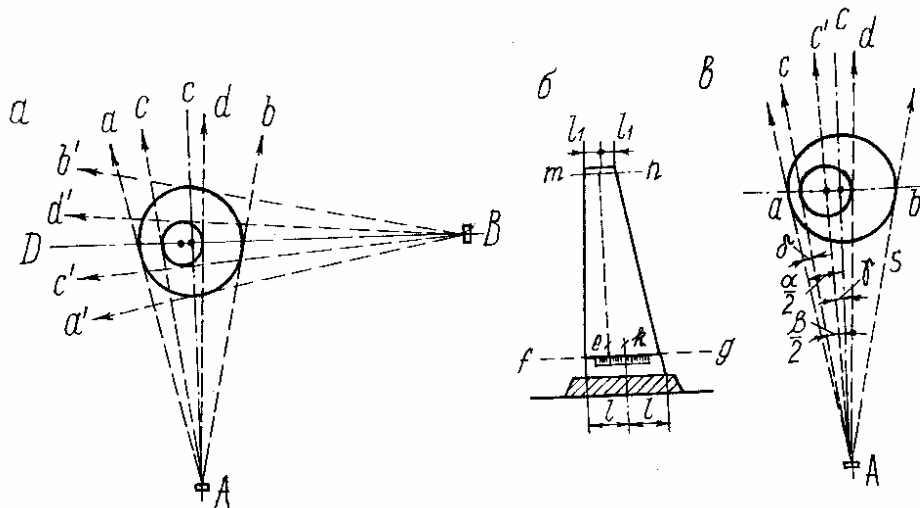


Рис.132. Контроль возведения сооружения конической формы:
 а, б – способами отсчитывания направлений по касательным к нижней
 и верхней частям контура сооружения; в – способом посредственного
 определения смещения центров сооружения

Визируя по касательным c и d к верхней возведенной части сооружения на горизонте mn , среднее направление проектируют вниз, на ту же реечку (точка e). Отрезок $ke = \Delta i$ определяет величину отклонения фактического центра сооружения на горизонте mn от вертикальной плоскости AC , проходящей через центр нижней части сооружения. Указанные выше действия контролируют при втором положении вертикального круга.

Теодолит переносят в точку B и производят наблюдения в той же последовательности, получая отклонение $\Delta 2$ верхнего центра по отношению к вертикальной плоскости BD , проходящей через центр нижней части сооружения. Полученные результаты фиксируют на исполнительной схеме, передаваемой строителям. Общее отклонение фактического центра сооружения от вертикали определяют по диагонали фигуры, образованной двумя измеренными векторами $\Delta 1$ и $\Delta 2$.

2. Если непосредственное проектирование биссектрис углов вертикальной плоскостью и измерение расстояния между ними затруднительно, то применяют способ посредственного определения смещения центров сооружения.

В этом случае расположение станций теодолита такое же, как и при первом способе. Лимб закреплен до окончания измерения на станции. Нитяным дальномером теодолита с точностью до 2-х метров измеряют расстояния $A_a \approx A_b = S$ (рис. 132,в). По измеренным углам получают $\angle aAb = \alpha$; $\angle cAd = \beta$; $\angle aAc = \delta$. Отсюда:

$$\gamma = \frac{\alpha}{2} - \frac{\beta}{2} - \delta;$$

$$\Delta = \overline{Re} = \frac{S\gamma''}{\rho''}.$$
(106)

Точность определения отклонения должна обеспечиваться в пределах 5 мм. Для этого используют теодолит Т15 и измеряют углы одним приёмом. Вертикальность высоких сооружений при их возведении проверяют через 3–4 м высоты, а для дымовых труб ограничиваются измерениями через 15–20 м.

Контрольные вопросы

1. Понятие об исходном и монтажном горизонтах.
2. Порядок построения плановой разбивочной сети на исходном горизонте.
3. Сущность способа наклонного проектирования точек на разбивочной основе с исходного на монтажный горизонт.
4. Перенесение точек с исходного горизонта на монтажный способом вертикального проектирования.
5. В каком случае для проектирования точек по вертикале используют тяжелые отвесы?
6. Содержание детальной плановой разбивки на монтажном горизонте при строительстве крупнопанельных и крупноблочных зданий.
7. Содержание детальной высотной разбивки по всему монтажному горизонту.
8. В чем состоит геодезический контроль монтажа конструкций панельных и блочных зданий?
9. Содержание геодезического контроля монтажа элементов каркаса промышленных зданий.
10. Контроль установки колонн в вертикальное положение.
11. Способы контроля расположения ряда колонн по оси в плане и в вертикальной плоскости.
12. Содержание геодезических работ при устройстве надземных подкрановых путей.
13. В чем состоит контроль монтажа рельсов подкрановых путей?
14. Назовите основные виды геодезических работ при строительстве зданий из кирпича.
15. Укажите наиболее ответственную часть геодезических работ при строительстве монолитных зданий.
16. Порядок контроля вертикальности возведения сооружения башенного типа.
17. Суть геодезического контроля при монтаже технологического оборудования.

19. Исполнительные съемки зданий и сооружений

19.1. Состав схем исполнительных съемок

В зависимости от конструктивных особенностей здания или сооружения при осуществлении строительного-монтажных работ составляют исполнительные схемы.

Исполнительные схемы на разбивочные работы: разбивка и закрепление основных осей, детальная разбивка осей на монтажных горизонтах, разбивка осей инженерных коммуникаций, контуров котлована.

Исполнительные схемы по подземной части зданий и сооружений: готового котлована, земляного полотна дорог и других земляных сооружений, свайных полей, всех видов фундаментов, стен подвала, фундаментов под оборудование (анкерных болтов, закладных деталей, колодцев).

Исполнительные схемы надземной части зданий и сооружений: плано-высотной съемки колонн, оголовков и консолей колонн, подкрановых балок и путей; монтажа балок и ферм, зданий и сооружений в кирпичном, крупноблочном и крупнопанельном исполнениях; высотной съемки полов, а также плит перекрытий и покрытий промышленных зданий, лифтовых шахт, подъездных путей, благоустройства территории.

На рис.133. приведен пример исполнительной схемы разбивки и закрепления основных осей здания.

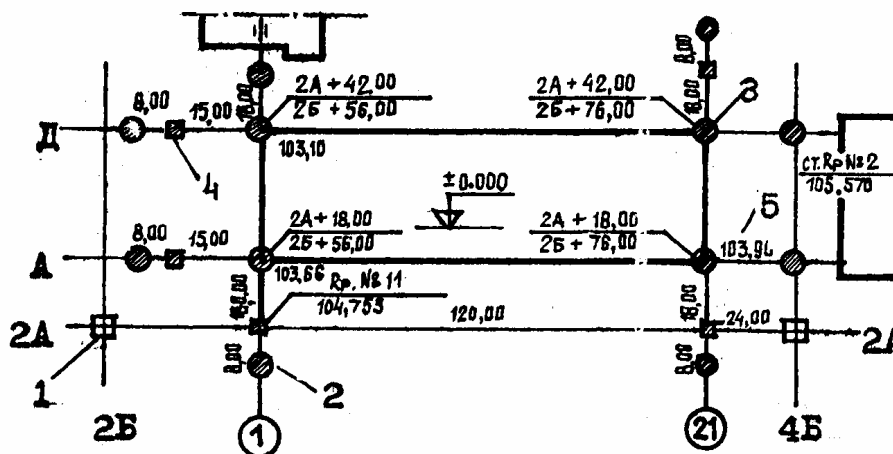


Рис.133. Исполнительная схема разбивки и закрепления основных осей здания:
1 – пункт строительной сетки; 2 – постоянный знак закрепления осей;
3 – металлический штырь; 4 – временный знак закрепления осей;
5 – фактическая отметка поверхности земли

Исполнительную съемку котлована выполняют после зачистки дна откосов. При этом определяют положение осей, внутренний контур, отметки дна котлована по результатам нивелирования поверхности по квадратам и их отклонения от проектного значения (рис.134).

Предельное отклонение отметок дна котлована от проектных в местах устройства фундаментов и укладки конструкций после окончательной его доработки должно быть не более ± 5 см.

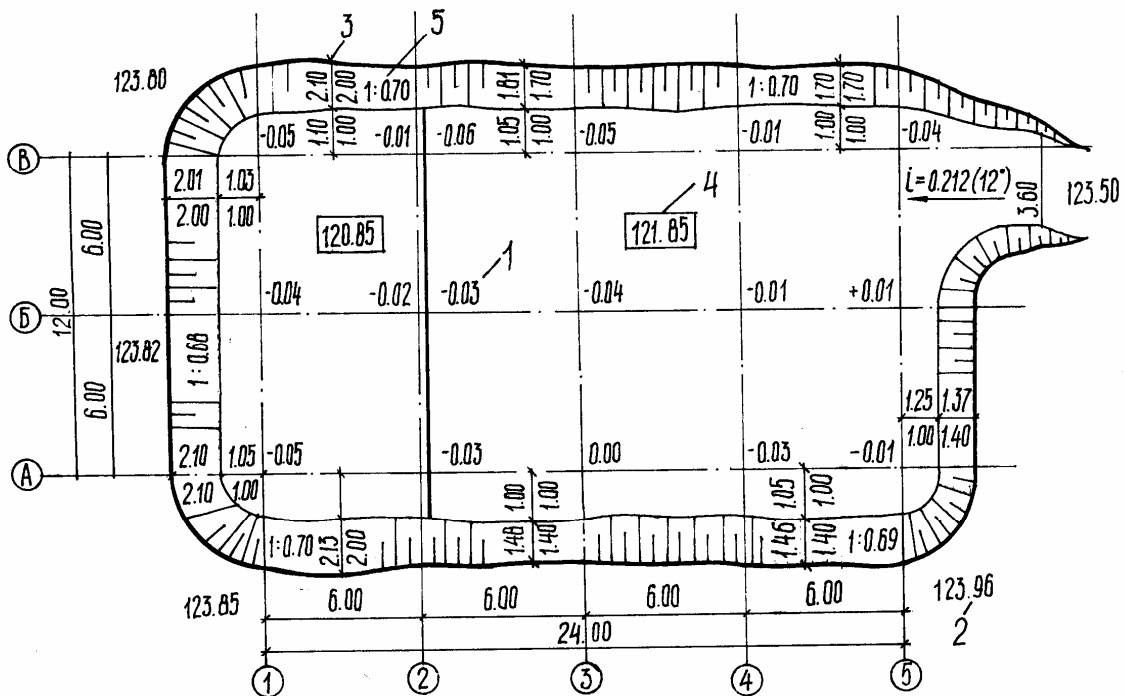


Рис.134. Исполнительная схема плано-высотной съемки котлована:
 1 – отклонение отметки дна котлована от проектной; 2 – отметка верхней бровки котлована; 3 – ширина бровки котлована;
 4 – проектная отметка котлована; 5 – крутизна откоса

При исполнительной съемке ленточных фундаментов в плане на верхние и боковые грани вновь переносят оси, от которых выполняют замеры, а также определяют отклонение отметок верха фундамента от проектной (рис.135,а). При исполнительной съемке фундаментов стаканного типа определяют отклонение отметки дна стакана от проектной и фактические размеры стакана в нижнем сечении (рис.135,б).

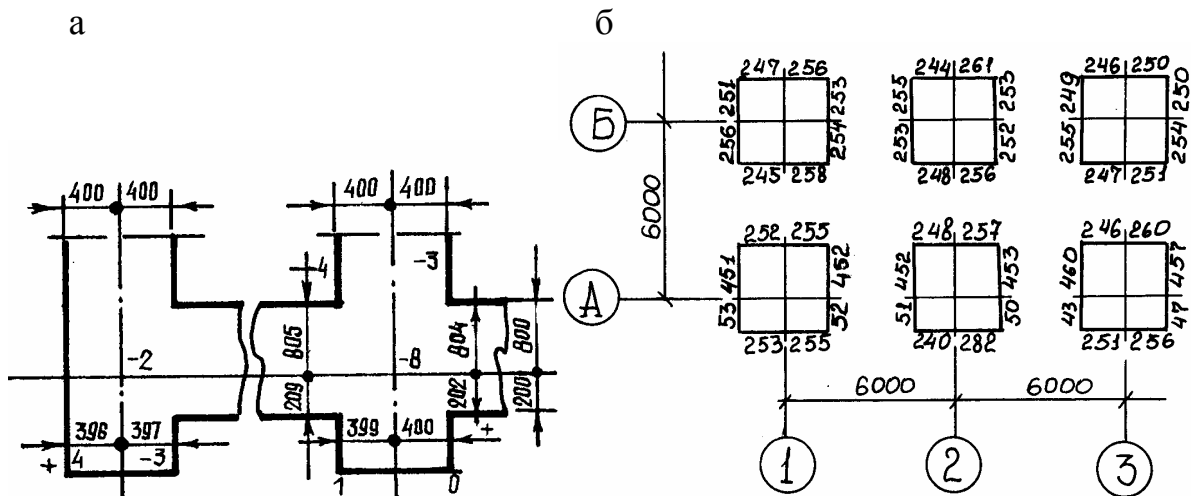


Рис.135. Фрагменты исполнительных схем:
 а – монолитных ленточных фундаментов; б – стаканов сборных фундаментов

Предельное отклонение по смещению установочных ориентиров ленточного фундамента и осей стаканов фундаментов относительно разбивочных осей – 12 мм. Предельное отклонение отметок дна стаканов фундаментов от проектных – 20 мм, а при устройстве выравнивающего слоя по дну стакана – 5 мм.

Исполнительную съемку свай-колонн выполняют после их окончательного погружения и обрубки (рис.136,а). При этом определяют направление и величину смещения центра свай-колонн от планового проектного положения 1, а также отклонение оголовков свай от проектной отметки 2.

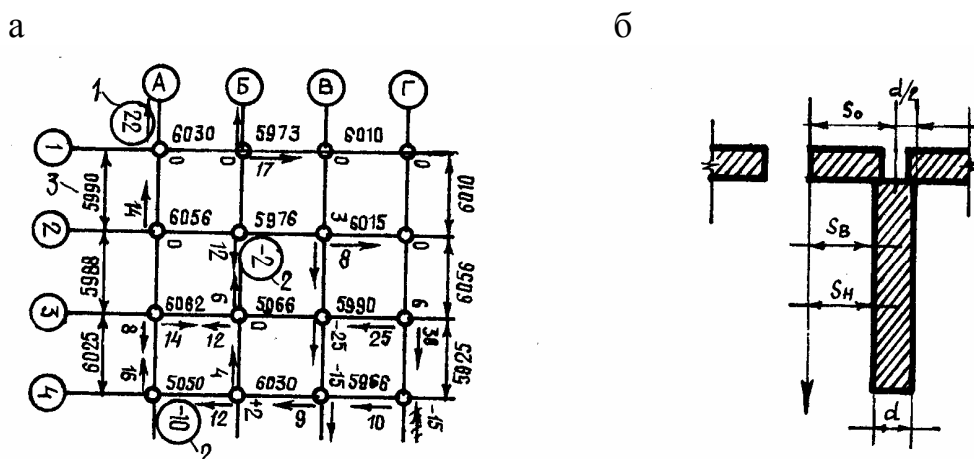


Рис.136. Фрагменты исполнительных схем:
а – свай-колонн; б – стен технического подполья

Предельные отклонения в плане свай диаметром до 0,5 м при однорядном расположении свай: поперек оси $\pm 0,2d$, вдоль оси $\pm 0,3d$. Предельное отклонение отметок оголовков свай монолитным ростверком 3 см.

Завершением нулевого цикла строительства является составление **исполнительной схемы планово-высотного положения конструкций подвальной части** здания, на которой показывают фактическое положение осей и смещение цокольных блоков и стен от проектного положения (рис.136,б).

Исполнительную съемку стен технического подполья выполняют после монтажа плит перекрытия и завершения работ по подготовке монтажного горизонта. Отклонения от вертикальности стен подполья определяют отвес-рейками, уровень-рейками, а также непосредственными промерами от отвеса до стены. При этом отвес опускают в технические отверстия на плитах перекрытий и определяют расстояние до стеновой панели вверху и внизу. Отклонения верха и низа отвеса от оси стеновой панели вычисляют по формулам:

$$\begin{aligned} \delta_b &= S_o - (S_b + d/2); \\ \delta_n &= S_o - (S_n + d/2), \end{aligned} \quad (107)$$

где d – толщина стеновой панели;

S_0 – расстояние от середины панели до нити отвеса на уровне перекрытия;

S_B, S_H – расстояния от нити отвеса до грани панели соответственно в верхней и нижней её частях.

Отметки определяют в точках пересечения осей между осевыми точками примерно через 5 м. Результаты исполнительной съемки по завершении подземной части сооружения отражают на схемах осей, вынесенных на перекрытие над подвалом, с указанием их проектных и фактических размеров, на схемах нивелирования поверхности перекрытия над подвалом с указанием проектной и фактической отметок в углах плит перекрытий, а также схемах планового положения смонтированных элементов цокольного этажа.

При возведении надземной части производят поэтажную исполнительную съемку, фиксирующую точность создания разбивочной сети на монтажном горизонте, точность положения монтируемых конструкций и их элементов.

На исполнительной схеме стеновых панелей показывают направление и величину отклонения плоскости стеновой панели в верхнем сечении от вертикали 1 (рис. 137,а), а также смещение оси панели или её грани в нижнем сечении от разбивочной оси 2. Предельные отклонения в плане – 8 мм, по вертикали – 10 мм.

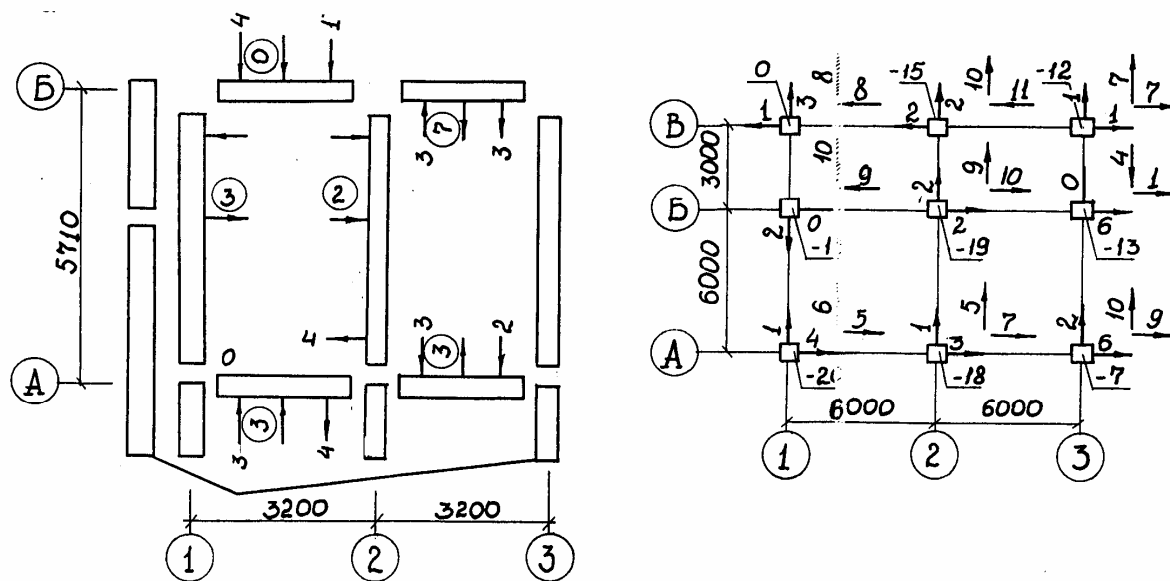


Рис.137. Фрагменты исполнительных схем:
а – стеновых панелей; б – колонн многоэтажного здания

На исполнительной схеме съемки колонн многоэтажного здания (рис.137,б) показывают направление и величину смещения осей колонн от разбивочных осей в нижнем 1-м и верхнем 2-м сечениях, а также отклонение отметки верха колонны относительно «0» мм. При этом за «0» принимают отметку колонны, имеющей наибольшую абсолютную величину.

Величина предельного отклонения в плане для колонн 1-го яруса – 8 мм, а для последующих ярусов зависит от длины колонн и составляет 12–25 мм.

Величина предельной разности отметок верха колонн каждого яруса составляет $12 + 2n$, где n – номер яруса колонн.

Плановые отклонения могут быть получены непосредственными промерами от осей или их параллелей, разбитых на монтажном горизонте. Отклонение от вертикали определяют рейкой-отвесом, простым отвесом или боковым нивелированием. Отклонение по высоте получают техническим нивелированием.

При устройстве лифтовых шахт определяют величину разности диагоналей шахты в плане и отклонения стен от вертикали. Длины диагоналей находят путем промеров, отклонения от вертикали – по отвесу.

Исполнительную съемку кирпичных зданий выполняют на каждом этаже после возведения стен и установки оконных и дверных проемов. На исполнительной схеме (рис.138) показывают: отклонения от проектных размеров по толщине стен (допуск ± 15 мм), по отметкам опорных поверхностей (допуск ± 10 мм); плановые и высотные положения оконных и дверных проемов, плит, перегородок; отклонение по смещению осей конструкций от разбивочных осей (допуск ± 10 мм), поверхностей и углов кладки по вертикали на один этаж (допуск ± 10 мм) и на всё здание высотой более двух этажей (допуск ± 30 мм).

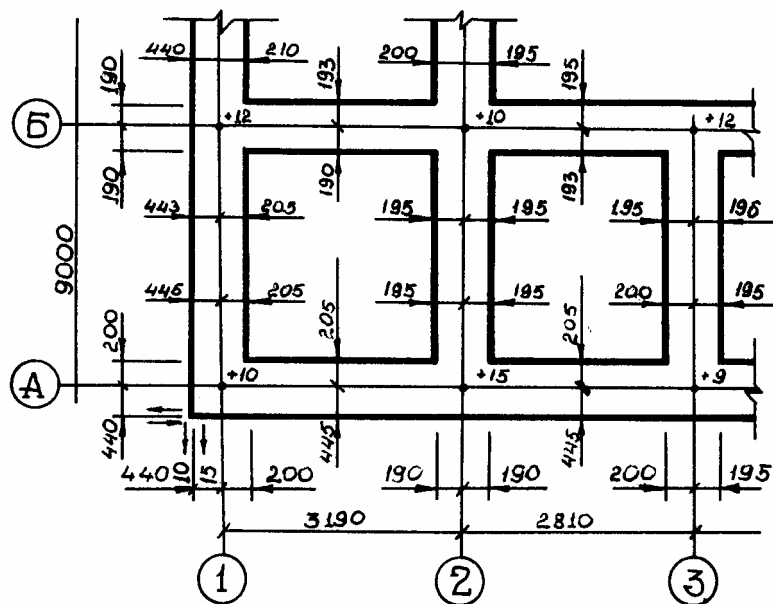


Рис.138. Фрагмент исполнительной схемы кирпичной кладки под перекрытие этажа

Контроль планового положения кладки стен осуществляют линейными промерами от продольных и поперечных разбивочных осей. Толщину стен в процессе кладки контролируют шаблоном-рейкой, при исполнительной съемке – непосредственным их промером. Вертикальность кладки опреде-

ляют измерением линейкой расстояния от нити отвеса до стены в наиболее характерных её точках или через равные промежутки. Геометрическим нивелированием точек через каждые 5 м определяют соответствие полученного горизонта законченной кирпичной кладки каждого этажа проектному значению.

19.2. Исполнительная съемка инженерных коммуникаций

Исполнительная съемка подземных инженерных коммуникаций производится по мере их готовности, но до засыпки траншей. Исключение составляет самотечная канализация, исполнительную съемку которой выполняют после засыпки траншей и гидравлических испытаний труб.

Исполнительную съемку инженерных коммуникаций производят от плано-высотного обоснования. При наличии четко выраженных контуров капитальных зданий, каменных фундаментов, железобетонных заборов на застроенной территории они могут использоваться в качестве обоснования.

От твердых точек капитальной застройки горизонтальную съемку выполняют линейными засечками, способом перпендикуляров и способом створов. Линейные засечки делают не менее чем с трех точек. Линии засечек не должны превышать длину мерной ленты. Углы между смежными направлениями должны быть в пределах 30–120°. Длина перпендикуляра не должна превышать 4 м, а в случае применения экера – 20 м.

При съемке створным методом створные точки рекомендуется определять промерами в прямом и обратном направлениях при расхождении между ними не более 1/2000.

В обязательном порядке производят контрольные измерения расстояний между точками. Плановое положение элементов инженерных сетей определяют с точностью, обеспечивающей погрешность не более 0,2 м.

Масштаб съемки зависит от характера снимаемой территории, плотности размещения сетей, назначения создаваемых планов и, как правило, составляет 1:5000–1:500, в исключительных случаях – 1:200.

Исполнительной плановой съемке подлежат: углы поворота, точки на прямолинейных участках не реже чем через каждые 50 м, точки начала, середины и конца сетей, пересечение трасс, места присоединений ответвлений, элементы подземных сетей (люки, колодцы, камеры, компенсаторы и т.д.).

Обязательной съемке подлежат все подземные сооружения, пересекающие прокладку или идущие параллельно с ней, вскрытые траншеи. Одновременно со съемкой элементов инженерных коммуникаций должны быть сняты все здания, прилегающие к проезду или трассам прокладок.

В процессе съемки собирают данные о количестве прокладок, отверстий, материале труб, колодцев, каналов, о размерах диаметров труб и каналов, давлении в газовых и напряжении в кабельных сетях.

При съемке колодцев и камер производят обмер внутренних и внешних габаритов сооружения, его конструктивных элементов, труб и фасонных частей с привязкой к отвесной линии, проходящей через центр крышки колодца.

Для газовых и тепловых сетей фиксируют расположение стыков трубопроводов относительно люков колодцев или камер с указанием типа стыка.

Результаты измерений заносят в абрис, где зарисовывают элементы ситуации и схему прокладываемого теодолитного хода, показывают привязки к опорной застройке, линейные размеры сооружения, сечения и т.д.

Высотное положение подземных сетей и сооружений определяют техническим нивелированием с привязкой к двум реперам.

При проложении нивелирных ходов и замкнутых полигонов невязка не должна превышать величин, равных $\pm 50\sqrt{L}$ или $\pm 10\sqrt{n}$ мм, где L – длина, км; n – число станций в ходе.

Нивелируют люки колодцев, лотки канализационных, водосточных и дренажных колодцев, пол каналов теплофикаций, телефонной и электрокабельной сетей, в бесколодезных прокладках – углы поворота трассы и точки излома профиля. Для трубопроводов определяют отметки верха труб во всех колодцах и камерах.

По окончании обработки материалов исполнительных съемок инженерных сетей составляют исполнительный чертеж (схему), основой которого является копия согласованного проекта в масштабе 1:500 или план масштаба 1:500, составленный по результатам исполнительных съемок (рис.139). Исполнительные схемы сопровождаются исполнительным продольным профилем по оси сооружения (рис.140).

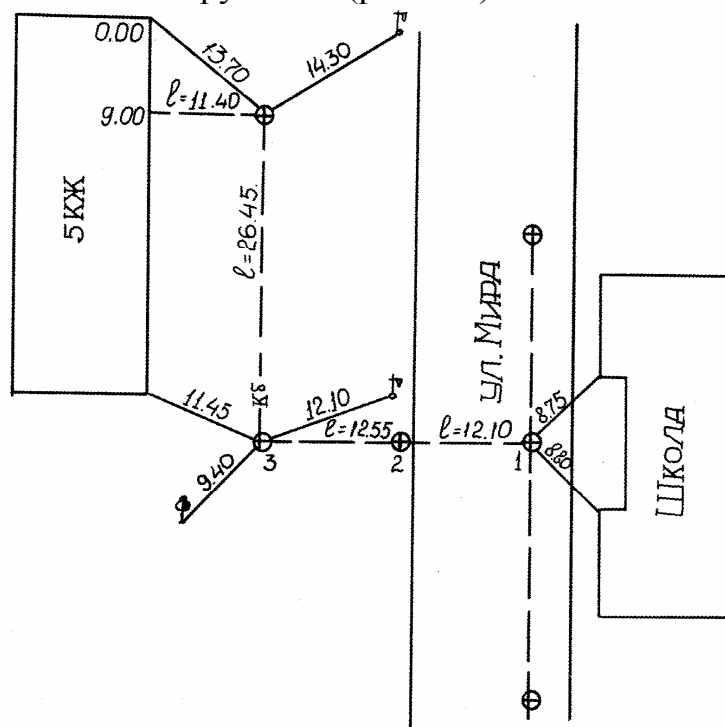


Рис.139. Исполнительная схема канализации

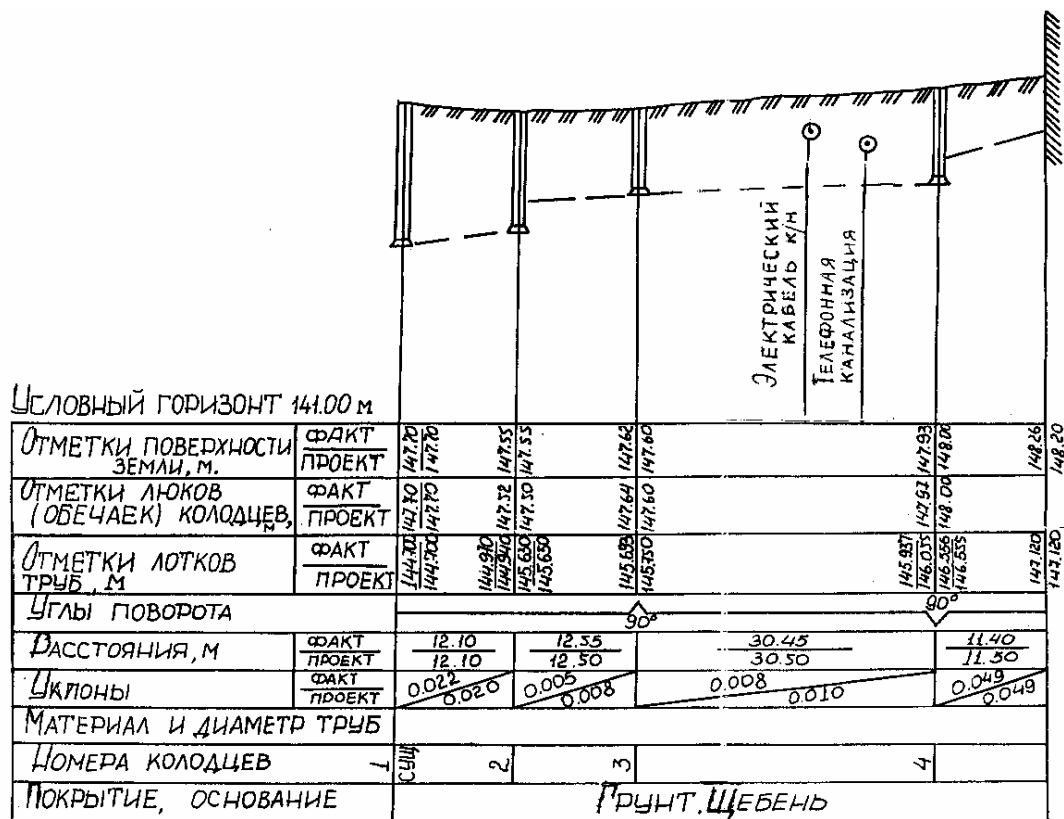


Рис.140. Исполнительный продольный профиль канализации

В состав исполнительного чертежа входят: ситуационный план участка в масштабе 1:2000 с указанием места работ и наименований близлежащих улиц и проездов для всех коммуникаций; план трассы в масштабе 1:500; продольный профиль, горизонтальный масштаб которого принимают равным масштабу плана, а вертикальный – 1:100, в отдельных случаях 1:50 (для теплотрассы).

План трассы включает в себя схему привязки всех элементов сети, подлежащих съемке. На профиле указывают вертикальный и горизонтальный масштабы и отметки точек трассы, а также величины отклонений от проекта.

19.3. Исполнительная документация

Выполненный геодезический контроль в процессе возведения здания и сооружений оформляют в виде отчетной технической документации. К ней относят схемы геодезической исполнительной съемки, чертежи, профили, разрезы, каталоги координат и отметок пунктов разбивочного основания и осевых знаков, акты геодезической проверки, полевые журналы и т.п.

Исполнительная геодезическая документация бывает внутренней и приёмосдаточной.

При возведении подземной части зданий и сооружений составляют следующую внутреннюю исполнительную документацию: исполни-

тельные схемы по разбивке промежуточных осей; исполнительные схемы по разбивке контуров котлована; акты разбивки свайных полей; акты и исполнительные схемы по подготовленным к бетонированию опалубкам. По надземной части также составляют: акты детальной геодезической разбивки на монтажных горизонтах под монтаж яруса, цоколя, этажа с приложением исполнительных схем; исполнительные схемы нивелировки бетонной подготовки под полы; рабочие схемы по установке маяков.

Внутреннюю исполнительную документацию подготавливают на незавершенный строительно-монтажный этап. На основании её анализа главный инженер строительного управления даёт разрешение на переход от одного этапа строительно-монтажных работ к другому. Порядок её оформления устанавливает главный инженер строительно-монтажной организации.

Внутренняя исполнительная документация не предъявляется рабочей и государственной комиссиям при сдаче объекта в эксплуатацию.

Приёмосдаточную исполнительную документацию составляют на завершённый этап строительно-монтажных работ. К ней относят: акты на приемку готового котлована с приложением схемы исполнительной съёмки; акт сдачи-приёмки исполнительной подземной части с результатами контрольных измерений и т.п.

Акт сдачи-приёмки предъявляется авторскому надзору, органам Госархстройконтроля, генподрядным (субподрядным) организациям, заказчику, рабочим и государственным комиссиям по приемке объекта в эксплуатацию с приложением исполнительных схем на все завершённые виды строительно-монтажных работ. Акт составляют в пяти экземплярах, два из которых остаются в генподрядной организации.

Исполнительную геодезическую документацию подписывают геодезист, производитель работ и главный инженер строительного управления. Она является юридическим документом и хранится в производственно-техническом отделе, в геодезической службе строительно-монтажной организации и у заказчика.

При сдаче-приёмке в эксплуатацию построенного здания или сооружения предъявляют экземпляр исполнительной документации, находящейся в производственно-техническом отделе.

Исполнительная документация по геодезической съёмке возведённых конструкций должна быть полноценной, так как она является исходной основой для габаритного обмера законченных строительством зданий и сооружений.

После окончания работ по устройству подземных и надземных коммуникаций составляют следующую исполнительную документацию: исполнительный план трассы коммуникаций; исполнительный продольный профиль по оси сооружения; рабочие чертежи с планами и размерами

колодцев, камер, труб и т.п., исправленные по результатам обмера, выполненного во время исполнительной съемки. Эту документацию передают эксплуатирующей организации.

Контрольные вопросы

1. Для решения каких основных задач предназначено выполнение исполнительных съемок?
2. Какие виды геодезических работ входят в состав исполнительных съемок?
3. Что является плановой опорой для выполнения исполнительных съемок и их точность?
4. Назовите виды исполнительных съемок в зависимости от конструктивных особенностей здания или сооружения.
5. Какие данные исполнительных съемок конструкций зданий и сооружений должны наноситься на исполнительные схемы?
6. Какие элементы подземных инженерных коммуникаций подлежат исполнительной съемке в обязательном порядке?
7. Какие чертежи входят в состав исполнительной документации инженерных сетей?
8. В чем состоит отличие внутренней исполнительной документации от приемосдаточной?
9. Какую документацию составляют после окончания работ по устройству подземных и надземных коммуникаций?
10. Какие документы входят в состав исполнительного генерального плана расположения зданий и сооружений, подземных и надземных коммуникаций, подъездных путей?

20. Инструментальные наблюдения за деформациями зданий и сооружений

20.1. Размещение и закрепление геодезических знаков за наблюдениями и деформациями

Данные о процессах деформации получают на основе измерения смещения точек наблюдаемого здания или сооружения относительно опорных геодезических знаков. При этом достоверность данных измерения во многом зависит от устойчивости опорных знаков, доступности и удобства пользования ими во всех циклах наблюдений.

Устойчивость опорных знаков зависит от выбора места размещения и надёжности их закрепления на местности. Опорные знаки размещают на участках с устойчивыми грунтами, расположенными вне зоны осадочных воронок и производства строительных работ, но как можно ближе к точкам наблюдаемого здания или сооружения. Опыт показывает, что зона активных деформаций грунтов может распространяться на расстояние, равное шестикратной ширине фундамента здания или сооружения.

Для промышленных и гражданских зданий опорные высотные знаки располагают не ближе 80 м от здания, а для крупных гидротехнических сооружений – на расстоянии до 1 км. Границей зоны распространения напряжений в грунтах, создаваемых весом здания или сооружения, считают плоскость, проходящую через грань фундамента и наклоненную к вертикали под углом 25–30°.

Для предохранения от повреждений машинами и других воздействий внешней среды опорные знаки защищают металлической оградой или колодцем, курганом и канавой.

В качестве опорных высотных знаков при наблюдениях за осадками зданий и сооружений служат фундаментальные глубинные реперы, закладываемые в коренные породы в виде железобетонных монолитов (рис.141,а) или других жёстких конструкций. В целях удобства выполнения контроля за устойчивостью их размещают кустами. Каждый куст состоит из двух-трех реперов, размещенных таким образом, чтобы превышения между ними могли быть определены с одной установки нивелира при длине визирного луча до реперов не более 50 м. При наблюдениях за осадками по данным превышений между реперами в текущем и предшествующем циклах измерений устанавливают наиболее устойчивый репер, относительно которого определяют величину осадки.

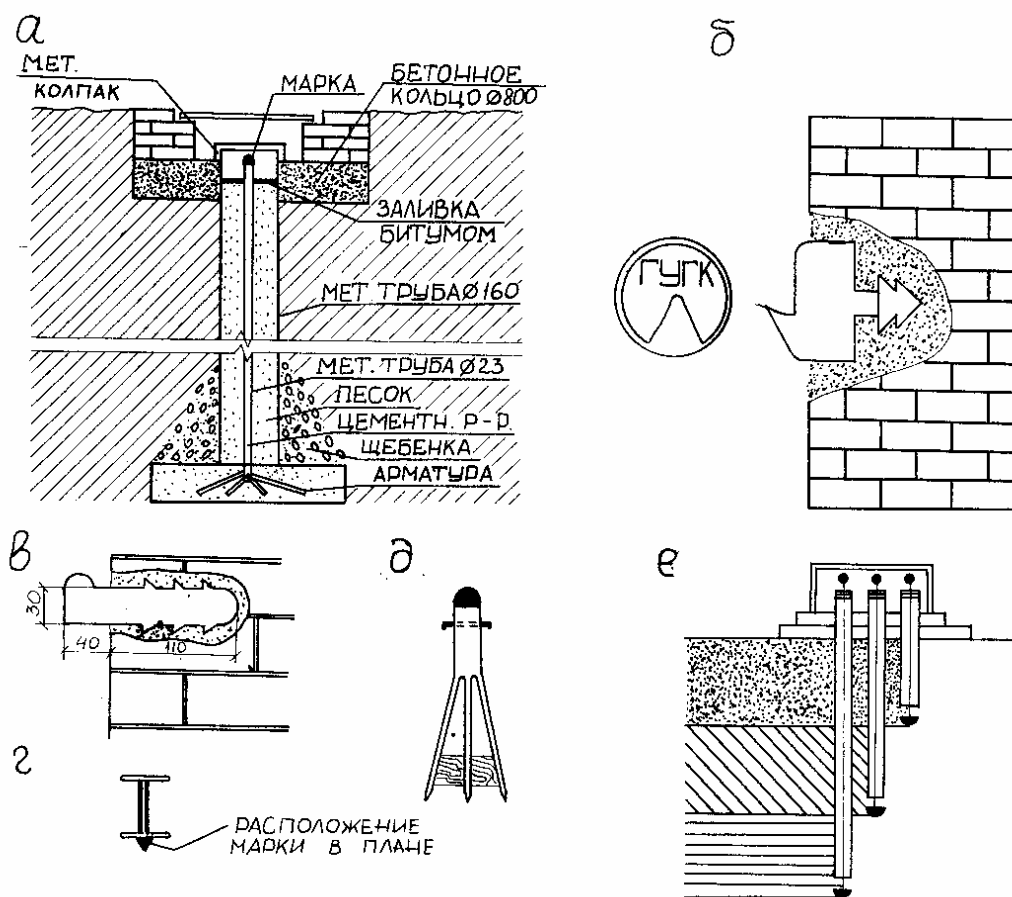


Рис.141. Геодезические знаки для наблюдения за осадками:
 а – глубинный репер; б – стенной репер; в – осадочная марка, закрепляемая в кирпичные или бетонные стены; г – осадочная марка, закрепляемая сваркой к металлической колонне; д – глубинная марка, закрепляемая в земляные сооружения; е – куст марок для определения величины послойного сжатия грунта

Устойчивость глубинных реперов контролируют и по их координатам, которые определяют через десять дней после закладки и в начале каждого цикла измерений. Изменения в координатах опорных знаков в различных циклах измерений говорят об их неустойчивости и обязывают исполнителя к принятию соответствующих мер.

Глубинные реперы закладывают при наблюдениях за деформациями ответственных сооружений нивелированием I класса. При нивелировании II и III классов используют грунтовые или стенные реперы (рис.141,б).

Грунтовые реперы закладывают ниже уровня промерзания грунта. По конструкции они могут быть трубчатыми или свайными, со сферической головкой в верхней части. При удалении наблюдаемого объекта более чем на 2 км от пунктов исходной геодезической сети, затрудняющем привязку к ним заложенных на объекте реперов, применяют условную систему высот.

Обоснованию мест размещения точек наблюдений уделяют перво-степенное значение и осуществляют это на основе анализа особенностей

грунта, нагрузки на него, чувствительности конструкций к осадкам и предположений о характеристике деформаций. Опыт показывает, что информативность результатов наблюдений за деформациями зданий и сооружений в большей мере зависит от правильного размещения точек наблюдений, в меньшей – от их количества. Точки обычно размещают в нижней части несущих конструкций, примерно на одном уровне, в местах, чувствительных к осадкам и изменяющейся нагрузке, то есть там, где ожидаются наибольшие стоки воды: в углах зданий, на стыках капитальных стен, в зонах наибольших напряжений несущих конструкций, по обе стороны осадочных и температурных швов.

На кирпичных жилых и общественных бескаркасных зданиях с ленточным фундаментом точки наблюдений размещают по периметру через каждые 10–15 м.

Для промышленных сооружений и каркасных жилых и общественных зданий точки наблюдения размещают на колоннах по продольным и поперечным осям (не менее трех в каждом направлении).

На бескаркасных крупнопанельных жилых и общественных зданиях на сборных фундаментах точки наблюдений размещают по периметру через каждые 6–8 м, а на свайных фундаментах – через каждые 10–15 м по продольным и поперечным осям.

На сооружениях типа дымовых труб, доменных печей и т.п. размещают по периметру не менее четырех точек наблюдений.

На гидротехнических сооружениях, разделенных на секции, размещают не менее трех точек наблюдений на каждую секцию, а при ширине секции более 15 м – не менее четырех точек.

На причальных и подпорных стенах точки наблюдений размещают по периметру через каждые 15–20 м.

Для определения крена и стрелы прогиба ведут наблюдения за тремя-десятью точками, расположенными вдоль исследуемой оси.

Точки наблюдений закрепляют на зданиях и сооружениях осадочными или контрольными марками. Осадочные марки изготавливают в виде штырей, болтов, отрезков угловой стали и костылей длиной до 15 см при креплении к каменным стенам и до 5 см при креплении их к металлическим конструкциям (рис. 141, б, г).

Для более четкой фиксации марок и удобства установки на них рейки концам штырей, болтов или костылей предварительно придают сферическую или полусферическую форму. При креплении в стену они выступают из неё на расстояние до 4 см.

В отдельных случаях, например, при долговременных наблюдениях за осадками сооружений, памятников истории архитектуры, применяют марки с предохранительными колпачками и марки скрытого типа с завинчивающимися болтами.

При наблюдениях за деформациями земляных сооружений (котлована, дамбы, плотины и т.п.) применяют специальные глубинные марки, позволяющие измерять смещения скрытых точек. Например, для определения величины подъема дна котлована применяют марку длиной 0,5 м (рис.141,д), закладываемую в пробуренные скважины на 0,8 м ниже проектной отметки дна котлована. Марки закладывают до начала земляных работ. Для этого обсадные трубы скважины поднимают на 0,5 м и затем в скважину заливают слой бетона толщиной 0,25 м, в который вдавливают марку.

Высоту марок определяют до начала земляных работ по отвесной рулетке с гирей на нижнем конце, а затем скважину засыпают мелкими кусками алебастра или кирпича и извлекают обсадную трубу. После разработки котлована убирают засыпку над марками и вновь определяют их высоту. Разность высот первого и второго результатов представляет величину подъема дна котлована.

Для вычисления величины послойного сжатия грунтов закладывают кусты марок на различную глубину с основаниями на границах пластов грунта (рис. 141,е).

Все закрепленные геодезические знаки сдают на хранение производителю работ строящегося объекта или эксплуатирующей его организации по отдельному акту.

20.2. Периодичность и точность измерения деформаций

При разработке методики наблюдений за деформациями зданий и сооружений обоснованию периодичности и точности измерений уделяют особое внимание.

Измерение осадки строящихся зданий и сооружений начинают сразу после начала возведения фундаментов или кладки цоколя. Если первый цикл измерений выполнен с опозданием, то последующие измерения будут обесценены в связи с невыясненными причинами уже произошедшей осадки.

Частоту измерения осадок в основном увязывают с возрастанием нагрузки на грунт основания и развитием его деформации во времени. Как отмечалось выше, продолжительность осадки грунта основания зависит от его строения, состава и физического состояния и может колебаться в широких пределах. Во многих случаях она завершается по окончании строительства, но может продолжаться в течение многих лет. Быстрее завершаются деформации скальных и песчаных грунтов, значительно медленнее – глинистых.

Первый цикл измерения обычно начинают тогда, когда давление фундамента на грунт составляет 25 % от веса здания или сооружения. Последующие циклы измерений осадок выполняют при достижении нагрузки в

50, 75, 100 % от веса здания и сооружения или после возведения каждого этажа.

При строительстве крупнопанельных зданий измерение осадок выполняют после возведения фундамента, монтажа второго этажа, коробки здания и перед сдачей его в эксплуатацию.

При выполнении повторных циклов измерений учитывают действие различных факторов – проведение подземных работ, возведение в непосредственной близости больших сооружений, изменения температурного режима грунта основания, уровня грунтовых вод, динамических нагрузок. В таких случаях выполняют измерение осадок до и после проявления и учета указанных факторов. По полученным данным корректируют график работ по измерению осадок.

Промежутки между циклами измерений уменьшают при возрастании скорости осадок и появлении трещин, недопустимых кренов и других опасных деформаций. После окончания строительства здания или сооружения периодичность измерений осадок изменяется. В период первых двух лет эксплуатации измерения выполняют не менее четырех раз, приурочивая их к различным сезонам года. Осадку сооружения, возведенного на песчаном грунте, рекомендуется измерять через 5-6 месяцев. Наблюдения за деформациями прекращают только тогда, когда скорость осадки не превышает 1-2 мм в год. Наблюдения возобновляют при появлении причин, способных вызвать новые осадки и деформации зданий, сооружений.

Определение точности измерения деформаций производят в зависимости от ожидаемых конечных предельных значений величин перемещений, установленных проектной документацией, по форме табл.14.

Т а б л и ц а 14

Определение точности измерения деформаций

Расчетная величина вертикальных или горизонтальных перемещений, предусмотренная проектом, мм	Допустимая погрешность измерения перемещения, мм, для различных грунтов			
	при строительстве		при эксплуатации	
	песчаные	глинистые	песчаные	глинистые
До 50	1	1	1	1
50-100	2	1	1	1
100-250	5	2	1	2
250-500	10	5	2	5
500	15	10	5	10

По данным табл.14. устанавливают класс точности измерения вертикальных и горизонтальных перемещений фундаментов зданий и сооружений (табл15).

Установление класса точности измерений

Класс точности измерения	Допустимая погрешность измерения перемещений, мм	
	горизонтальные	вертикальные
I	2	1
II	5	2
III	10	5
IV	15	10

В случае отсутствия расчетных величин вертикальных или горизонтальных перемещений рекомендуется устанавливать следующий класс точности измерения деформаций для зданий и сооружений:

I – длительное время находящихся в эксплуатации, а также возводимых на скальных и полускальных грунтах;

II – возводимых на песчаных, глинистых и других сжимаемых грунтах;

III – возводимых на насыпных, просадочных и других сильно сжимаемых грунтах;

IV – для земляных работ.

Как правило, при наблюдениях за осадкой грунта под особо ответственными и уникальными зданиями и сооружениями (высотные здания, ГЭС, АЭС, элеваторы и т.п.) применяют нивелирование I класса точности измерения. Наблюдения за другими гражданскими и промышленными сооружениями выполняют нивелированием II и III классов.

Нивелирование III класса точности измерения осадок применяют в тех случаях, когда средняя скорость осадки здания или сооружения превышает 5 мм в месяц. При меньших скоростях осадки этот метод нецелесообразен из-за недостаточной точности.

Для зданий из кирпича, блоков и панелей допустимую погрешность измерения можно установить по предельной величине относительного прогиба несущих стен $S_{\text{пред}} = 0,001-0,0013$ от длины изгибаемого участка. Так, для участка стены длиной 80 м $S_{\text{пред}} = 80-104$ мм.

Допустимую погрешность измерения деформаций принимают равной $0,1 S_{\text{пред}}$, то есть в нашем примере $\Delta_{\text{доп}} = 8-10$ мм. Отсюда средняя квадратическая погрешность измерений составляет 4-5 мм.

Обоснование точности измерения деформаций необходимо увязывать с частотой измерений, потому что от этого зависят как полнота и достоверность полученных данных, так и стоимость геодезических работ. Разреженные наблюдения не могут обеспечить получения данных, характеризующих действительный ход деформаций, а слишком частые и высокоточные приведут к излишним затратам средств на измерения.

20.3. Измерение осадки методом геометрического нивелирования

Измерение осадки зданий или сооружений методом геометрического нивелирования состоит из периодических определений отметок осадочных марок относительно реперов.

Сначала нивелируют ходы I-II классов точности, проложенные между фундаментальными реперами. Если реперы расположены кустами по 2-3 репера в группе, то предварительно нивелируют с одной станции репера в каждой группе. Расхождение высот для реперов одной группы не должно превышать 0,3-0,5 мм. В дальнейшем в нивелирный ход включают лишь один репер группы, наиболее устойчивый и удобный для выполнения работ. Затем для определения отметок осадочных марок прокладывают нивелирные ходы II-IV классов точности, соединяющие все осадочные марки и репер.

Нивелирование выполняют в соответствии с основными техническими характеристиками и допусками, указанными в табл.5.

При этом соблюдают следующую технологию для различных классов геометрического нивелирования:

I класс – двойным горизонтом, способом совмещения, в прямом и обратном направлениях или замкнутым ходом;

II-III класс – одним горизонтом, способами совмещения и наведения, а также замкнутым ходом;

IV класс – одним горизонтом, способом наведения.

Другие характеристики и допуски геометрического нивелирования представлены в табл.16.

Т а б л и ц а 16

Характеристики и допуски геометрического нивелирования

Приборы, технические характеристики и допуски геометрического нивелирования	Класс нивелирования			
	I	II	III	IV
Нивелиры	Н-05	Н-1, Н-2	Н-3	–
Рейки	РН-05 (односторонние инварные штриховые)		РН-3 (двусторонние шашечные)	
Число станций незамкнутого хода, не более	2	3	5	8
Длина визирного луча, м, не более	25	40	50	100
Высота над препятствием, м, не менее	1	0,8	0,5	0,3
Неравенство плеч на станции, м, не более	0,2	0,4	1	3
Накопление неравенства плеч в замкнутом ходе, м, не более	1	2	5	10
Допустимая невязка в замкнутом ходе при числе станций n , мм	$0,15\sqrt{n}$	$0,5\sqrt{5}$	$1,5\sqrt{n}$	$5,0\sqrt{n}$
Предельная ошибка превышения на одной станции, мм, не более	0,3	1	2	4

При нивелировании места установки прибора закрепляют штырями в грунте или гвоздями в асфальте. При повторном нивелировании прибор устанавливают над этими же знаками. При нивелирных ходах одни осадочные марки являются связующими, а другие – промежуточными. На рис.142 представлена схема нивелирного хода, в котором марки 1, 3, 5, 6, 8, 10 являются связующими точками хода, а марки 2, 4, 7, 9 – промежуточными. В кружках показаны номера станций.

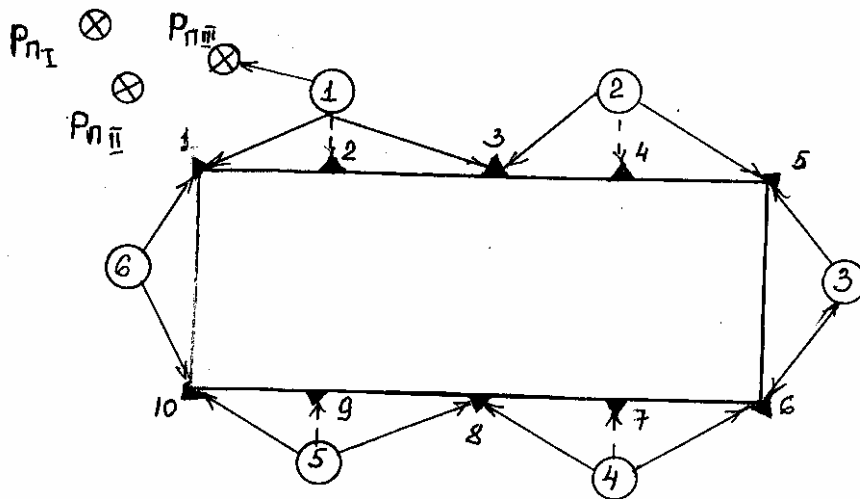


Рис.142. Схема нивелирного хода и расположения осадочных марок

При большом числе осадочных марок, особенно промежуточных, выдержать требование равенства плеч практически невозможно. Уменьшение влияния неравенства плеч выполняют следующими способами:

- соответствующим выбором нивелирных станций;
- введением поправок за угол наклона оси визирования в отсчеты;
- тщательной поверкой главного условия геометрического нивелирования (визирная ось должна быть горизонтальна);
- наблюдением осадочной марки с двух станций.

При окончании нивелирования приступают к камеральной обработке. Определяют превышения между связующими марками на всех станциях хода. По сумме превышений вычисляют невязку всего нивелирного хода и сравнивают её с допустимой. После распределения невязки по исправленным превышениям вычисляют отметки связующих осадочных марок по формуле

$$H_i = H_{i-1} + h_i, \quad (108)$$

где H_i и H_{i-1} – отметки последующей и предшествующей осадочных марок;

h_i – исправленное превышение между этими марками.

Отметки промежуточных марок вычисляют через горизонт прибора соответствующей станции. Отметки осадочных марок данного цикла измерения выписывают в специальную ведомость осадок (табл.17) и в ней же вычисляют величину осадки каждой марки по формуле

$$S_i = H_o - H_i, \quad (109)$$

где H_o – отметка марки в нулевом цикле измерения;

H_i – отметка марки в i -м цикле измерения.

Т а б л и ц а 17

Ведомость отметок и осадок осадочных марок

Номер осадочной марки	Периоды наблюдения				
	нулевой цикл 4.09.10	20.12.10	S , мм	10.03.11	S , мм
	фундамент	1 этаж		2 этаж	
1	88,320	88,305	15	88,283	37
2	88,305	88,292	13	88,271	34
3	88,118	88,091	27	88,081	37
4	88,411	88,390	21	88,372	39
5	88,335	88,319	16	88,300	35
10	87,983	87,965	18	87,950	33

Для наглядного отображения процесса осадки здания или сооружения работу завершают составлением эпюр или графика осадок (рис.143).

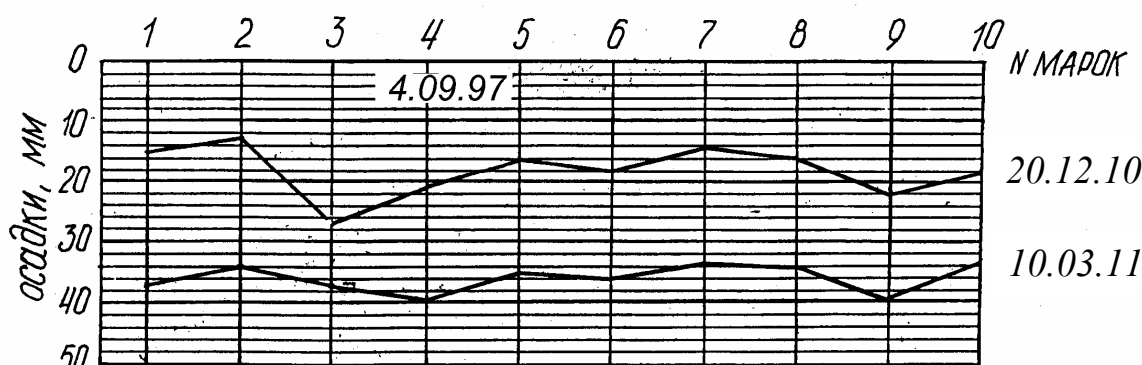


Рис.143. График осадки фундаментов

По вычисленным осадкам определяют основные характеристики деформации зданий и сооружений.

Среднюю осадку здания или сооружения вычисляют по формуле

$$S_{cp} = \sum S/n,$$

где $\sum S$ – сумма величин осадки всех марок;

n – число всех марок.

Относительное значение прогиба (выгиба) вытянутого отрезка фундамента находят по формуле

$$f = \left[(S_2 - S_1) - \frac{l}{L}(S_3 - S_1) \right] / 2, \quad (110)$$

где S_1, S_3 – осадки крайних марок, расположенных на прямой линии, мм;
 S_2 – осадка промежуточной марки, мм;
 l, L – расстояния от первой крайней марки, соответственно, до промежуточной и второй крайней марок, мм.

Если промежуточная марка расположена посередине между крайними, то $l/L = 1,2$ и $f = (S_2 - S_1 - S_3) / 2L$.

При обнаружении на зданиях и сооружениях трещин или швов наблюдения за осадками возобновляют.

20.4. Наблюдения за горизонтальными смещениями

При организации наблюдения за горизонтальными смещениями закрепляют опорные пункты, наблюдательные столбы и деформационные марки.

Опорные пункты размещают за пределами подвижек грунта. По конструкции и закладке они идентичны фундаментальным реперам (см. рис. 141,а). Центр сферической головки обозначают насечкой или отверстием небольшого диаметра.

Наблюдательные столбы (рис.144,а) располагают на створе и в триангуляции. В качестве столбов применяют трубы, залитые бетоном, или бетонные монолиты в виде усеченных четырехгранных пирамид 2. Высота выступающей части столба над землей составляет до 1,2 м. В верхние грани столбов 1 вделываются металлические пластинки с тремя пазами-бороздками или концентрическими окружностями для однообразной установки теодолита и визирной марки. Центром столба является точка пересечения пазов. Глубина закладки столбов определяется в каждом конкретном случае, с учетом глубины промерзания грунта и его физико-механических свойств.

Деформационные марки (рис. 144,б,в) размещают на зданиях или сооружениях для закрепления наблюдаемых точек. Марки изменяют свое пространственное положение при смещении здания или сооружения.

Деформационная марка представляет собой металлический диск 1, закладываемый в стену 3. Если марка предназначена для горизонтальной установки измерительной линейки, то она имеет специальные ушки 2 (см. рис.144,б) для упоров линейки или полусферическую головку 2 (см. рис.144,в) для упора пятки линейки или рейки.

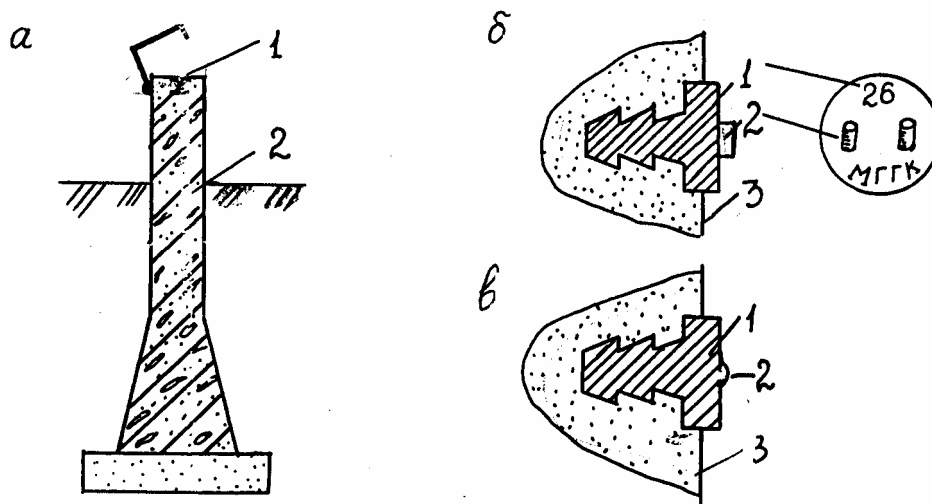


Рис.144. Знаки закрепления точек при наблюдениях за смещениями:
 а – наблюдательный столб; б – деформационная марка с ушками для горизонтальной установки линейки; в – деформационная марка с головкой для упора линейки или пятки рейки

Марки для визирования теодолитом оборудуются визирными цилиндрами или щитками с раскрашенными симметричными фигурами. Визирные приспособления устанавливают так, чтобы ось цилиндра или линия симметрии фигуры щитка совпадала с отвесной линией точки наблюдения, зафиксированной на марке пересекающимися штрихами или центром небольшой окружности.

Допустимая погрешность измерения горизонтальных смещений зданий или сооружений зависит от их типа, свойств грунта, скорости смещения и класса точности измерения (см. табл. 15).

Наблюдения за смещениями, так же, как и за осадками, выполняют циклами. В период строительства первый цикл проводят до воздействия на здание или сооружение горизонтальных сил. Последующие циклы осуществляют по программе наблюдений, а в период эксплуатации зданий или сооружений – не менее двух раз в год (весной и осенью).

Наблюдения прекращают, когда скорость смещения становится менее 2 мм в год, но возобновляют при появлении деформаций.

Горизонтальные смещения чаще всего определяют следующими геодезическими методами: створным, тригонометрическим–триангуляции и засечек, а также комбинированным.

Створным методом определяют смещение прямолинейных контуров зданий и сооружений – ряда фундаментов или колонн зданий, плотин и т.п., а также смещение оползневых пород, то есть в тех случаях, когда наблюдаемые точки можно закрепить на одной линии створа. Сущность створного метода заключается в измерении величин C_1 , C_2 и C_3 (рис.145), представляющих собой отклонения наблюдаемых точек 1, 2, 3 от створа

опорных знаков A и B . Отклонения часто определяют по рейке с миллиметровыми делениями, поставленной перпендикулярно к створу AB . При этом над опорным пунктом A (рис. 145,а) устанавливают теодолит и наводят крест сетки нитей на визирную цель марки над опорным пунктом B . Берут отсчеты C_1, C_2 и C_3 при двух положениях круга теодолита по измерительной рейке, приставленной пяткой к наблюдаемой точке. По полученным отсчетам определяют средние значения и записывают их в ведомость смещений (табл. 18). После дальнейших аналогичных измерений вычисляют величину смещения как разность отсчетов по рейке в начальном и наблюдаемом периодах времени.

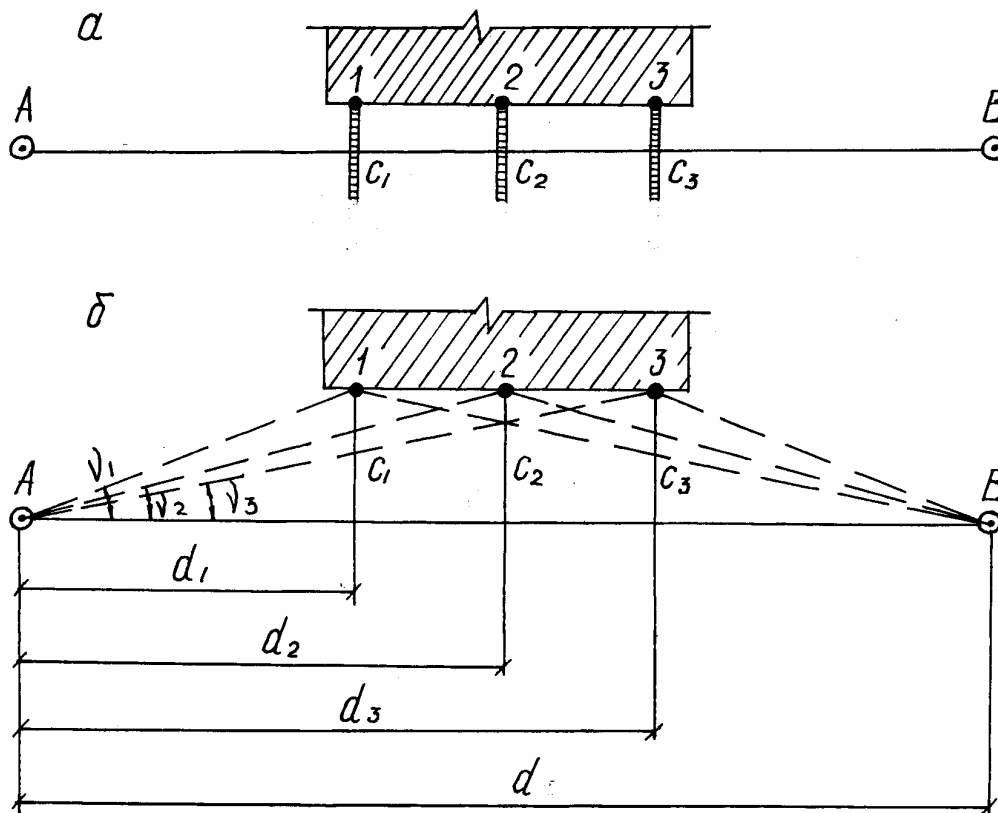


Рис.145. Схема наблюдения за смещениями створным методом:
 а – с помощью измерительной рейки;
 б – путём измерения малых углов

Таблица 18

Ведомость горизонтальных смещений

Номер марки	Периоды наблюдения				
	10.05.10	5.09.10		16.04.11	
	отсчет по рейке, мм	отсчет по рейке, мм	смещение, мм	отсчет по рейке, мм	смещение, мм
1	404,5	410,0	-6,5	414,0	-10,5
2	388,0	392,5	-4,5	396,5	-8,5
3	396,0	391,0	+5,0	387,0	+9,0

При небольшой длине створов (до 250 м) можно использовать горизонтальные шашечные или штриховые реечки и прибор с плоскопараллельной пластинкой. Прибор, установленный в одном конце створа, наводится на марку другого конца створа, а в промежуточных точках ставится реечка, по которой определяется величина отклонения точки от створа.

Для повышения точности измерений линию створа закрепляют от наблюдаемых точек на расстоянии до 0,6 м. С этой же целью для точности взятия отсчета используют подвижную визирную марку. В этом случае отсчеты берут по шкале марки, установленной на наблюдаемых точках, а величиной отклонения считают разность отсчетов по индексу при установке марки в створе AB и в наблюдаемых точках 1, 2, 3.

Иногда отклонение C_i определяют путем измерений малых углов v_i и расстояния d_i (рис. 145,б) по формуле

$$C_i = d_i \operatorname{tg} v_i \approx d_i \frac{v_i''}{\rho''}. \quad (111)$$

При измерении малых углов v_i в контрольных точках устанавливают неподвижную марку. Измерения углов, близких к 180° , выполняют оптическими теодолитами Т1, Т2 и др.

Надежность определений в последнем случае зависит от точности измерения малого параллактического угла v_i , а расстояние d_1 может быть измерено нитяным дальномером. При расчете необходимой точности измерения параллактического угла v_i нужно учитывать, что ошибка в $1''$ вызывает ошибку в величине поперечного смещения (0,5 мм на каждые 100 м расстояния).

Результаты наблюдений по створам, расположенным по верху сооружений, искажаются из-за изменения температуры воздуха, поэтому наблюдения следует вести по нескольким створам на верху сооружения, расположенным симметрично оси верхней его грани или на разных горизонтах сооружения.

Наблюдения створным методом отличаются удобством, простотой, производительностью и достаточной точностью результатов измерений. Этому методу присущи недостатки в том, что смещения определяются только в одном направлении (по оси X), перпендикулярном к створу AB , а близкое к наблюдаемым точкам расположение опорных пунктов не дает полной уверенности в их неподвижности, а значит, и надежности результатов измерений.

При большом уклонении наблюдаемых точек от створа, больших разностях их высот или при расположении точек в различных местах сооружения горизонтальные смещения определяют методами триангуляции и направлений, а также комбинированным методом (рис.146).

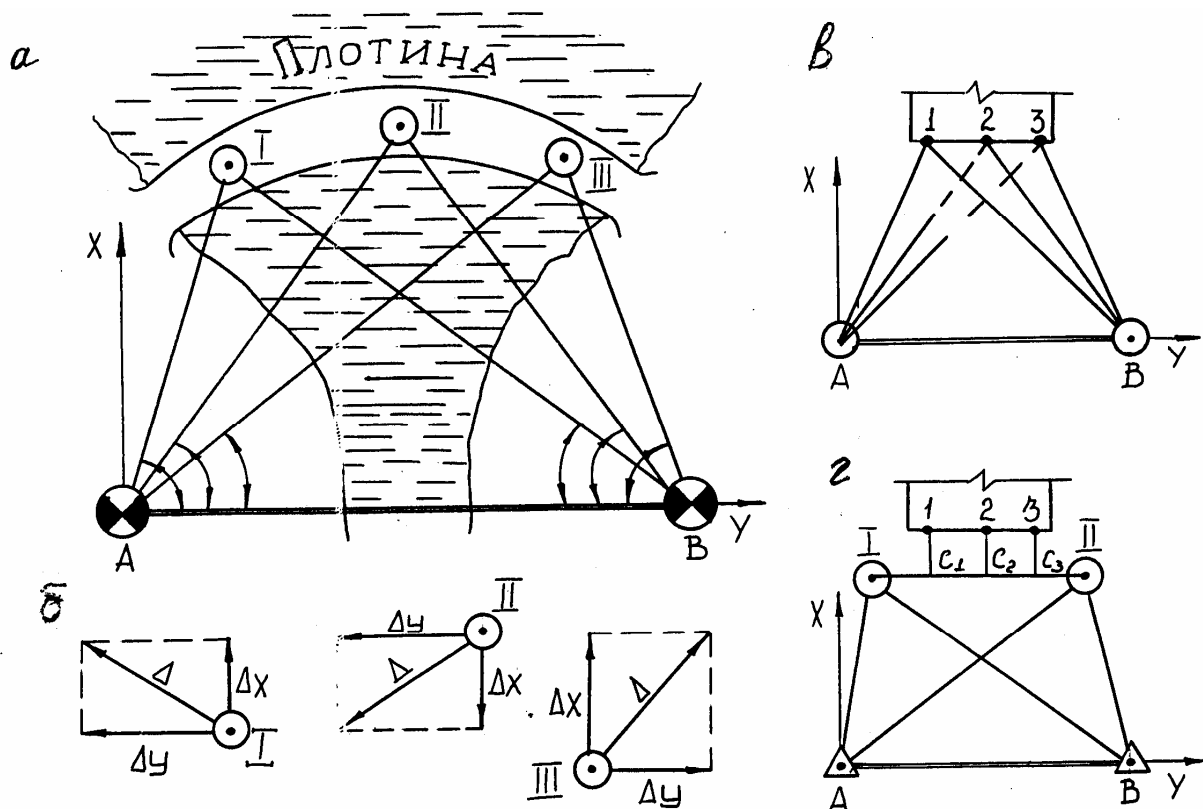


Рис.146. Схема наблюдений за горизонтальными смещениями:
 а – метод триангуляции; б – схема смещения наблюдательных столбов;
 в – метод отдельных направлений;
 г –комбинированный метод

В каждом цикле наблюдений относительно опорных пунктов A и B методом триангуляции (рис.146,а) определяют координаты наблюдательных столбов I, II, III, закрепленных на сооружении (например плотине). По разности координат вычисляют горизонтальное смещение столбов I, II, III по направлениям осей X и Y . Длину базиса AB измеряют с высокой точностью (например светодальномером).

Величину общего смещения вычисляют как диагональ прямоугольника (рис.146,б) со сторонами ΔX и ΔY , то есть $\Delta = \sqrt{\Delta x^2 + \Delta y^2}$.

При наблюдениях за смещением наблюдаемых точек методом отдельных направлений (рис. 146,в) выполняют повторные измерения горизонтальных углов в опорных пунктах A и B , а координаты точек 1, 2 и 3 вычисляют угловыми засечками.

При отклонении направлений A_1 и B_1 , A_2 и т.д. от здания до 8° ошибка в определении смещения не будет превышать 1:100 её значения.

Метод отдельных направлений применяют в тех случаях, когда на здании или сооружении невозможно закрепить створ. Этот метод не такой точный, как метод триангуляции, но он менее трудоёмок. Оба метода позволяют определять смещения точек по осям X и Y с высокой досто-

верностью, но по сравнению с методом створов они отличаются большим объемом измерений и их обработкой.

Если концевые точки створа включают в триангуляционную сеть, то применяют комбинированный метод наблюдения за смещениями (рис.146,г). Этот метод совмещает в себе надежность метода триангуляции и простоту створного метода. Каждый цикл створных наблюдений сопровождается определением координат концевых точек вспомогательного створа I–II и измерением отклонения C_1 , C_2 и C_3 от него наблюдаемых точек 1, 2 и 3.

Если смещения концевых точек створа по оси X не превышают погрешностей определения координат в триангуляции, то смещения наблюдаемых точек находят створным методом по формуле (111). В противном случае в результаты измерения отклонений наблюдаемых точек от створа вводят поправки.

При комбинированном методе наблюдений в сравнении с методом триангуляции уменьшается объем измерений, в сравнении со створным методом – выше достоверность результатов измерений за счет определения возможных смещений концевых точек вспомогательного створа.

Традиционные методы контроля смещения, например плотины, очень трудоёмки. Использование же лазерной автоматической системы (ЛАС) позволяет автоматизировать процесс измерений и обеспечить оперативность получения информации в текущий момент времени.

20.5. Измерение кренов зданий и сооружений

Крен зданий и сооружений измеряют несколькими способами: вертикального проецирования с использованием отвеса, теодолита или прибора оптического вертикального визирования; горизонтальных углов, угловых засечек.

Общая схема измерения крена (отклонения) способом вертикального проецирования состоит в перенесении по отвесной линии верхней точки B здания (рис.147,а) на исходную горизонтальную плоскость. Отклонение точки B' от исходной точки A здания характеризует линейную l и угловую α величины крена.

Самым простым способом проецирования является использование тяжёлого отвеса. Его закрепляют в точке B , а отклонения нити отвеса от исходной точки A здания измеряют миллиметровой линейкой в двух взаимно перпендикулярных плоскостях здания и вычисляют общую линейную величину крена по формуле

$$l = \sqrt{\Delta x^2 + \Delta y^2}. \quad (112)$$

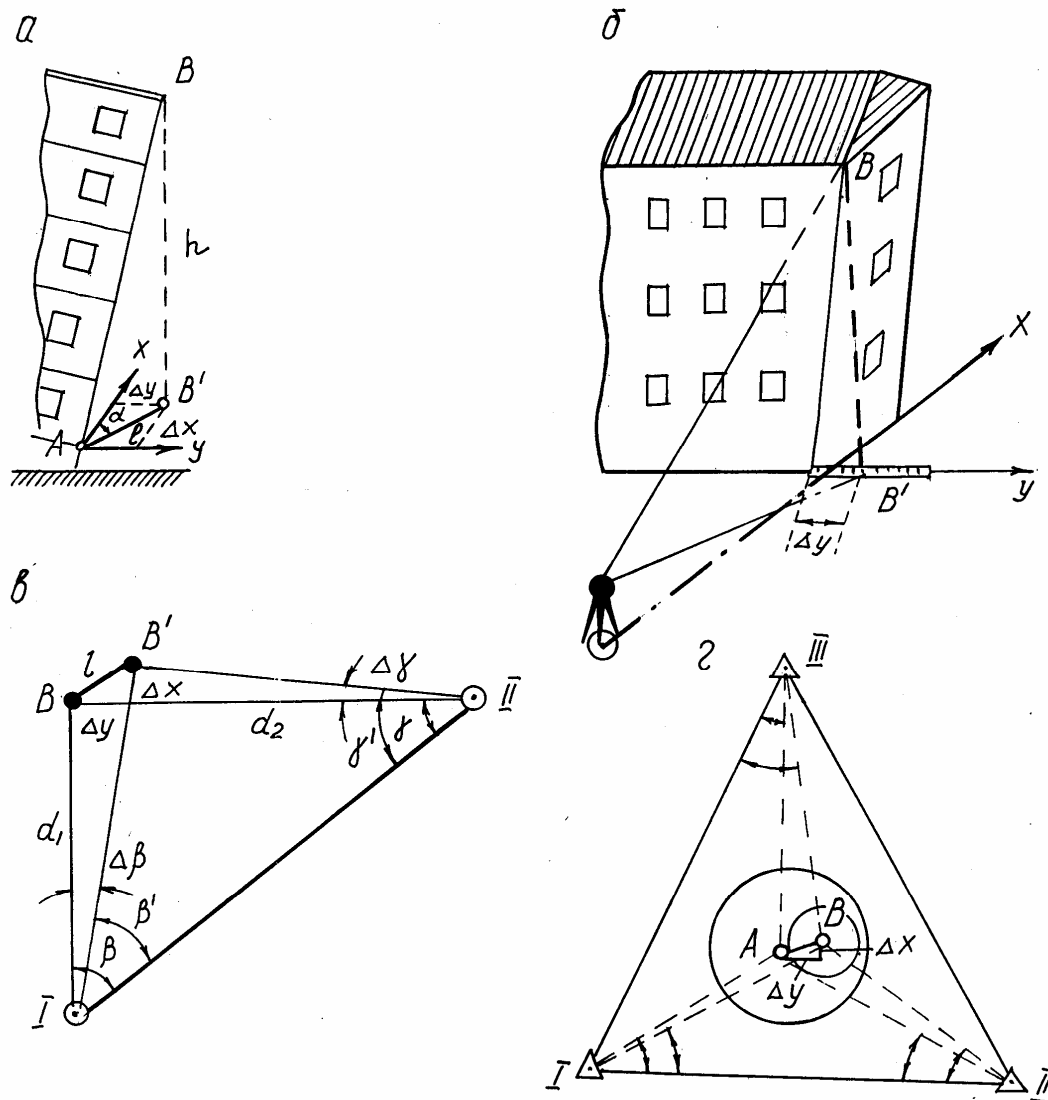


Рис.147. Схема измерения кренов зданий и сооружений:
 а – общий случай способа вертикального проецирования;
 б – с помощью теодолита; в – способом горизонтальных углов;
 г – способом угловых засечек

Относительную величину крена вычисляют по формуле

$$i = \frac{l}{h}, \quad (113)$$

где h – высота здания, м.

Угловую величину крена α , которая определяет его направление, вычисляют по формуле

$$\alpha = \arctg \frac{\Delta y}{\Delta x}. \quad (114)$$

В связи с неудобствами, связанными с закреплением отвеса в верхних точках, а также влиянием действия ветра на величину отклонения нити отвеса от вертикали, его используют при высоте зданий и сооружений до 15 м.

При большей высоте, а также для повышения точности измерения крена вертикальное проецирование верхних точек выполняют с помощью теодолита. Его устанавливают над постоянным знаком на продолжении стены здания примерно на расстоянии двойной его высоты. Выбирают в верхней части стены хорошо различаемую точку B (рис.147,б), наводят на неё зрительную трубу, которую затем опускают вниз. По вертикальной нити зрительной трубы на миллиметровой линейке берут отсчет, измеряя тем самым отклонение точки B' от исходной точки A на величину ΔY . Аналогично измеряют отклонение ΔX в другой вертикальной плоскости и вычисляют общую линейную l и угловую α величины крена по формулам (111) и (113).

Наблюдения за изменениями величины крена и его направлением выполняют периодическими измерениями с одних и тех же постоянных знаков.

При измерении кренов зданий и сооружений высотой до 100 м используют приборы оптического вертикального визирования, которые позволяют определять составляющие крена с точностью до 1 мм.

При измерении кренов способом горизонтальных углов (рис.147,в) с закрепленных постоянных знаков I–II высокоточным теодолитом периодически измеряют горизонтальные углы β и γ между опорными направлениями I–II, II–I (или другими постоянными точками на местности) и направлениями на наблюдаемую верхнюю точку здания B . По разности углов β и γ между циклами измерений вычисляют составляющие крена ΔX и ΔY по формулам:

$$\Delta X = \frac{d_1 \Delta \beta}{\rho''}; \quad \Delta Y = \frac{d_2 \Delta \gamma}{\rho''}, \quad (115)$$

где d_1 и d_2 – горизонтальные проложения от теодолита до наблюдаемой точки B ;

$$\Delta \beta = \beta - \beta'; \quad \Delta \gamma = \gamma - \gamma'.$$

Общий крен и его направление вычисляют по формулам (112) и (114).

При измерении крена способом угловых засечек (рис. 147,г) вокруг сооружения на расстоянии не менее одной и не более двух его высот закрепляют опорные пункты I, II и III, прокладывают полигонометрический ход и методом триангуляции вычисляют их координаты. С этих пунктов прямой угловой засечкой определяют координаты точек A и B по оси сооружения у его основания и на вершине (или только на вершине).

При измерении углов принимают во внимание, что ошибка в одну секунду создает погрешность в определении крена до 0,5 мм на каждые 100 м расстояния. Для определения направления на наблюдаемую точку около измеренных углов ставят букву «Л» или «П», обозначающую расположение точки A слева или справа относительно створа со станции на точку B .

По разности координат точек A и B (или одной точки B) в начальном и последующих циклах наблюдений вычисляют составляющие отклонения ΔX и ΔY за данный промежуток времени:

$$\Delta X = X_i - X_o; \quad \Delta Y = Y_i - Y_o. \quad (116)$$

Общие линейную l и угловую α величины крена определяют по формулам (112) и (113).

Способ угловой засечки в основном применяют при определении кренов сооружений башенного типа (дымовых труб, силосных башен, мачт и других вертикальных линий).

При наблюдениях за кренами зданий и сооружений предельная погрешность измерений составляет: для стен гражданских и промышленных зданий – $0,0001 h$; для дымовых труб, башен, мачт – $0,0005 h$, где h – высота здания или сооружения.

Для измерения крена колонн высотой до 5 м используют отвес, а для более высоких – теодолит (рис.148). Его устанавливают на двух взаимно перпендикулярных направлениях разбивочных осей колонны на расстоянии $1,5h$ её высоты. Наводят вертикальную нить зрительной трубы на верхнюю монтажную риску колонны A' . Проецируют её на миллиметровую линейку, горизонтально приложенную началом шкалы к нижней монтажной риску A , и устанавливают величину отклонения ΔY . Эту операцию повторяют при другом положении круга теодолита и находят среднее значение ΔY . Таким же образом устанавливают среднее значение ΔX с другой станции. Общую величину крена l и направление его (относительно оси A) определяют по формулам (112) и (114).

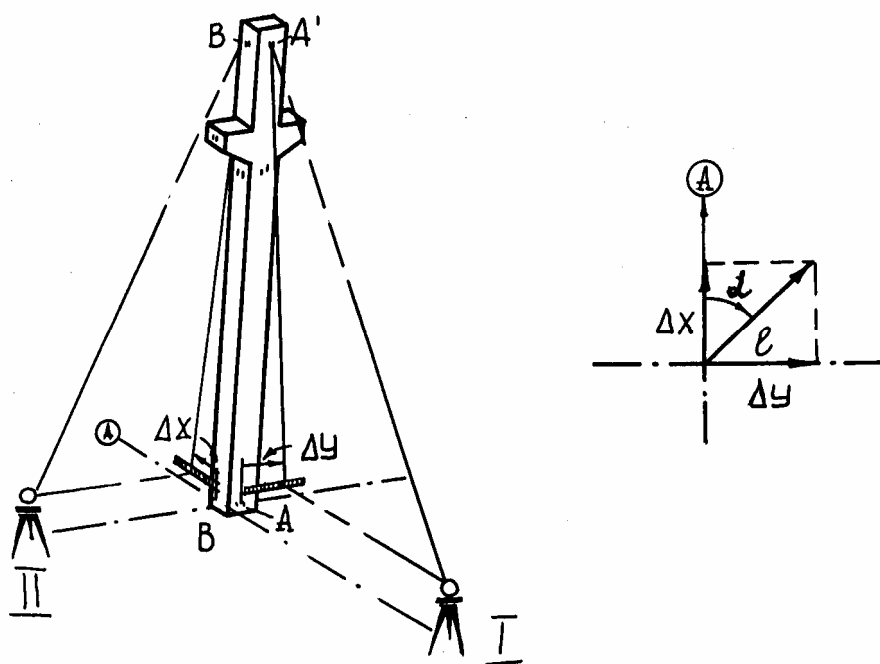


Рис.148. Схема измерения крена колонны

Контрольные вопросы

1. Для чего необходимо выполнять наблюдение за деформациями зданий и сооружений геодезическими методами?
2. Состав процесса наблюдения за деформациями на этапах подготовительной работы и непосредственного измерения.
3. Что включает в себя рабочая программа наблюдения за деформациями?
4. Порядок размещения и закрепления геодезических знаков для наблюдения за осадками.
5. Обоснование периодичности и точности геодезических измерений деформаций.
6. Какие методы геодезических измерений осадок вы знаете?
7. Сущность и содержание измерения осадки методом геометрического нивелирования.
8. Какими способами можно уменьшить влияние неравенства плеч при нивелировании осадочных марок?
9. Сущность наблюдения за трещинами и швами несущих конструкций.
10. В чем суть измерения осадки методом тригонометрического нивелирования?
11. Сущность наблюдения за горизонтальным смещением зданий створным методом.
12. Назовите способы измерения кренов зданий.
13. Порядок измерения крена здания способом вертикального проецирования.
14. Как измерить крен колонны?
15. Порядок измерения смещения здания фотограмметрическим методом.

21. Решение инженерно-геодезических задач на стройплощадке

21.1. Решение геодезических задач с помощью нивелира

Закрепление на местности проектной отметки. При производстве строительно-монтажных работ необходимость переноса отметок на местность, возникает при рытье котлованов, траншей, возведении монтажных горизонтов и т.д. Передача отметок осуществляется способами геометрического и тригонометрического нивелирования. Передача отметки осуществляется от точки с известной отметкой (репера).

Например: Известна абсолютная отметка репера $H_{Рп1}=110$ м. необходимо закрепить на местности проектную отметку точки A ($H_{Апр} = 111,100$ м).

а) Устанавливаем нивелир примерно посередине между репером и точкой A отметку, которой необходимо закрепить (рис.149).

б) Нивелир наводим на рейку, установленную на $Рп1$ и берем отсчет по черной стороне рейки, получаем отсчет $a = 1910$ мм.

в) Вычисляем проектный отсчет по черной стороне рейки для точки A по формуле

$$b = (H_{Рп1} + a) - H_A = ГП - H_A = (110,000 + 1,910) - 111,100 = 0,810 = 0810 \text{ мм.}$$

г) В точке A забиваем кол, устанавливаем на него рейку и постепенно забивая кол в землю, добиваемся того, чтобы средняя нить нивелира совпала с отсчетом $b = 0810$. Пятка рейки и верхний срез кола будут соответствовать проектной отметке.

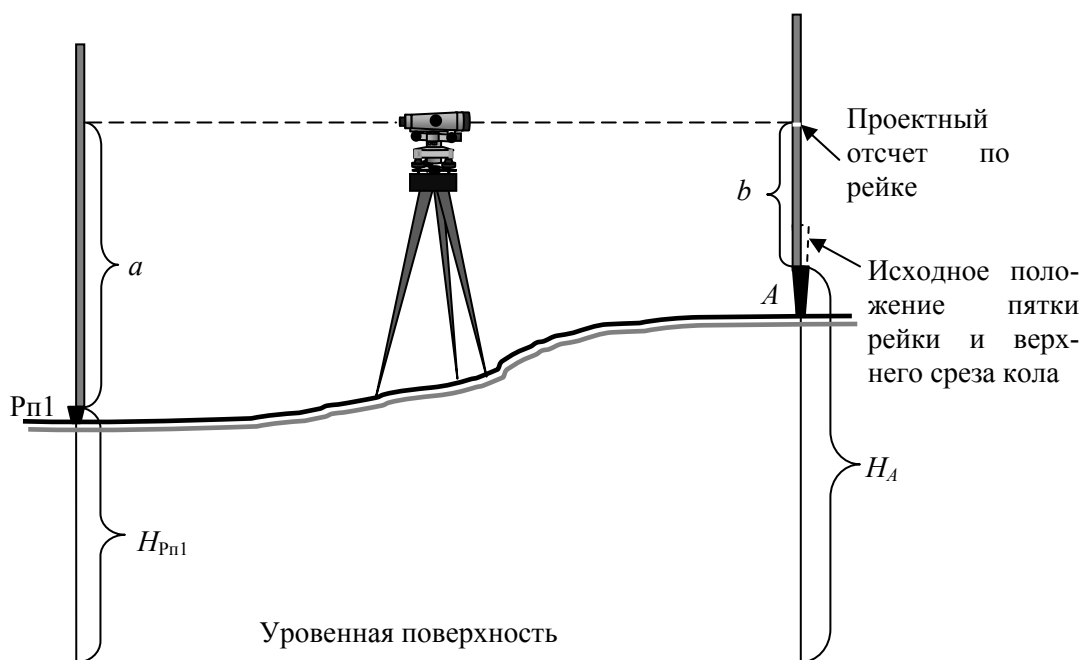


Рис.149. Построение точки с проектной отметкой

Аналогичным образом можно выносить проектную отметку на обноску или стену здания, закрепляя чертой пятку рейки.

Построение линии проектного уклона. Задача перенесения на местность линии и плоскости с заданным уклоном возникает при строительстве линейных сооружений, а также аэродромов, городских площадей и др.

Например: требуется разбить линию $R_{п1}-B$ с уклоном $i = 0,018$. Горизонтальное проложение $d = 60$ метров. Абсолютная отметка $R_{п1}$ равна $H_{R_{п1}} = 110,000$ м. Находим отметку точки B по формуле:

$$H_B = H_{R_{п1}} + i \cdot d = 110,000 + (0,018 \cdot 60) = 111,080 \text{ м.}$$

В точке B забивается кол, как это показано в предыдущей задаче и закрепляется отметка H_B . Интервал $R_{п1}-B$ разбивается на равные отрезки (например: по 10 метров). Если превышение не велико, то положение промежуточных точек находится с помощью наклонного луча нивелира, в противном случае используется теодолит.

Нивелир устанавливается так, чтобы один из подъемных винтов располагался на линии $R_{п1}-B$, а линия соединяющая два других винта была бы перпендикулярна ей (рис.150). Определяется высота прибора (рис. 151,а). Рейка устанавливается на верхний срез кола, который соответствует отметке $H_B = 111,080$ м.

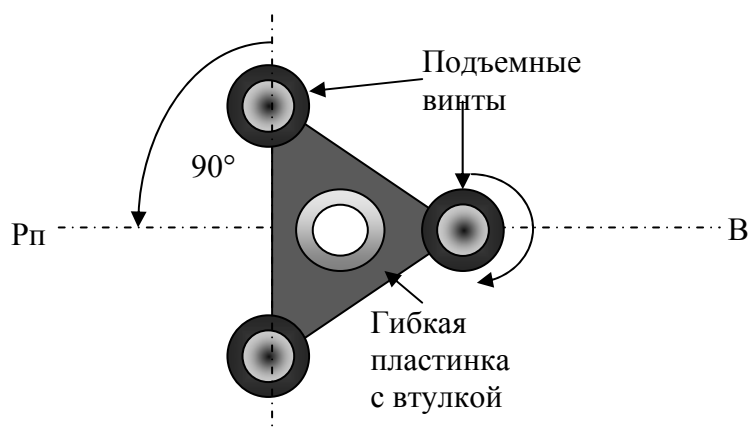


Рис. 150. Схема установки нивелира, для получения наклонного луча визирования

Подъемным винтом нивелира, расположенном на оси $R_{п1}-B$ (рис.150), наводим среднюю нить нивелира на отсчет равный высоте прибора.

Далее рейка переносится на колья, установленные на 10 метровых отрезках линии. Постепенно забивая колья в землю, добиваемся того, чтобы на каждой рейке средняя нить нивелира совпадала с отсчетом равным высоте прибора (рис.151,а). Линия, соединяющая верхние срезы колея и будет линией с заданным уклоном.

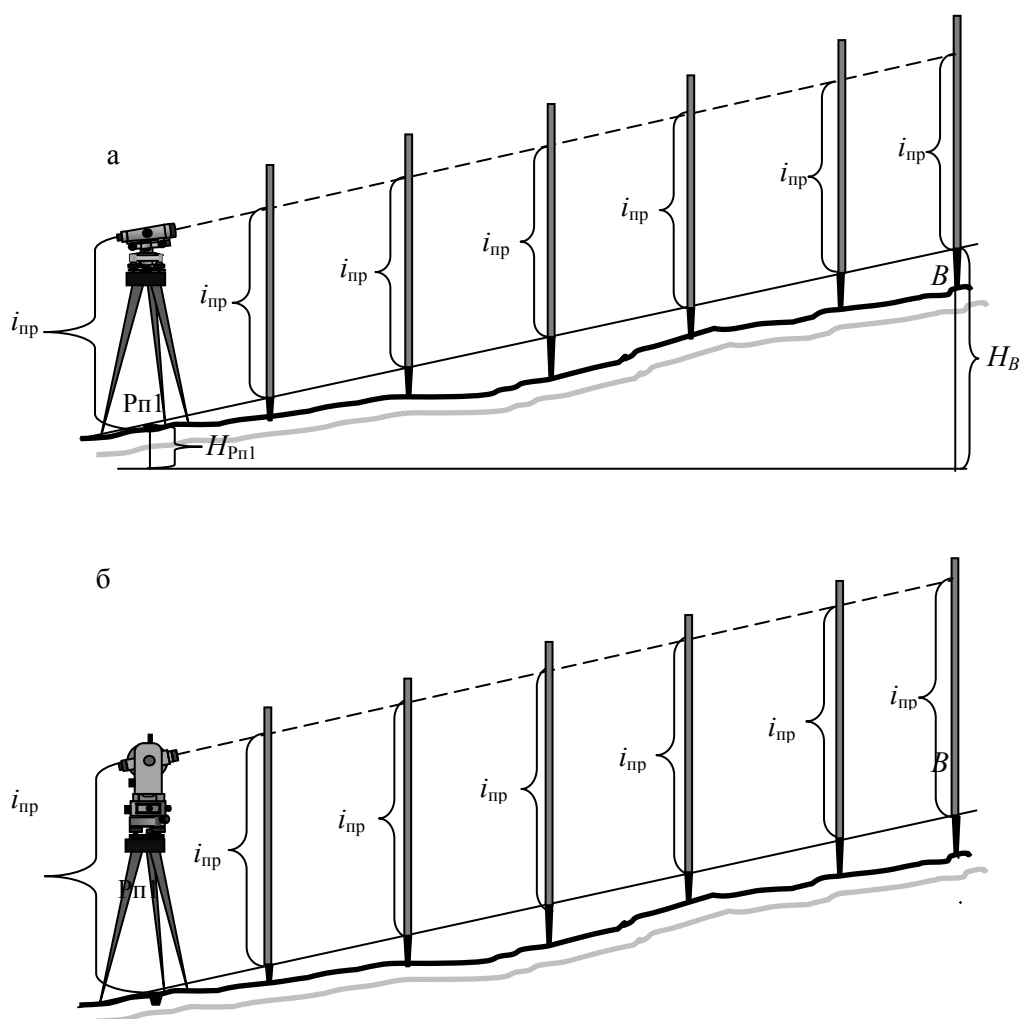


Рис. 151. Схема построения линии с заданным уклоном с помощью: а – нивелира; б – теодолита

Построение линии с заданным уклоном, с помощью теодолита отличается от нивелира, тем как определяется отметка точки В. Теодолит устанавливается на точку P_{п1}, измеряется высота прибора (рис.151,б). По заданному уклону по формулам: $i = \text{tg } \gamma$; $\gamma = \arctan i$ определяем угол наклона γ .

Например: $i = 0.018$ тогда $\gamma = 1^\circ 02'$.

Отложив по вертикальному кругу теодолита, при КЛ, угол равный $1^\circ 02'$, получают направление линии с заданным уклоном. Необходимым условием измерения является то, чтобы $MO = 0$. В точке В забиваем кол, на него устанавливаем рейку и постепенно погружая кол в землю добиваемся того, чтобы отсчет по рейке был равен высоте прибора. Тогда основание рейки и верхний срез кола будут фиксировать конечную точку линии уклона. Далее рейка переносится на колья, установленные на промежуточных точках. Определение отметок по рейкам производится аналогично тому, как это делалось с помощью нивелира.

Построение на местности горизонтальной плоскости. Для закрепления на местности горизонтальной плоскости, разбивают сетку квадратов,

вершины которых закрепляют кольшками. На одну из вершин квадратов устанавливают нивелир. Измеряют высоту прибора. Рейки поочередно устанавливаются на кольшки, которыми отмечены вершины квадратов. Нивелир наводится на черную сторону рейки, постепенно забиваем кол в землю, и добиваемся, чтобы отсчет по рейке был равен высоте прибора. Верхние срезы кольев и пятки рейки будут соответствовать горизонтальной плоскости (рис.152).

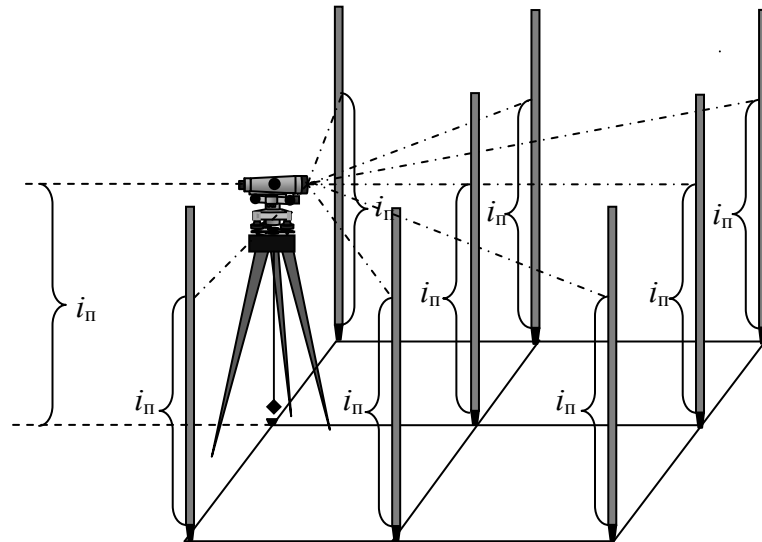


Рис.152. Построение на местности горизонтальной плоскости

Несколько сложнее эта задача решается, когда необходимо построить горизонтальную площадку с заданной для нее отметкой. В этом случае нивелир устанавливают между точкой с известной отметкой (репером) и сеткой квадратов (рис.153).

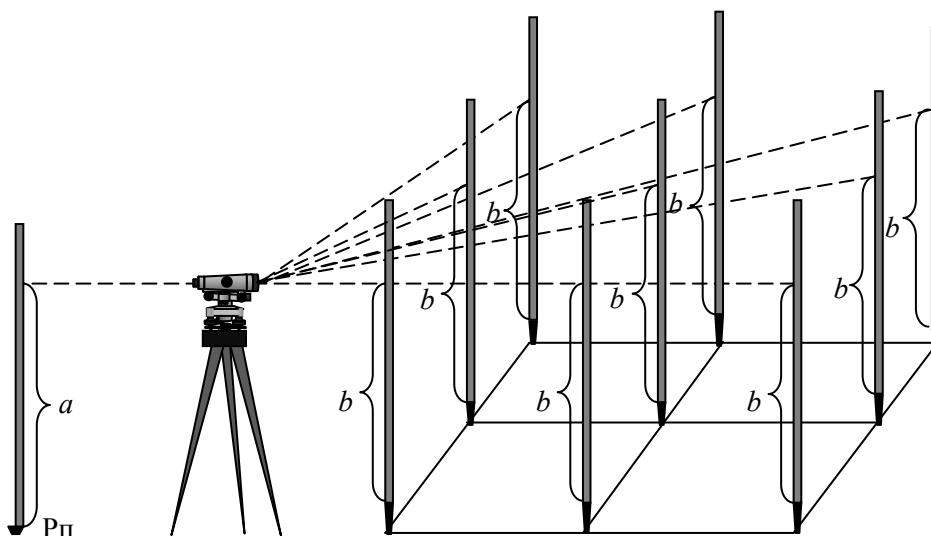


Рис. 153. Построение на местности горизонтальной плоскости

На репер устанавливается рейка и берется отсчет по ее черной стороне, получаем отсчет a . Вычисляется отсчет b по формуле: $b = H_{\text{пр}} + a - H_{\text{рп}}$, где $H_{\text{пр}}$ – проектная отметка горизонтальной плоскости; $H_{\text{рп}}$ – отметка репера. Нивелир наводится на точки, установленные на вершинах квадратов (рис.153). Постепенно погружая колья в землю, добиваемся того чтобы средняя нить нивелира совпала с отсчетом b . Тогда основание рейки на каждой точке и верхний срез кола будут соответствовать проектной отметке. Способ построения на местности горизонтальной площадки, удобно применять, для заливки сплошного фундамента небольших построек.

Построение проектной наклонной плоскости. Построение наклонной плоскости необходимо при планировке и разбивке площадок под строительство объектов. Наклонную плоскость разбивают либо отдельными прямыми параллельными линиями либо с одной станции. Разбивка осуществляется нивелиром, ось визирования которого приведена подъемными винтами в положение, параллельное проектной плоскости. Предварительно разбивается площадка, состоящая из сетки квадратов (рис.154). Например: на рисунке 38 приведена сетка, состоящая из четырех квадратов с длиной стороны каждого 20 метров. Необходимо построить наклонную плоскость с уклоном 0.01.

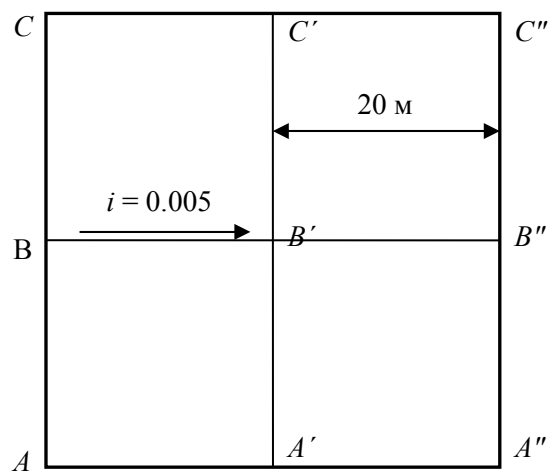


Рис. 154. Схема разбивки площадки с заданным уклоном

Из точки C или A строят горизонтальную линию, то есть отметки на точках по линии $A - C$ должны быть одинаковы.

Для этого замеряем высоту прибора $i_{\text{п}}$. Например: $i_{\text{п}} = 1,30\text{м}$.

Нивелир наводим на рейки, установленные на точках A и C , рейки устанавливаются на колья.

Постепенно погружая кол в землю, добиваемся того, чтобы отсчет по черной стороне рейки был равен высоте прибора.

Устанавливаем нивелир над точкой B , и наводим его на рейку, установленную на точке B'' (см. рис. 154). Предварительно закрепляем проектную отметку

точки B'' . Рейка устанавливается на кольшек, верхний срез которого равен проектной отметке.

Нивелир устанавливается так, чтобы один из подъемных винтов располагался на линии $B-B''$, а линия $A-C$ проходила через два других винта и была бы перпендикулярна первой линии (рис.155).

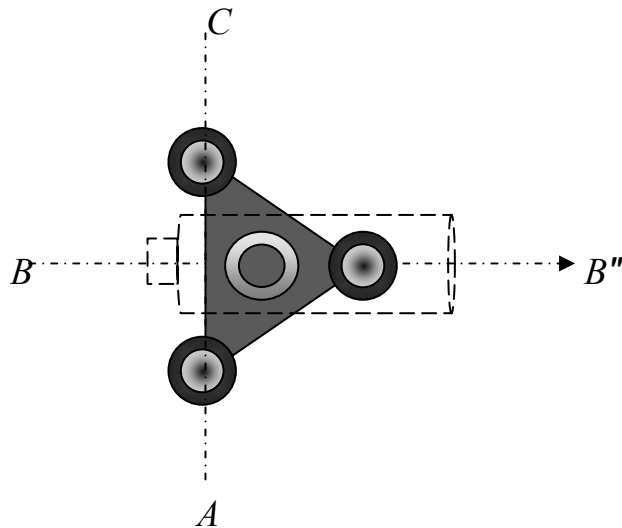


Рис. 155. Схема установки нивелира, для получения наклонного луча визирования, при нивелировании наклонной площадки

Подъемным винтом нивелира, расположенным по линии $B-B''$ наводим среднюю нить сетки на отсчет равный высоте прибора.

Данная линия и будет равна проектной линии с уклоном $0,01$, через которую проходит проектная плоскость.

Нивелир переводится на рейки, установленные на кольшках в точках A'' , C'' , A' , B' , C' , и погружая кольшки в землю, добиваемся того, чтобы средняя нить нивелира совпала с отсчетом равным высоте прибора.

Плоскость Q проведенная через эти отсчеты и будет проектной плоскостью с уклоном 0.01 (рис.156).

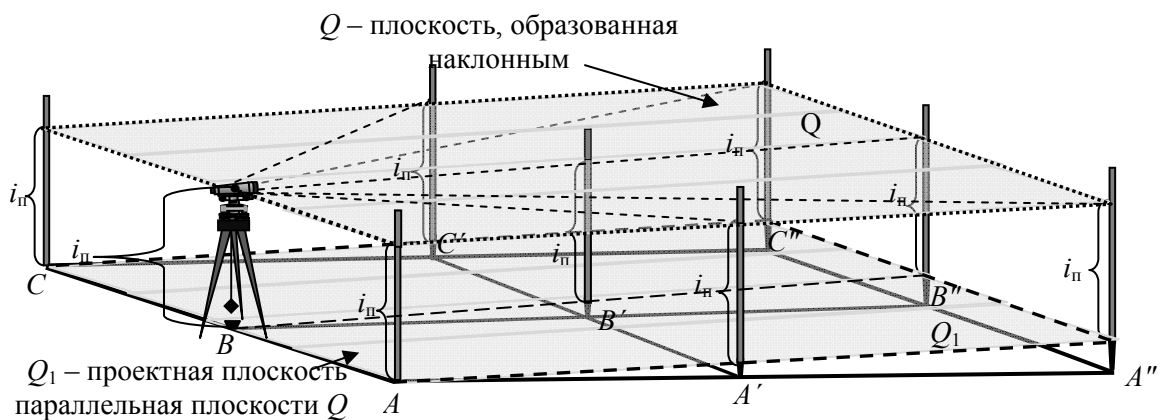


Рис.156. Схема построение проектной наклонной плоскости при помощи наклонного луча визирования нивелира

Плоскость Q_1 проведенная через верхние срезы колец будет параллельна плоскости Q , и также иметь уклон равный 0,01 (мс. рис.156).

Передача отметки на дно глубокого котлована и на монтажный горизонт здания. Передача отметки на дно глубокого котлована и на монтажный горизонт здания осуществляется с помощью двух нивелиров, реек и рулетки, подвешенной на кронштейне. В обоих случаях на конец рулетки привязывается тяжелый груз (5-10 кг), который фиксируется в ведре с водой или опилками.

Например необходимо определить отметку точки A , расположенной на дне котлована. Первый нивелир устанавливается между репером и рулеткой, подвешенной к кронштейну, а второй на дне котлована между рулеткой и точкой A . Первая рейка устанавливается на репер и по ней с нивелира, расположенного на поверхности берется отсчет a . Отсчет берется по черной стороне рейки. Далее оба нивелира наводятся на рулетку и берутся отсчеты b и c . Нивелир расположенный на дне котлована наводится на рейку установленную на точке A и по черной стороне рейки берется отсчет d (рис.157). Далее оба нивелира наводятся на рулетку и берутся отсчеты b и c . Нивелир расположенный на дне котлована наводится на рейку установленную на точке A и по черной стороне рейки берется отсчет d (рис.157).

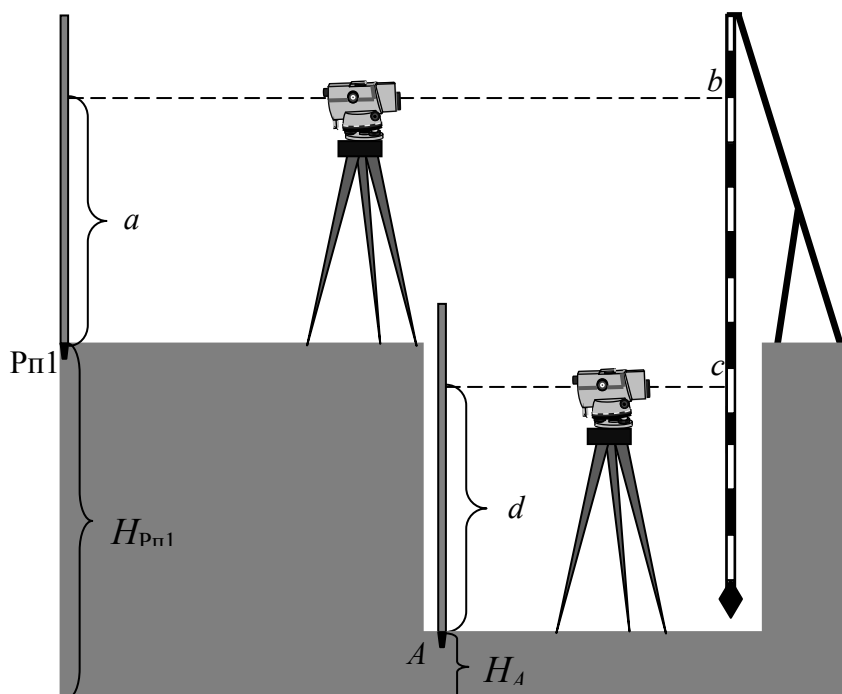


Рис. 157. Схема передачи отметки на дно глубокого котлована

Отметка точки A определяется по формуле:

$$H_A = H_{\text{Рп}} + a - (b - c) - d,$$

где H_A – абсолютная отметка точки A ;

$H_{\text{Рп}}$ – абсолютная отметка репера;

a – отсчет по рейке установленной на репере;

d – отсчет по рейке установленной на точке A , b и c отсчеты по рулетке.

Передача отметки на монтажный горизонт здания или на любую часть высокого сооружения осуществляется также с помощью двух нивелиров, реек и рулетки подвешенной к кронштейну или любой высокой части здания (рис.158).

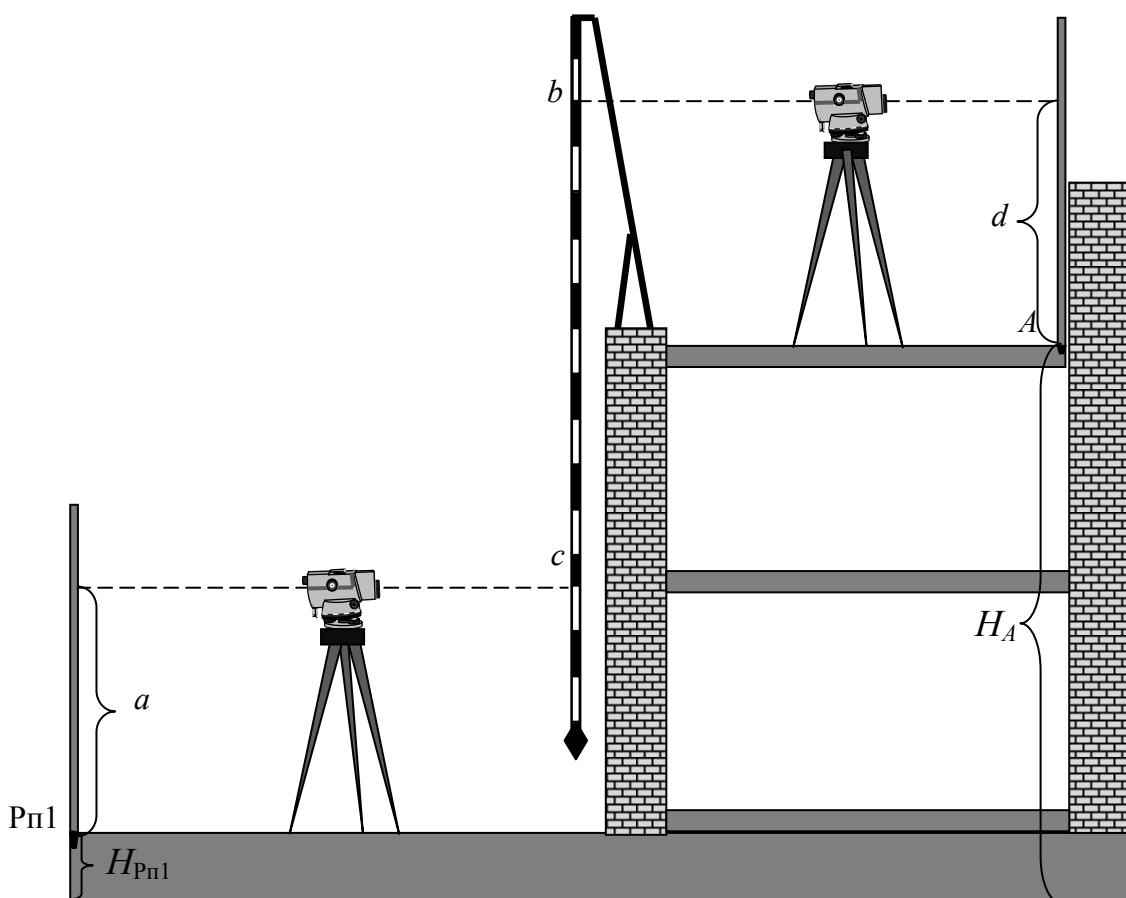


Рис. 158. Схема передачи отметки на монтажный горизонт

Первый нивелир устанавливается на поверхности земли между репером и подвешенной на кронштейн рулеткой. Второй нивелир устанавливается на поверхности монтажного горизонта, между рулеткой и точкой, отметку которой необходимо определить.

Нивелир, расположенный на поверхности земли наводится на рейку, установленную на репере, и берется отсчет a , по черной стороне рейки. Затем оба нивелира наводятся на рулетку и берутся отсчеты b и c . Нивелир,

установленный на монтажном горизонте наводится на рейку, стоящую на точке A и берется отсчет d по черной стороне рейки (см. рис.158).

Отметка точки A определяется по формуле:

$$H_A = H_{\text{рп}} + a + (b - c) - d.$$

21.2. Решение геодезических задач с помощью теодолита

Определение высоты сооружения с помощью теодолита. При строительных работах часто возникает необходимость замера высоты сооружений, когда измерение с помощью обычных методов, недоступно или нецелесообразно. В этом случае измерение высоты сооружений производится с помощью теодолита. Теодолит устанавливается на удалении от измеряемого сооружения, равному 1,5–2 значению от его высоты (точка A). Наводится на верхнюю точку сооружения (B) и берется отсчет КЛ1 по вертикальному кругу (рис.159).

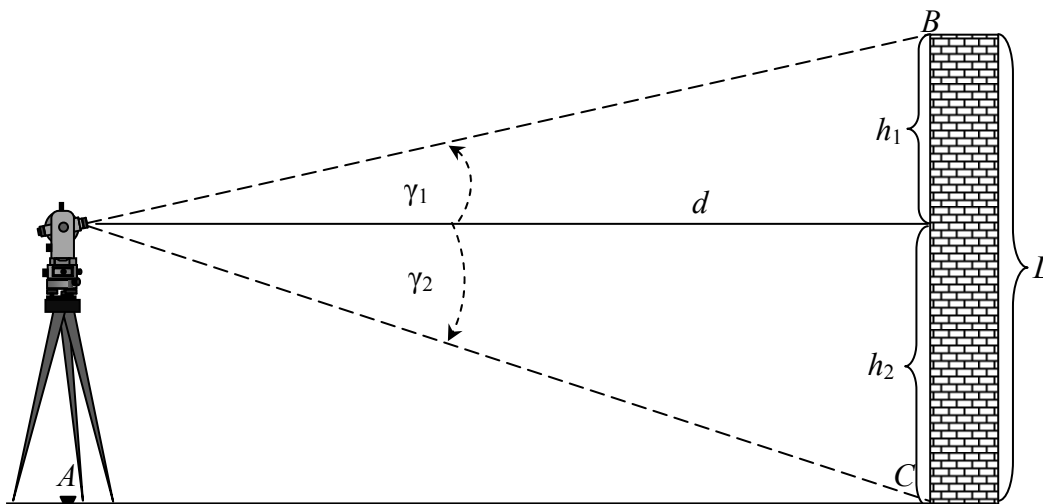


Рис. 159. Схема определения высоты здания. Горизонтальная поверхность

Затем труба теодолита наводится на точку расположенную у основания здания (точка C) и берется отсчет КЛ2. Переводим трубу теодолита через зенит и берем отсчеты на точки B и C при КП. Значения вертикальных углов γ_1 и γ_2 , вычисляем по формуле

$$\gamma = (\text{КЛ} - \text{КП}) / 2.$$

С помощью рулетки или дальномера (в этом случае рейка устанавливается у стены сооружения) определяем расстояние от точки A до сооружения. Так как в данном варианте мы рассматриваем горизонтальную поверхность, на которой стоит сооружение, то дальномерное расстояние D

будет равно горизонтальному проложению d , т.е. $d = D$. Высоту сооружения L определяем по формуле

$$L = h_1 + h_2 = d \cdot \operatorname{tg} \gamma_1 + d \cdot \operatorname{tg} \gamma_2 = d \cdot (\operatorname{tg} \gamma_1 + \operatorname{tg} \gamma_2).$$

В том случае, когда поверхность, на которой стоит сооружение, имеет угол наклона более 2° , измерения производятся в следующей последовательности (рис.160).

а) Определяется высота прибора $i_{\text{п}}$. На рейке делается отметка равная высоте прибора. Рейка устанавливается у стены сооружения, высота которого измеряется. Теодолит наводится на отметку на рейке, равную высоте прибора и определяется расстояние по дальномеру.

б) Берется отсчет по вертикальному кругу при КЛ и КП и определяется угол наклона γ . Горизонтальное проложение d определяется по формуле

$$d = D \cdot \cos \gamma,$$

где D – дальномерное расстояние.

в) Теодолит наводится на верхнюю точку сооружения (B) и берется отсчет КЛ1 по вертикальному кругу.

г) Труба теодолита наводится на точку расположенную у основания здания (точка C) и берется отсчет КЛ2.

д) Переводим трубу теодолита через зенит и берем отсчеты на точки B и C при КП.

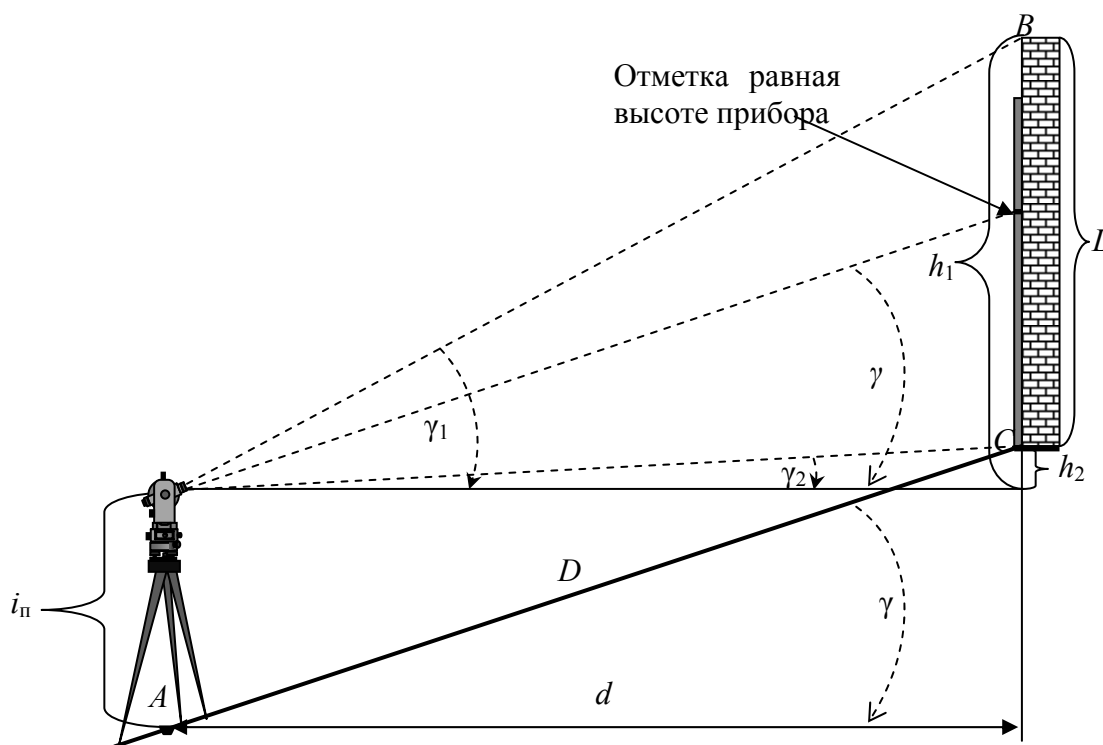


Рис. 160. Схема определения высоты здания. Наклонная поверхность

е) Вертикальные углы рассчитываем по той же формуле, как в варианте с горизонтальной поверхностью.

ж) Высота сооружения определяется по формуле

$$L = h_1 - h_2 = d \cdot \operatorname{tg} \gamma_1 - d \cdot \operatorname{tg} \gamma_2 = d \cdot (\operatorname{tg} \gamma_1 - \operatorname{tg} \gamma_2).$$

Определение недоступных расстояний. Необходимость решения этой задачи, возникает в тех случаях, когда определяемое расстояние невозможно измерить другими способами, или его измерение требует больших временных затрат.

Например: необходимо определить расстояние от точки A до точки B , расположенной на другой стороне реки (рис.161). Для решения этой задачи разбивается треугольник ABC (желательно, чтобы треугольник был равно-сторонним). Тщательно измеряется длина базиса AC (в прямом и обратном направлениях). Теодолитом измеряются углы β_1 и β_2 . Определяется угол β_3 по формуле: $\beta_3 = 180^\circ - (\beta_1 + \beta_2)$, так как сумма углов треугольника должна быть равна 180° . Расстояние AB находят по теореме синусов:

$$d_{AB} = (d_{AC} \sin \beta_1) / \sin \beta_3.$$

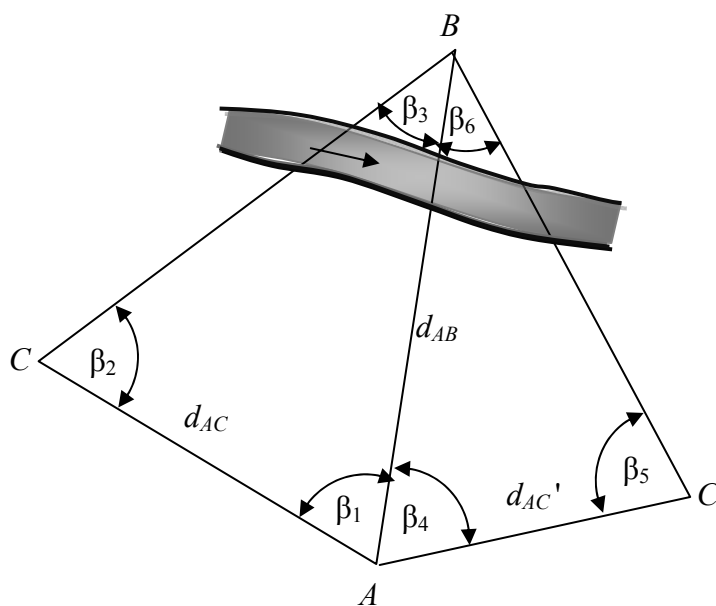


Рис. 161. Определение недоступного расстояния

Для контроля измерений определяют расстояние AB , разбивая второй базис AC' (см. рис.161). Из треугольника ABC' , вычисляют длину линии AB (d'_{AB}) по формуле: $d'_{AB} = (d_{AC'} \sin \beta_5) / \sin \beta_6$. Если базисы d_{AB} и d'_{AB} измерены с точностью $1/2000$, то предельное расхождение между ними, полученное из двух треугольников, не должно быть более $1/2000$ его средней длины. За окончательное значение принимается среднее из двух результатов.

Определение крена колонны. Крен колонны определяется с помощью теодолита и линейки (или рейки), имеющей миллиметровые деления.

Теодолит устанавливается на двух взаимно перпендикулярных направлениях, обычно на строительных осях.

Линейку приставляют горизонтально к нижней осевой метке (риске). Установив теодолит на станции I, наводят его на верхнюю риску и при закрепленном горизонтальном круге (при двух положениях круга), проецируют верхнюю отметку на уровень нижней (рис.162), т.е. на шкалу линейки и берут по ней отсчеты q_1 и q_2 .

Средний отсчет равен: $q_{1cp} = (q_1 + q_2)/2$.

Таким же образом со станции II определяем значение q_{2cp} .

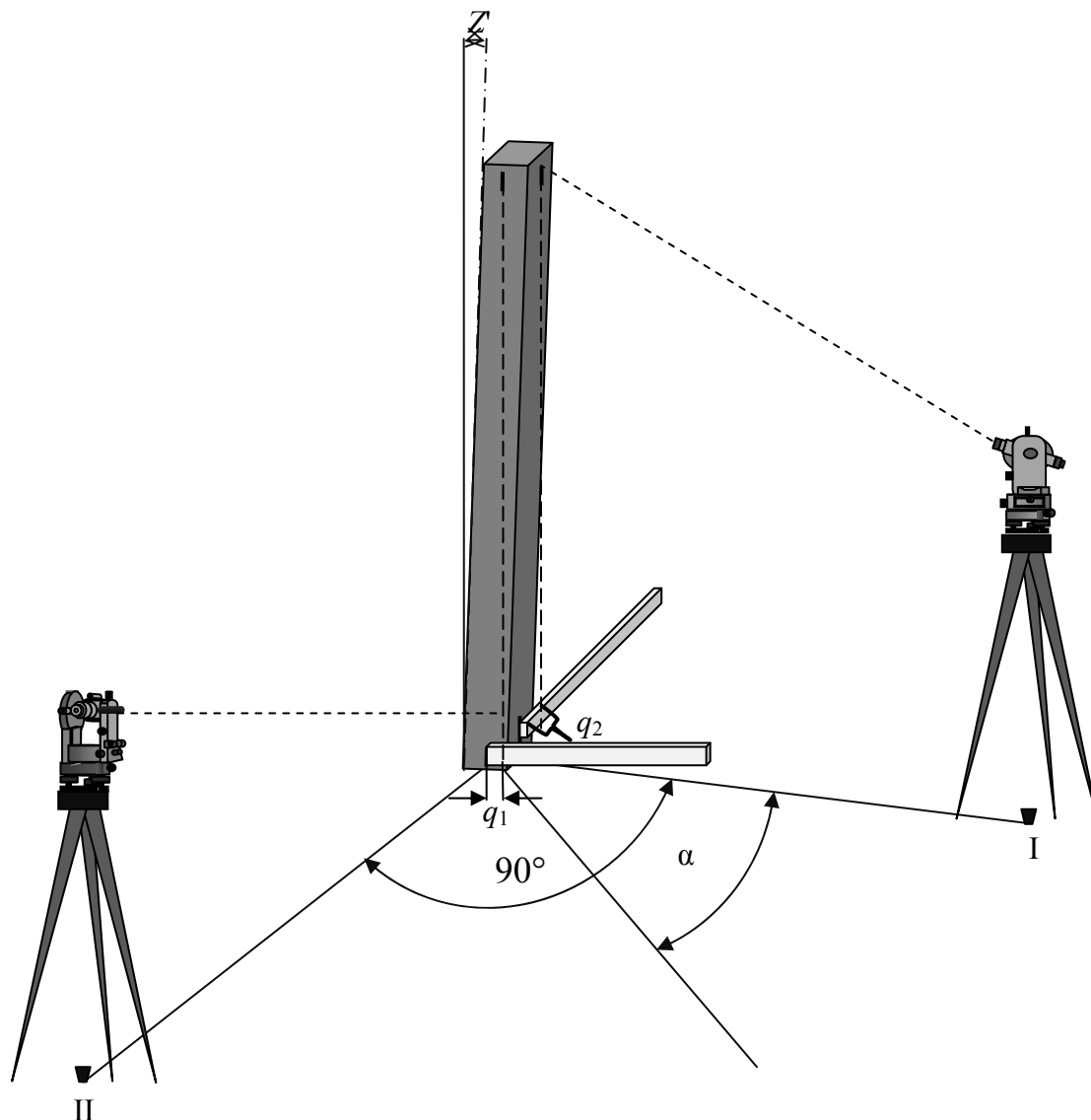


Рис. 162. Схема определения крена колонны

Переносим теодолит на станцию II, тщательно центрируем и наводим его на верхнюю метку (риску). Повторяем все действия, которые выполнялись со станции I.

$$q_{2cp} = (q_1 + q_2)/2.$$

Суммарную горизонтальную составляющую крена, учитывая перпендикулярность q_{cp1} и q_{cp2} , вычисляем по теореме Пифагора:

$$q = \sqrt{q_{cp1}^2 + q_{cp2}^2}.$$

Направление крена получаем из выражения:

$$\operatorname{tg}\alpha = q_{cp1} / q_{cp2},$$

где α – горизонтальный угол, отсчитываемый по часовой стрелке от направления визирования с первой станции.

Угол z' в минутах, составляемый осью колонны с вертикальной линией, находим из формулы:

$$z' = (q / h) \cdot p,$$

где $p = 3438'$ – один радиан в минутах.

Если на колонне нет разметки, то вместо меток для определения крена используют ее ребра или грани, параллельные оси. Установка колонн более 5 метров в вертикальное положение, производится с использованием двух теодолитов, установленных на взаимно перпендикулярных осях в точках I и II. Наводят теодолит на нижнюю риску, поднимая трубу, проецируют ее на риску расположенную сверху колонны. При несовпадении вертикальной нити сетки нитей с верхней осевой меткой (риской), колонну наклоняют до совмещения верхних рисок с вертикальной нитью каждого теодолита. После этого повторяют операцию при втором положении вертикального круга, давая при необходимости дополнительный крен на колонне. После закрепления колонны, производят контроль ее вертикальности, как было показано в данной задаче.

Определение прямолинейности и вертикальности ряда колонн. Выверку прямолинейности ряда колонн можно выполнить способом бокового нивелирования. В этом случае, параллельно оси колонн, на расстоянии ($a = 0,8-1,5$ метра) устанавливают теодолит (рис.163). Тщательно его центрируют. На последней колонне устанавливают линейку (рейку) и наводят теодолит на отсчет равный a . Рейка, пяткой приставляется к риске, расположенной на оси колонны в нижней ее части.

Далее рейка переносится на последующие колонны, приставляется пяткой к рискам расположенным на их осях и берутся отсчеты по рейке a_1, a_2, a_3 . О точности установки колонны судят по отклонению отсчетов Δa , сделанных по рейке, прикладываемой к осевой риске в нижней части колонны, от расстояния (a) визирной плоскости теодолита до разбивочной оси колонн.

Например: по рейке установленной на второй колонне отсчет $a_1 = 1,47$ м, $\Delta a_1 = a - a_1 = 1,5 - 1,47 = 0,03$ м., т.е. отклонение Δa_1 на измеряемой колон-

не равно 0,03 м = 3 см. Отсчеты берутся при двух положения вертикального круга, вычисляя каждый раз среднее из двух отсчетов.

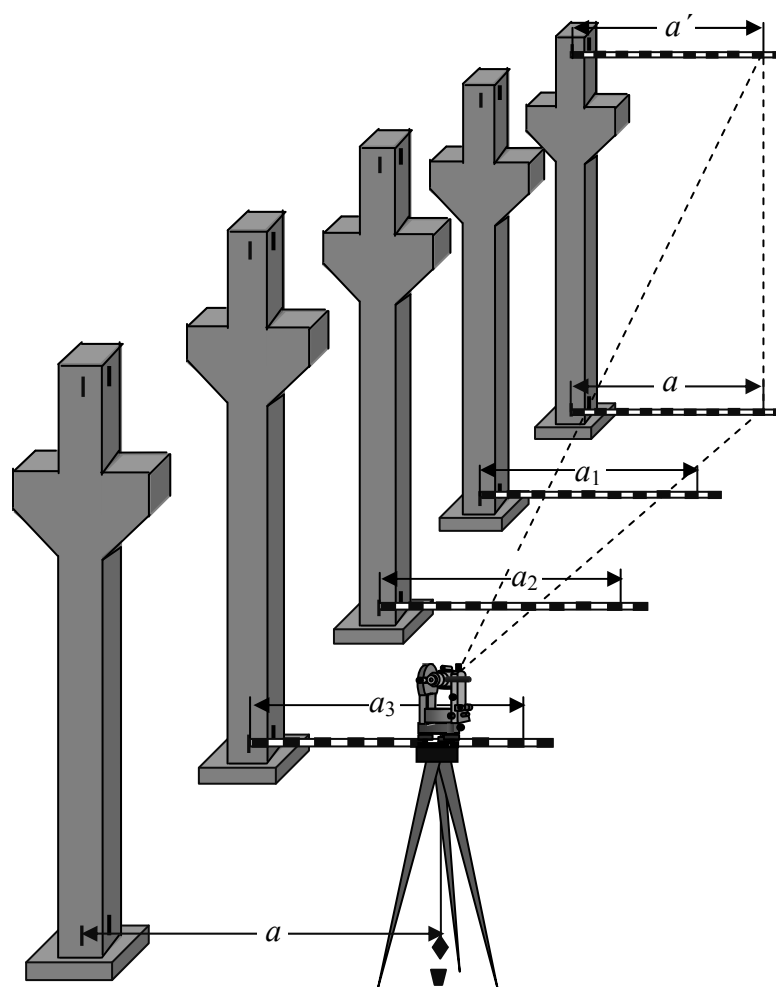


Рис.163. Схема определения прямолинейности и вертикальности ряда колонн

Допустимое смещение осей колонн в нижнем сечении относительно разбивочных осей, 5 миллиметров. Следовательно, смещение второй колонны недопустимо и положение ее надо исправлять. Для достижения такой точности, проверка правильности установления колонн в плановое положение, производится теодолитом повышенной точности.

Помимо определения прямолинейности колонн, этим способом можно определять прямолинейность других сооружений (прямолинейность фонарных столбов, стоек заборов и т.д.). В отличие от установки колонн, такие работы требуют технической точности.

Способом бокового нивелирования можно выполнять и выверку вертикальности ряда колонн. Эти работы проводятся одновременно или после установки прямолинейности ряда колонн. Визирная ось теодолита ориентируется на точку рейки с отсчетом a (см. рис. 163), пятка которой

приложена к нижней риску колонны. Рейка прикладывается к верхней риску колонны и перемещая трубу теодолита в вертикальной плоскости, теодолит наводится на верхнюю рейку. По верхней рейке получаем отсчет a' . Если отсчет $a = a'$, то колонна находится в вертикальном положении. Отсчеты берутся при двух положениях вертикального круга, вычисляя каждый раз среднее из двух отсчетов. Разность полученных отсчетов между a и a' ($\Delta a = a - a'$) дает отклонение колонны от вертикали. С помощью полученных разностей выполняют рихтовку колонны для приведения ее в вертикальное положение. Аналогичные определения могут быть выполнены по рядам колонн перпендикулярного направления. Если отклонение колонн от вертикальной плоскости не превышает установленного допуска, то колонны окончательно закрепляют.

Недостатком способа бокового нивелирования для определения вертикальности колонн является необходимость прикладывания рейки к верхней части колонн, что не всегда соответствует требованиям техники безопасности.

После окончательного закрепления колонн определяют способом геометрического нивелирования от ближайшего репера отметки горизонтальных рисок, относительно которых по известным расстояниям вычисляют отметки консолей и верхних площадок колонн.

Измерение кренов зданий, сооружений с помощью теодолита. При большей высоте здания, а также для повышения точности измерения крена, вертикальное проецирование верхних точек выполняют с помощью теодолита. Его устанавливают над постоянным знаком на продолжении стены здания примерно на расстоянии двойной его высоты. Выбирают в верхней части стены хорошо различаемую точку B (рис.164), наводят на неё зрительную трубу, которую затем опускают вниз. По вертикальной нити зрительной трубы на миллиметровой линейке берут отсчет, измеряя тем самым отклонение точки B' от исходной точки B на величину ΔY .

Аналогично измеряют отклонение ΔX в другой вертикальной плоскости и вычисляют общую линейную величину крена l :

$$l = \sqrt{\Delta X^2 + \Delta Y^2}.$$

Относительную величину крена вычисляют по формуле

$$i = l / h,$$

где h – высота здания, м.

Угловую величину крена α , которая определяет его направление, вычисляют по формуле

$$\alpha = \text{arctg} (\Delta X / \Delta Y).$$

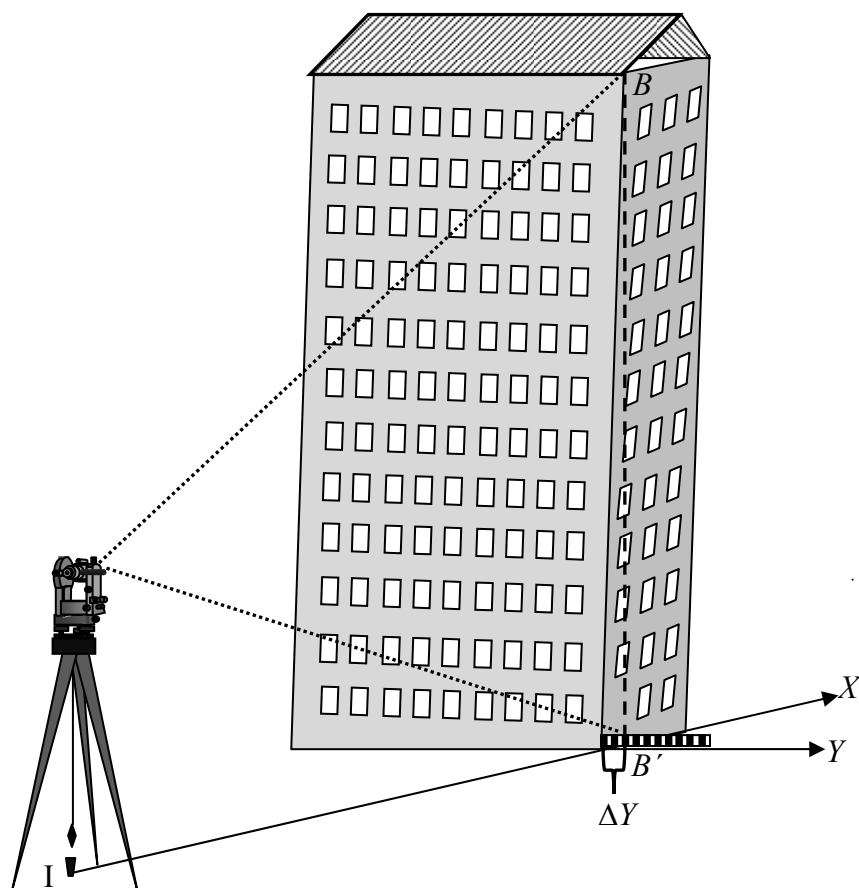


Рис.164. Схема измерения кренов зданий и сооружений с помощью теодолита

Наблюдения за изменениями величины крена и его направлением выполняют периодическими измерениями с одних и тех же постоянных знаков. При измерении кренов зданий и сооружений высотой до 100 м используют приборы оптического вертикального визирования, которые позволяют определять составляющие крена с точностью до 1 мм.

Определение крена дымовой трубы. Определение крена сооружений цилиндрической и конической форм типа силосных башен, дымовых труб может производиться аналогично определению крена колонны. Но в отличие от колонны на сооружениях конической и цилиндрической формы отсутствуют риски в верхней и нижней их части, и нет ребер или граней, по которым можно определять отклонение от вертикальной оси. Поэтому определение крена таких сооружений производится следующим образом:

- Теодолит устанавливается на станции I (рис.165) и при круге лево КЛ наводится на точку 1 (правый край трубы в нижней ее части, точка 1).
- Берется отсчет по горизонтальному кругу КЛ1.
- Теодолит при КЛ наводится на точку 2 (см. рис.165) и берется отсчет КЛ2.
- Средний отсчет $KЛ_{ср}$, между КЛ1 и КЛ2, будет соответствовать середине трубы.

– Закрепив алидаду горизонтального круга, наводящим винтом алидады перемещаем сетку нитей в направлении середины трубы. Одновременно смотрим по микроскопу изменение отсчета. Когда отсчет станет равным $KЛ_{cp}$, в нижней части трубы делаем отметку, совпадающую с вертикальной нитью сетки нитей.

– Для точности определения середины трубы в нижней части, повторяем все перечисленные действия при круге право КП.

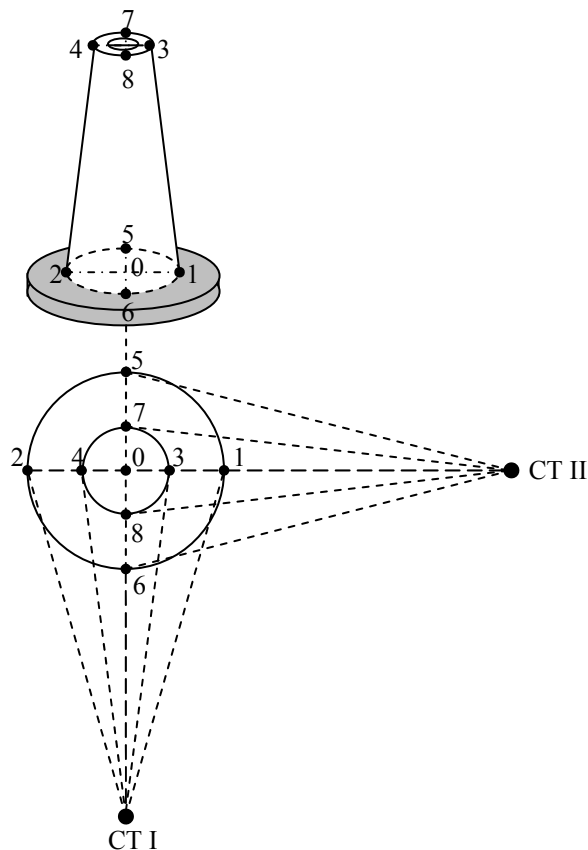


Рис. 165. Схема определения середины трубы в верхней и нижней ее частях со станций I и II

– Для точности определения середины трубы в нижней части, повторяем все перечисленные действия при круге право КП.

– Если отметки середины трубы, полученные при КЛ и КП, не совпадают, то между отметками проводится средняя, которая и будет соответствовать середине нижней части трубы.

– Теодолит наводится на правую верхнюю часть трубы точка 3 (см. рис.165), и берется отсчет $KЛ1 = 112^{\circ}30'$ (см. рис.166, а).

– Затем теодолит переводится на левый край трубы точка 4 (см. рис.165), и берется отсчет $KЛ2 = 110^{\circ}20'$ (рис. 166, б).

– Определяем средний отсчет $KЛ_{cp} = 111^{\circ}25'$ (рис.166, в). Этот отсчет соответствует середине трубы в верхней ее части.

– С помощью наводящего винта алидады переводим сетку нитей к средней части трубы и смотрим, чтобы отсчет по микроскопу был равен $KЛ_{cp}$ (рис.166.в).

– Так как нанести отметку в верхней части трубы технически невозможно, то точка соответствующая отсчету $KЛ_{cp}$, принимается за середину

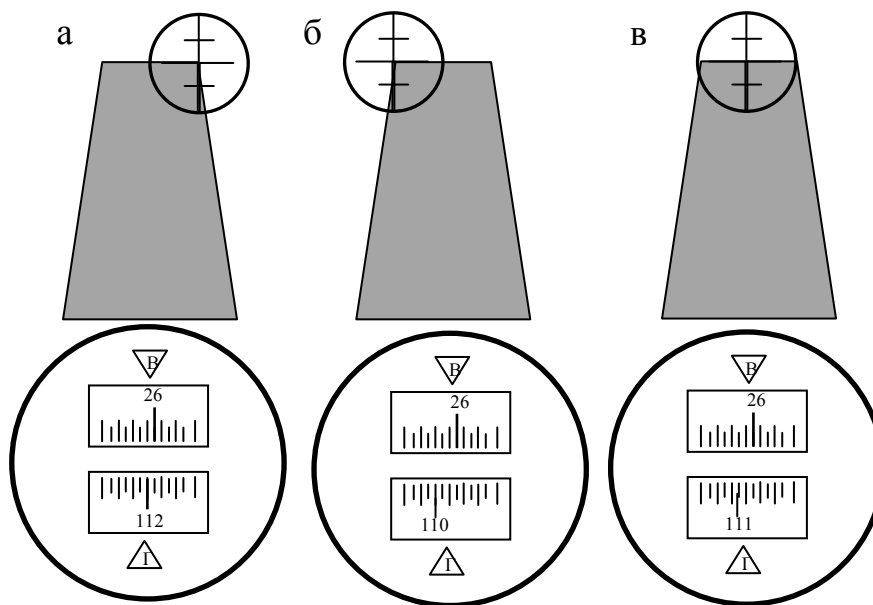


Рис. 166. Схема определения середины верхней части дымовой трубы

– С помощью наводящего винта алидады переводим сетку нитей к средней части трубы и смотрим, чтобы отсчет по микроскопу был равен $KЛ_{cp}$ (рис.166.в).

– Так как нанести отметку в верхней части трубы технически невозможно, то точка соответствующая отсчету $KЛ_{cp}$, принимается за середину трубы.

– К отметке, которая отвечает середине трубы, в ее нижней части, приставляется линейка с миллиметровыми делениями (рис.167).

– Из точки соответствующей середине трубы в верхней ее части опускаем перпендикуляр и определяем по линейке отклонение q_1 .

– Переносим теодолит на станцию II. При этом необходимо соблюсти условие, чтобы ось СТ I – 0 и ось СТ II – 0 были перпендикулярны.

– Выполнив все действия, описанные на станции I, находим отклонение q_2 .

– Вычисляем суммарную горизонтальную составляющую крена, направление крена, и угол z' отклонения оси колонны от вертикальной оси, аналогично тому, как они вычислялись для кривизны колонны.

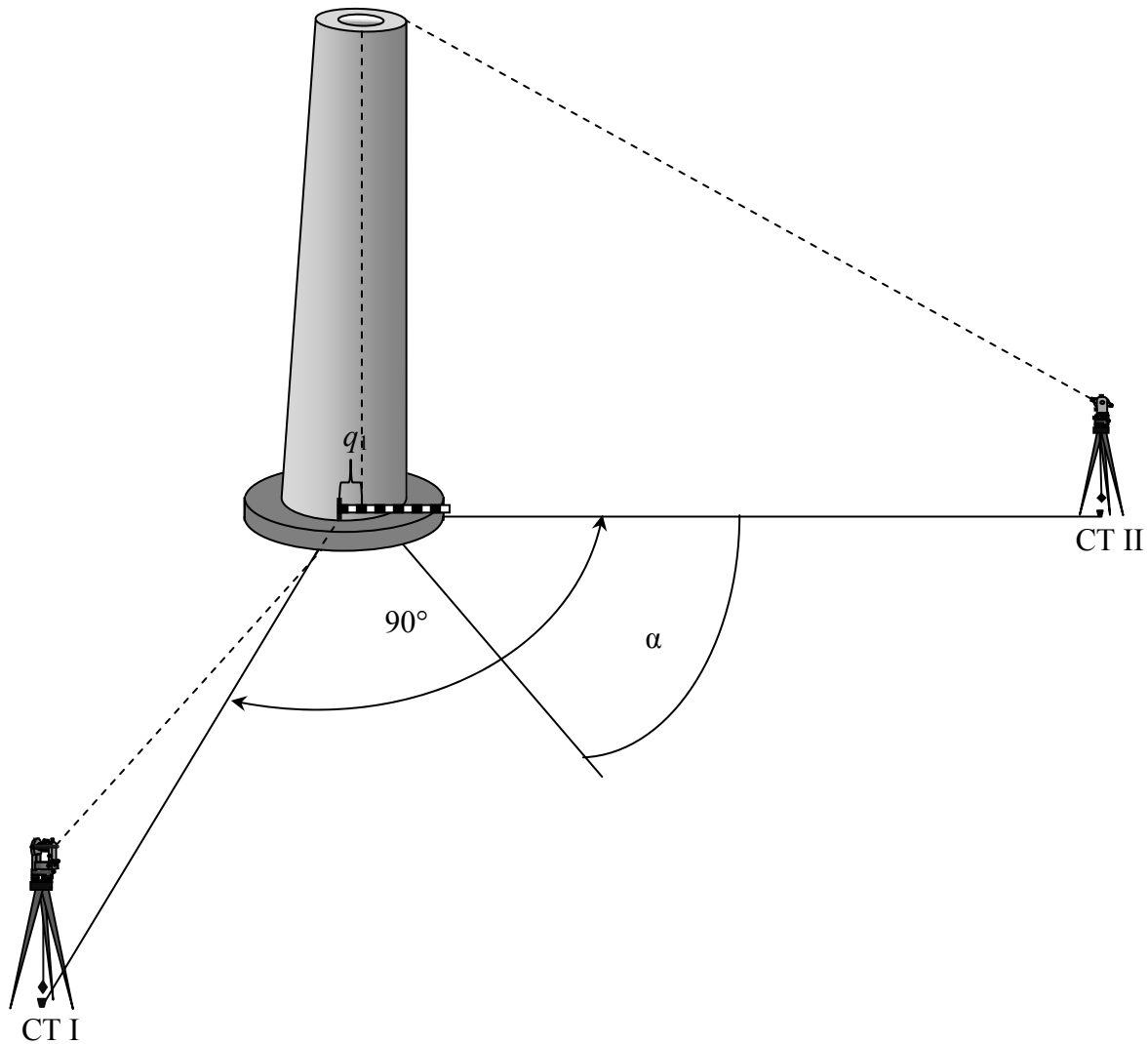


Рис.167. Схема измерения крена дымовой трубы

Для вычисления угла z' необходимо определить высоту трубы, которая определяется аналогично определению высоты сооружения. Расстояние до вертикальной оси трубы будет равно дальномерному расстоянию D от станций I, II до нижней части трубы, плюс радиус самой трубы в нижней его части. Радиус трубы можно вычислить из длины окружности трубы, замерив ее мерной лентой.

Определение крена дымовых труб методом определения горизонтальных углов. При измерении крена дымовой трубы методом горизонтальных углов от известного направления $СТ I - B$, теодолитом измеряются горизонтальные углы α_1, α_2 до краевых точек 1; 2, расположенных в нижней части трубы (рис.168). Затем откладывают горизонтальные углы α_3, α_4 до точек 3; 4, расположенных в верхней части трубы.

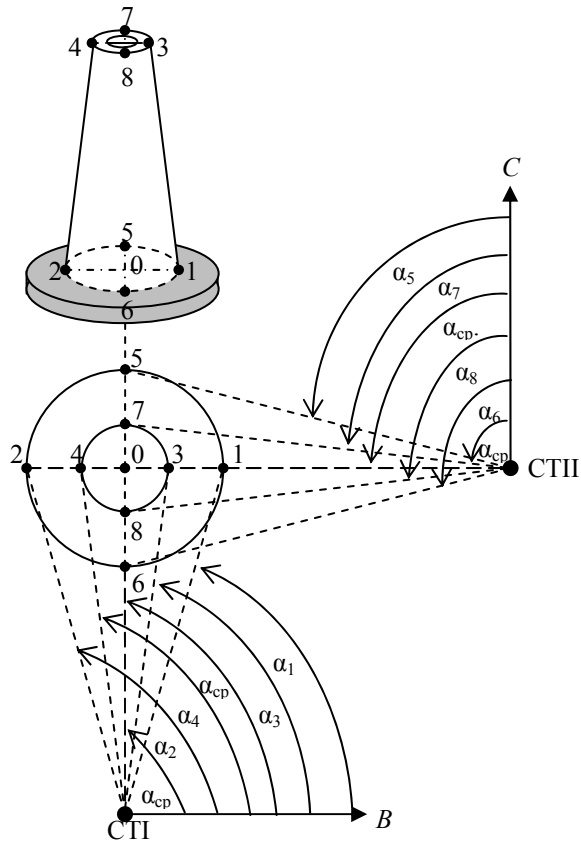


Рис. 168. Схема измерения крена трубы методом определения горизонтальных углов

Вычисляем средние значения, характеризующие направление на центр цокольной части трубы и центр верха трубы:

$$\alpha_{\text{ср1}} = (\alpha_1 + \alpha_2) / 2;$$

$$\alpha_{\text{ср2}} = (\alpha_3 + \alpha_4) / 2.$$

Разность между средними значениями углов на нижней и верхней части трубы указывает на величину углового смещения:

$$\Delta\alpha_{\text{1ср}} = \alpha_{\text{ср1}} - \alpha_{\text{ср2}}.$$

Зная расстояние от СТ1 до центра трубы (точка 0, рис.168) вычисляют величину частного крена в линейной форме:

$$l_1 = d_{\text{СТ1-0}} \cdot \text{tg } \Delta\alpha_{\text{1ср}}.$$

Из точки СТII, от направления СТII – С откладываем углы $\alpha_5, \alpha_6, \alpha_7, \alpha_8$, до точек 5; 6; 7; 8 (рис. 168) и вычисляем величину частного крена l_2 :

$$l_2 = d_{\text{СТ1-0}} \cdot \text{tg } \Delta\alpha_{\text{1ср}}.$$

Вычисляем величину полного крена по формуле

$$l = \sqrt{l_1^2 + l_2^2}.$$

Если ситуация на местности позволяет расположить линии СТИ – 0 и СТИ – 0 перпендикулярно друг другу, то направление СТИ – В необходимо ориентировать строго на восток, а направление СТИ – С, строго на север.

Когда теодолиты расположены не во взаимно перпендикулярных направлениях, величину полного крена определяют графически.

Для получения более достоверных данных измерения следует проводить точными теодолитами Т-5, 2Т2П; 3Т2КП; 2Т5; 2Т5КП; 3Т5КП, при возможности с установленными на них светодальномерами.

Перенесения осей на монтажные горизонты с помощью теодолита

При строительстве зданий малой и средней этажности перенесение точек на разбивочной основе с исходного горизонта на монтажный горизонт выполняют способом наклонного проектирования.

Сущность способа состоит в построении вертикальной плоскости. Теодолит устанавливают над точкой А (рис.169) створа разбивочной оси АВ. Зрительную трубу наводят на риску В' исходного горизонта, обозначенного на цоколе торца или фасада здания. Примерно в створе этой же оси на перекрытии монтажного горизонта устанавливают штатив с закрепленной на нем визирной маркой (отвесом). Трубу теодолита, ориентированную по створу разбивочной оси, при закрепленной алидаде вращают в вертикальной плоскости до появления визирной марки в поле зрения трубы.

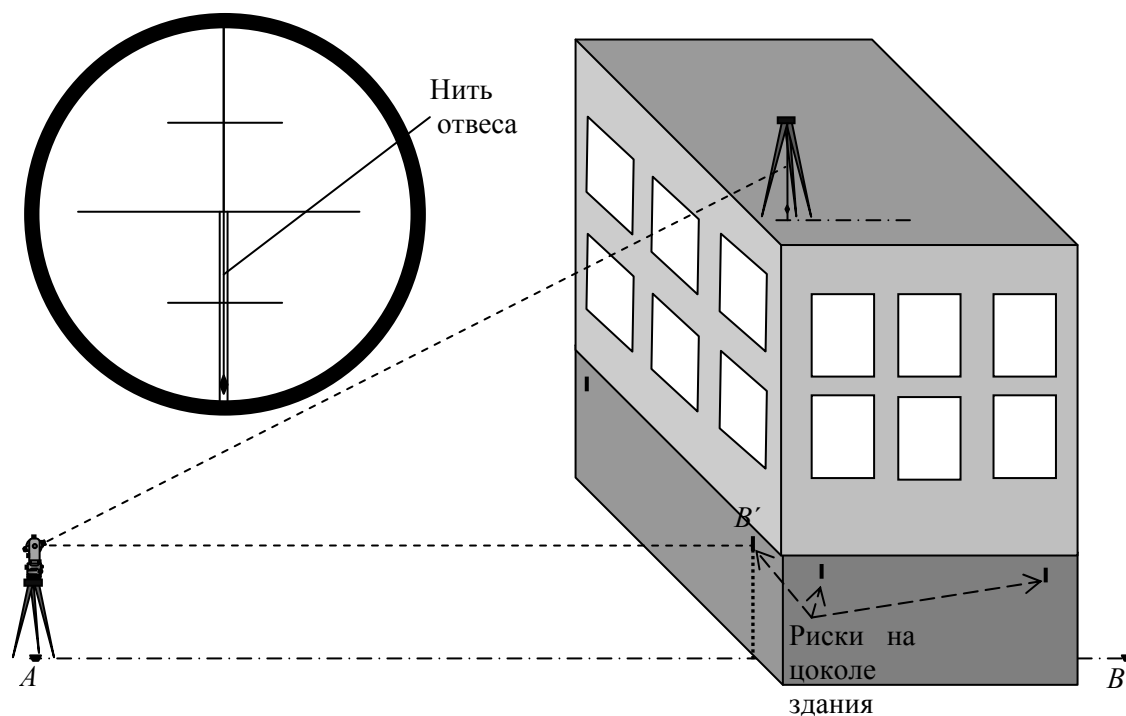


Рис. 169. Схема перенесения осей способом наклонного проектирования

После этого трубу закрепляют и в биссектор точно вводят центр визирной марки или нить отвеса. Проекцию центра марки или нити отвеса фиксируют на монтажном горизонте. Аналогичные действия выполняют при другом положении вертикального круга теодолита. Середину расстоя-

ния между двумя рисками, полученными при двух положениях вертикального круга теодолита, принимают за искомую точку разбивочной оси на перекрытии.

Возможны четыре варианта расположения точек, закрепляющих створную ось и точки на монтажном горизонте:

– ось закрепляют двумя точками – A и B , точку C переносят на перекрытие через марку;

– ось створа закрепляют точкой A и окраской на стене цокольного этажа; точку оси C переносят на перекрытие через марку;

– ось створа закрепляют двумя точками – A и B . Точку оси C выносят непосредственно на монтажный горизонт и закрепляют риской;

– ось створа закрепляют точкой A и окраской на стене цокольного этажа; точку оси C выносят непосредственно на монтажный горизонт и закрепляют риской.

Положение осей на монтажном горизонте определяют по двум створным точкам, перенесенным на противоположные стороны контура перекрытия. Возможны и другие варианты определения положения осей, но с меньшей точностью.

Контрольные вопросы

1. Какие геодезические задачи на строительной площадке решаются с помощью нивелира?
2. Как на местности закрепляется точка с известной абсолютной отметкой?
3. Каким образом закрепляется линия с заданным уклоном?
4. В каких случаях линия с заданным уклоном закрепляется с помощью нивелира (теодолита)?
5. Как на местности строится горизонтальная плоскость?
6. Как на местности строится плоскость с заданным уклоном?
7. Как передается отметка на дно котлована (монтажный горизонт)?
8. Каким образом с помощью нивелира производится наблюдение за осадкой зданий и сооружений?
9. Какие геодезические задачи на строительной площадке решаются с помощью теодолита?
10. Каким образом с помощью теодолита определяется высота здания?
11. По какой теореме определяются недоступные расстояния на местности?
12. Каким образом определяется крен колонны, здания (приведите формулы)?
13. Как определяется прямолинейность и вертикальность ряда колонн?
14. Какие методы используются при определении крена дымовой трубы?
15. Каким образом осуществляется переноска осей сооружения на монтажные горизонты здания?

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Авакян, В.В. Прикладная геодезия: Геодезическое обеспечение строительного производства [Текст] / В.В. Авакян. – 2-е изд., перераб. и доп. – М., 2013. – 432 с.
2. Ключин, Е.Б. Инженерная геодезия [Текст]: учебник для вузов / Е.Б. Ключин, М.И. Киселёв, Д.Ш. Михелев, В.Д. Фельдман; под ред. Д.Ш. Михелева. – 10-е изд., перераб. и доп. – М.: Издательский центр «Академия», 2010. – 496 с.
3. Поклад, Г.Г. Геодезия [Текст]: учеб. пособие для вузов / Г.Г. Поклад, С.П. Гриднев. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Академический Проект; 2011. – 538 с.
4. Пономаренко, В.В. Геодезия [Текст]: учеб. пособие / В.В. Пономаренко, Т.И. Хаметов. – Пенза: ПГУАС, 2015. – 124 с.
5. СНиП 11-02-96. Инженерные изыскания для строительства. Основные положения [Текст]: утв. Приказом Госстроя России 10.12.2012 г. №83/ГС. – М.: Минстрой, 1997. – 43 с.
6. СНиП 12-01–2004. Организация строительства [Текст]: утв. приказом Минрегиона России от 27.12.2010 г. №781. – М., 2004.
7. СНиП 3.01.03–84. Геодезические работы в строительстве [Текст]: утв. Приказом Минрегиона России от 25.12.2012 г. №106/ГС. – М.: ЦИТП Гостроя СССР, 1985. – 28 с.
8. СП 11-104–97. Инженерно-геодезические изыскания для строительства [Текст]. – М.: ПНИИИС, 1997.
9. СП 11-110–99. Авторский надзор за строительством зданий и сооружений [Текст]. – М.: Госстрой России, 1999. – 6 с.
10. ТСН 12-316–2002. Приемка и ввод в эксплуатацию законченных строительством объектов недвижимости [Текст]. – СПб., 2002.
11. Федотов, Г.А. Инженерная геодезия [Текст]: учебник / Г.А. Федотов. – М.: Высш.шк., 2009.
12. Хаметов, Т.И. Геодезические работы в строительстве: учебник / Т.И. Хаметов, В.Я. Швидкий, В.В. Шлапак. – Пенза: ПГУАС, 2015. – 3 с.
13. Хаметов, Т.И. Геодезическое обеспечение проектирования, строительства и эксплуатации зданий, сооружений [Текст]: учеб. пособие / Т.И. Хаметов. – Пенза: ПГУАС, 2013. – 286 с.
14. Электронный ресурс. – Режим доступа: <http://www.nivelir.biz/>
15. Электронный ресурс. – Режим доступа: <http://www.rusgeocom.ru/>
16. Электронный теодолит Vega ТЕО-5/10/20. Руководство по эксплуатации [Текст]. – М.: ЗАО «Геостройизыскания», 2005. – 22 с.
17. Электронный тахеометр Trimble М3. Руководство пользователя. Версия 1.00 Редакция А Артикул С192Е [Текст]. – 2006. – 150 с.

ОГЛАВЛЕНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ	3
Раздел 1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О ГЕОДЕЗИИ И ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ ИЗМЕРЕНИЯХ.....	5
1. Земная поверхность и способы ее изображения.....	5
1.1. Форма земли и определение положения точек на земной поверхности.....	5
1.2. Масштабы и ориентирование на местности	10
1.3. Определение координат точек, направлений и длин линий	15
2. Общие сведения из теории погрешностей измерений	18
2.1. Погрешности измерений и их характеристики.....	18
2.2. Оценка точности результатов измерений	20
2.3. Источники погрешностей и их устранение.....	21
3. Измерение длины линий	25
3.1. Измерение длины линий мерными приборами	25
3.2. Измерение длины линий дальномерами.....	31
4. Угловые измерения.....	33
4.1. Принципы измерения углов.....	33
4.2. Устройство теодолита 4Т30П.....	37
4.3. Поверки и юстировки теодолита 4Т-30П.....	41
4.4. Измерение углов на местности.....	44
4.5. Электронные тахеометры	48
4.6. Поверки и юстировки электронного тахеометра.....	53
5. Теодолитная съемка.....	64
5.1. Обработка результатов теодолитной съемки.....	64
5.2. Обработка результатов тахеометрической съемки	71
5.3. Построение плана теодолитной съемки участка местности	74
Раздел 2. ВИДЫ И СПОСОБЫ НИВЕЛИРОВАНИЯ. СПОСОБЫ ИЗОБРАЖЕНИЯ РЕЛЬЕФА МЕСТНОСТИ.....	80
6. Геометрическое нивелирование поверхности	80
6.1. Нивелиры и их устройство	80
6.2. Поверки и юстировки нивелиров	85
6.3. Измерение превышений и вычисление отметок. Способы нивелирования	91
6.4. Лазерные нивелиры	95
6.5. Цифровые нивелиры.....	101
6.6. Нивелирные рейки и их исследования	104
7. Тригонометрическое нивелирование.....	107
8. Составление топографического плана участка местности.....	109
8.1. Нивелирование поверхности по квадратам	109
8.2. Изображение рельефа местности горизонталями	112

8.3. Построение графика заложения	115
8.4. Оформление топографического плана	116
9. Преобразование существующего рельефа в проектный.....	119
9.1. Проектирование горизонтальной и наклонной площадок	119
9.2. Составление картограммы земляных работ.....	120
10. Решение задач по топографическим картам и планам	123
10.1. Определение географических и прямоугольных координат точек.....	123
10.2. Вычисление отметок по горизонталям.....	125
10.3. Построение профиля местности по заданному направлению.....	126
10.4. вычисление уклона линии (крутизны ската) и ее проектирование.....	127
10.5. Проектирование линии с заданным уклоном	128
Раздел 3. ИНЖЕНЕРНО-ГЕОДЕЗИЧЕСКИЕ ИЗЫСКАНИЯ И ПРОЕКТИРОВАНИЕ ТРАССЫ ЛИНЕЙНЫХ СООРУЖЕНИЙ	
130	
11. Геодезическое обеспечение проектно-изыскательских работ	130
11.1. Состав и содержание работ при инженерных изысканиях зданий и сооружений	130
11.2. Инженерно-геодезические изыскания трасс линейных сооружений	135
12. Расчет элементов и главных точек круговой кривой.....	140
13. Нивелирование трассы	144
14. Построение продольного профиля автодороги	152
15. Проектирование и построение проектного профиля автодороги	155
16. Детальная разбивка круговых кривых.....	159
Раздел 4. ГЕОДЕЗИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПРОЕКТИРОВАНИЯ И СТРОИТЕЛЬСТВА ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ	
162	
17. Геодезическое обеспечение перенесения на местность элементов проекта	162
17.1. Генплан и его геодезическая основа.....	162
17.2. Проект производства геодезических работ при высотном домостроении.....	164
17.3. Методы подготовки данных для перенесения на местность проекта зданий и сооружений	168
17.4. Перенесение проектных углов, длин, отметок и уклонов на местность	170
17.5. Способы и точность перенесения осей на местность	177
17.6. Вынос проектных осей здания и точек с использованием электронного тахеометра.....	184
18. Геодезическое обеспечение строительства зданий и сооружений	191
18.1. Разбивочные работы при строительстве нулевого цикла.....	191
18.2. Устройство котлованов	194

18.3. Устройство фундаментов.....	199
18.4. Построение и перенесение опорной сети на монтажные горизонты.....	204
18.5. Перенесение высот на монтажные горизонты.....	208
18.6. Монтаж панельных и балочных зданий.....	211
18.7. Монтаж каркасных зданий.....	215
18.8. Возведение зданий из кирпича.....	219
18.9. Возведение сооружений башенного типа.....	222
19. Исполнительные съемки зданий и сооружений.....	225
19.1. Состав схем исполнительных съемок.....	225
19.2. Исполнительная съемка инженерных коммуникаций.....	230
19.3. Исполнительная документация.....	232
20. Инструментальные наблюдения за деформациями зданий и сооружений.....	235
20.1. Размещение и закрепление геодезических знаков за наблюдениями и деформациями.....	235
20.2. Периодичность и точность измерения деформаций.....	238
20.3. Измерение осадки методом геометрического нивелирования.....	241
20.4. Наблюдения за горизонтальными смещениями.....	244
20.5. Измерение кренов зданий и сооружений.....	249
21. Решение инженерно-геодезических задач на стройплощадке.....	254
21.1. Решение геодезических задач с помощью нивелира.....	254
21.2. Решение геодезических задач с помощью теодолита.....	262
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК.....	276

Учебное издание

Хаметов Тагир Ишмуратович

ИНЖЕНЕРНАЯ ГЕОДЕЗИЯ

Учебное пособие

по направлению подготовки 08.05.01

«Строительство уникальных зданий и сооружений»

В авторской редакции

Верстка Н.А. Сазонова

Подписано в печать 6.10.16. Формат 60×84/16.

Бумага офисная «Снегурочка». Печать на ризографе.

Усл. печ. л. 16,275. Уч.-изд. л. 17,5. Тираж 80 экз.

Заказ № 630.



Издательство ПГУАС.
440028, г.Пенза, ул. Германа Титова, 28.