

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

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

В.В. Пономаренко, Т.И. Хаметов

ГЕОДЕЗИЯ

Рекомендовано Редсоветом университета
в качестве учебного пособия для студентов,
обучающихся по направлению 08.03.01 – «Строительство»

Пенза 2015

УДК 528(075.8)

ББК 26.12я73

П56

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

Пономаренко В.В.

П56 Геодезия: учеб. пособие / В.В. Пономаренко, Т.И. Хаметов. – Пенза: ПГУАС, 2015. – 124 с.

Изложена последовательность выполнения расчетно-графических заданий, лабораторных работ, примеры их выполнения и пояснения к ним по программе курса «Геодезия».

Учебное пособие подготовлено на кафедре землеустройства и геодезии и предназначено для использования студентами, обучающимися по направлению 08.03.01 – «Строительство», при изучении дисциплины «Геодезия».

© Пензенский государственный университет архитектуры и строительства, 2015

© Пономаренко В.В., Хаметов Т.И., 2015

ПРЕДИСЛОВИЕ

Учебное пособие составлено в соответствии с типовой учебной программой подготовки бакалавра по направлению 08.03.01 – «Строительство». Целью дисциплины «Геодезия» заключается в формировании у студента четкого представления о средствах и методах геодезических работ при топографо-геодезических изысканиях, создании и корректировке топографических планов, для решения инженерных задач в строительной отрасли, организационно-управленческой и научно-исследовательской деятельности.

Студенты, изучившие курс «Геодезия» должны **знать**:

- методы и средства ведения инженерно-геодезических и изыскательских работ;
- системы координат, системы построения опорных геодезических сетей;
- методы проведения геодезических измерений, оценку их точности, сведения из теории погрешностей.
- основы геометрии и математического анализа. Формулы преобразования тригонометрических функций;
- виды и способы геодезических съемок, устройство и применение геодезических приборов.
- современные геодезические приборы, способы и методы выполнения измерений с ними, поверки и юстировки приборов и методику их исследования;
- методы и средства составления топографических карт и планов, использование карт и планов и другой геодезической информации при решении инженерных задач в строительстве;
- порядок ведения, правила и требования, предъявляемые к качеству и оформлению результатов полевых измерений, материалов, документации и отчетности;
- систему топографических условных знаков.

Уметь:

- уметь пользоваться геодезическими приборами, производить измерения на практических занятиях и в процессе проведения геодезических съемок, а так же при решении инженерно-геодезических задач;
- выполнять топографо-геодезические работы и обеспечивать необходимую точность геодезических измерений, анализировать полевую топографо-геодезическую информацию;
- сопоставлять практические и расчетные результаты;
- оценивать точность результатов геодезических измерений, уравнивать геодезические построения типовых видов;

– использовать пакеты прикладных программ, проводить необходимые расчеты на ЭВМ.

Владеть:

– навыками выполнения угловых, линейных, высотных измерений для выполнения геодезических съемок;

– уметь использовать топографические материалы для решения геодезических задач;

– технологиями в области геодезии на уровне самостоятельного решения практических вопросов специальности, творческого применения этих знаний при решении конкретных задач;

– методами проведения топографо-геодезических работ и навыками использования современных приборов, оборудования и технологий;

– методикой оформления планов с использованием современных компьютерных технологий;

Учебное пособие соответствует учебной программе дисциплины «Геодезия», которая изучается студентами в первом семестре на первом курсе. Основной задачей пособия является доведение до обучающихся в доступной форме излагаемого материала, с целью самостоятельного выполнения расчетно-графических заданий и лабораторных работ. Выполнение расчетно-графических заданий и лабораторных работ позволяет закрепить теоретические знания, полученные на лекционных занятиях. При самостоятельной работе студенты изучают специальную литературу, мультимедийный курс лекций.

В целом пособие можно разделить на четыре больших раздела:

В первом разделе рассматриваются основные геодезические понятия, знание которых необходимо при выполнении расчетно-графических заданий.

Освоение первого раздела направлено на формирование следующих общекультурных и профессиональных компетенций:

– способностью к самоорганизации и самообразованию;

– способностью осуществлять поиск, хранение, обработку и анализ информации из различных источников и баз данных.

Второй раздел посвящен выполнению расчетно-графических заданий: составлению плана теодолитной съемки и составлению картограммы земляных масс. Студенты также получают представления о способах геометрического нивелирования и нивелирования поверхности. Освоение второго раздела направлено на формирование следующих общекультурных, профессиональных и профессионально прикладных компетенций:

– владение культурой мышления, способностью к обобщению, анализу, восприятию информации, постановке цели и выбору путей её достижения;

– способностью выявить естественную научную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, привлекать для их решения соответствующий математический аппарат;

– основы геометрии и математического анализа. Формулы преобразования тригонометрических функций;

– виды и способы геодезических съемок,

Третий раздел полностью посвящен изучению геодезических приборов. Освоение третьего раздела направлено на формирование следующих профессиональных и профессионально прикладных компетенций:

– знать современные геодезические приборы, способы и методы выполнения измерений с ними, поверки и юстировки приборов и методику их исследования;

В четвертом разделе рассматриваются принципы работы с топографической картой (определение геодезических и прямоугольных координат, углов ориентирования, абсолютных отметок точек по топографической карте и построение профиля по заданному направлению). Освоение четвертого раздела направлено на формирование следующих профессиональных компетенций:

– использование карт и планов и другой геодезической информации, для решения инженерных задач в строительстве ;

ВВЕДЕНИЕ

Геодезия – наука об измерениях на поверхности земли с целью определения ее формы и размеров, составления планов и карт, а так же решения различных инженерных задач на местности. Она подразделяется на высшую геодезию, топографию, инженерную геодезию и фототопографию.

Высшая геодезия – изучает форму и размеры земли, а также методы высокоточного определения координат точек земной поверхности и изображение ее на плоскости.

Топография – рассматривает методы производства топографических съемок, для составления планов небольших участков земной поверхности.

Инженерная геодезия – рассматривает постановку и методы геодезических работ, необходимых для проектирования, строительства и эксплуатации инженерных сооружений. Методы инженерной геодезии основаны на теории и способах высшей геодезии и топографии, но имеют свои особенности связанные с характером строительства.

Фототопография – основана на получение топографических планов с использованием аэрофотоснимков.

Геодезия тесно связана с такими науками как математика, физика, астрономия, география, геология и геоморфология. Математические методы широко используются в геодезических расчетах, физические – при создании и эксплуатации геодезических приборов. Путем астрономических наблюдений определяют положение точек на поверхности земли и ориентирование линий на северный и южный полюсы. Для правильного отображения на топографических планах и картах поверхности земли используют данные по геологии, географии и геоморфологии.

История геодезии начинается за много веков до нашей эры. Геодезические работы проводились в древнем Египте, Греции, Риме. Первые упоминания о геодезических работах в России относятся к XII веку, когда в 1068 году было замерено расстояние между Таманью и Керчью по льду Керченского пролива. Более совершенная постановка геодезических работ началась при Петре 1. В 1739 году был утвержден географический департамент при Российской академии наук. Новый этап развития геодезии начался после Великой отечественной войны 1812 года. В Советское время широкое развитие геодезии позволило определить размеры Земного эллипсоида, а также покрыть всю территорию СССР топографической съемкой 1:100000 масштаба и частично 1:25000 масштаба.

В постсоветский период получают применение глобальные навигационные спутниковые системы ГЛОНАСС (Россия) и GPS (США), которые используются для определения координат точек земной поверхности. Использование определение положения точек с помощью спутников, несмотря на ряд недостатков этого метода, имеет ряд существенных преимуществ по сравнению с традиционными геодезическими методами.

Традиционные геодезические методы широко применяются при проведении строительных работ, решения геодезических задач на строительной площадке и составлении планов небольших участков земной поверхности, а также профилей автомобильных дорог и инженерных коммуникаций.

1. ФОРМА И РАЗМЕРЫ ЗЕМЛИ, ЭЛЛИПСОИД ВРАЩЕНИЯ, ГЕОИД, СИСТЕМЫ КООРДИНАТ, УГЛЫ ОРИЕНТИРОВАНИЯ, МАСШТАБЫ. ПРЯМАЯ И ОБРАТНАЯ ГЕОДЕЗИЧЕСКИЕ ЗАДАЧИ

1.1. 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. 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).

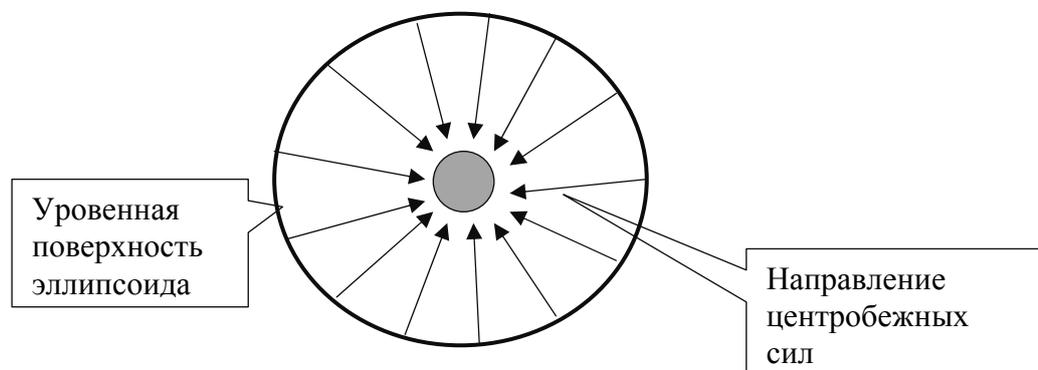


Рис.1. Эллипсоид вращения

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 (рис.2) незначительное и не превышает 100-150 км. Поэтому фигурой наиболее приближенной к геоиду является эллипсоид вращения.

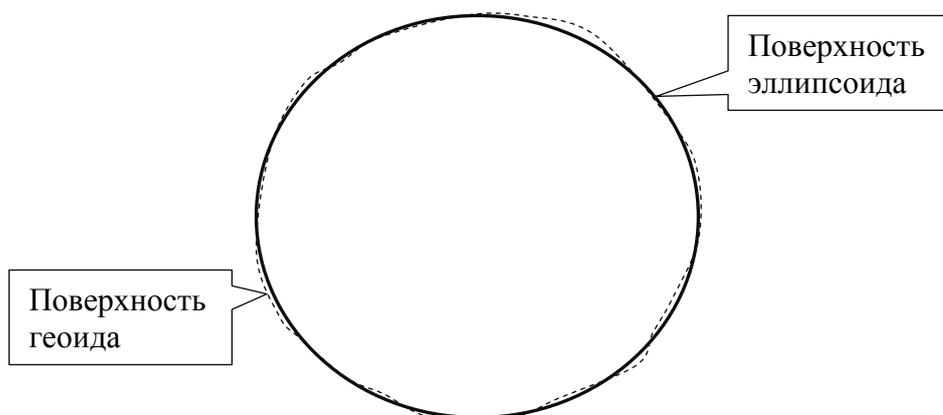


Рис.2. Схема соотношения поверхности эллипсоида и геоида

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.

1.1.1. Размеры земли

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 Изо-

товым 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, 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.

1.2. Геодезические и прямоугольные координаты

В геодезических построениях принимаются различные системы координат.

1.2.1. Геодезические координаты

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. 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). 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).

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).

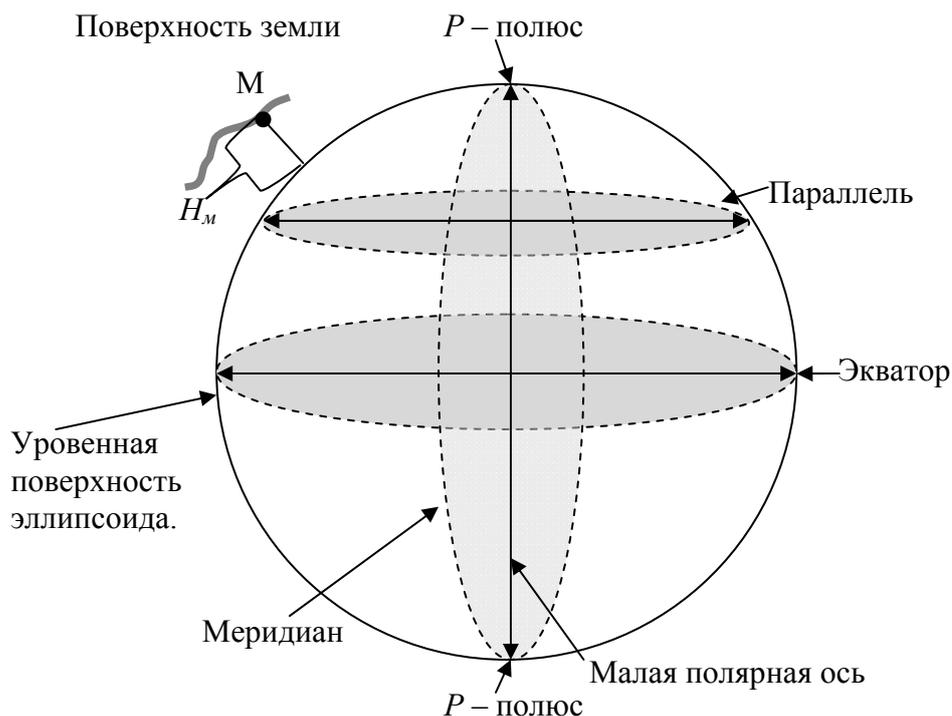


Рис.3. Определение геодезических координат

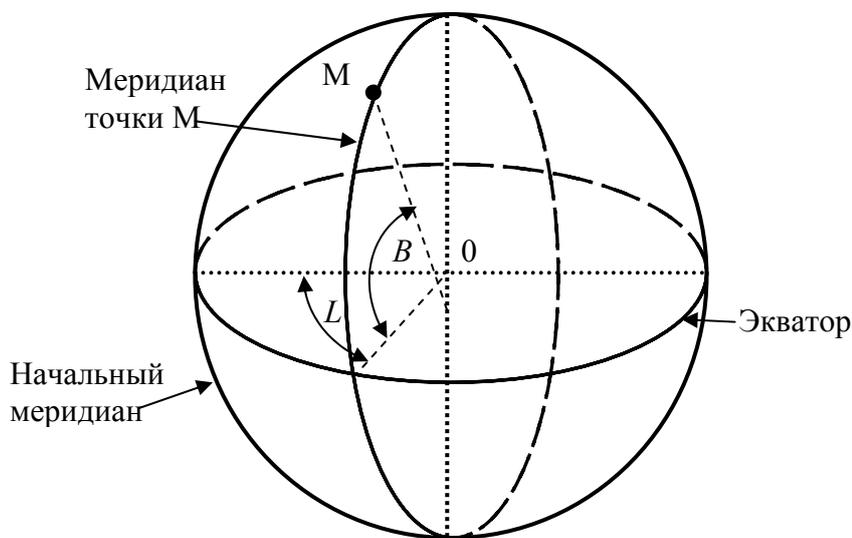


Рис.4. Геодезические координаты: широта (B) и долгота (L).

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. В нашей стране за начальную точку отсчета принят нуль Кронштадского футштока, близко совпадающий с

уровнем Балтийского моря. Таким образом, точка М 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.

1.2.2. Прямоугольные координаты

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

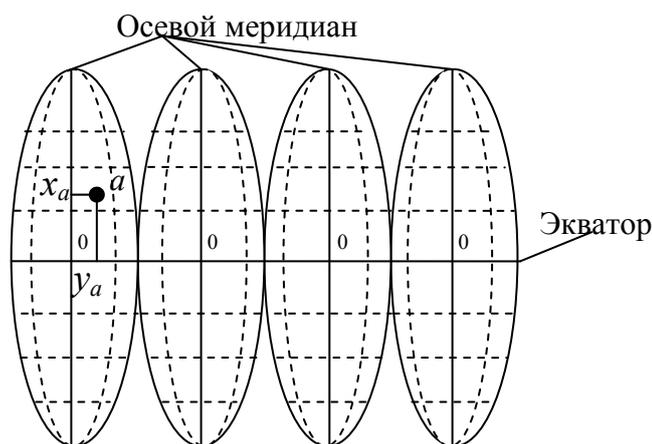


Рис. 5. Изображение зон в проекции Гаусса – Крюгера

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 (a) 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.

1.3. Ориентирование линий.

Азимуты, магнитные азимуты, дирекционные углы и румбы

Ориентировать линию на местности, значит найти ее направление относительно меридиана. В качестве углов определяющих направление линий служат азимуты, дирекционные углы и румбы.

Геодезическим азимутом называется горизонтальный угол, отсчитываемый от северного направления геодезического меридиана, проходящего через данную точку до заданного направления по ходу часовой стрелки. Они изменяются от 0 до 360 градусов. Меридианы не параллельны друг другу. Угол между направлением двух меридианов в данных двух точках

называется сближением γ меридианов и обозначается через направление истинного меридиана, вычисляется путем астрономических наблюдений. По этой причине прямой и обратный азимуты различаются не ровно на 180° , а на величину равную $180^\circ \pm \gamma$, где γ – величина сближения меридианов. Поэтому для вычисления направления линий пользуются дирекционными углами. На территории, для которой составляются карты и планы, один из геодезических меридианов принимают за осевой меридиан, совмещают его с осью абсцисс системы прямоугольных координат, и относительно его ориентируют все линии местности.

Сближение меридианов в проекции Гаусса – Крюгера вычисляют по формуле

$$\gamma = (L - L_0) \sin B,$$

где L – геодезическая долгота начальной точки заданной линии; L_0 – геодезическая долгота осевого меридиана; B – геодезическая широта точки.

Из приведенной формулы следует, что для точек, находящихся к востоку от осевого меридиана, величина сближения меридианов положительная, т.е. $\gamma > 0$, а к западу, эта величина имеет отрицательное значение, т.е. $\gamma < 0$. В настоящее время рассчитаны таблицы сближения меридианов, на 1 километр дуги параллели.

Магнитные азимуты. На практике часто пользуются магнитными азимутами. Направление магнитного меридиана определяется направлением магнитной стрелки. Как и геодезический азимут, магнитный азимут отсчитывается от северного направления магнитного меридиана (направления северного конца магнитной стрелки) по ходу часовой стрелки до заданного направления. Магнитный меридиан, как правило, не совпадает с истинным меридианом, так как магнитные полюса смещены относительно истинных полюсов земли. Угол между истинным меридианом и магнитным называется склонением магнитной стрелки δ . Магнитный азимут равен

$$A_M = A_{\text{ист}} - \delta.$$

Магнитный азимут можно получить путем косвенных измерений по формуле

$$A_M = \alpha + \gamma - \delta,$$

где α – дирекционный угол заданного направления; γ – величина сближения меридианов; δ – величина склонения магнитной стрелки.

Склонение магнитной стрелки может быть как восточным, когда северное направление магнитного меридиана отклоняется к востоку от геодезического меридиана, так и западным, когда стрелка отклоняется к западу от геодезического меридиана. Восточное склонение имеет знак «плюс», а западное «минус». Склонение изменяется с изменением времени и места. В европейской части России восточное склонение колеблется от 0°

(в районе Калининграда) до 20° (в районе Нарьян-Мара). На одном и том же месте земной поверхности в течении веков происходит изменение склонения магнитной стрелки в пределах десятков градусов. Годовое склонение в Европе в среднем близко $5'$. В средних широтах России отмечаются суточные колебания склонения магнитной стрелки в пределах $15'$.

Дирекционный угол – это горизонтальный угол, отсчитываемый от северного направления осевого меридиана или линии, параллельной ему, до заданного направления, по часовой стрелке. В отличие от азимутов, дирекционный угол постоянен на протяжении всего направления. Прямой и обратный дирекционный углы отличаются ровно на 180° , т.е. $\alpha_{обр.} = \alpha_{пр.} \pm 180^\circ$. При определении дирекционного угла на местности необходимо знать значение истинного азимута и величину сближения меридианов γ , тогда $\alpha = A_{ист.} + \gamma$. Значение величины γ подписывается под южной стороной рамок топографических карт.

Румб – острый угол, который отсчитывается от северного или южного конца меридиана до заданного направления, по или против часовой стрелки. Так как румбы могут иметь одинаковые значения в разных четвертях, то перед численным значением румба указывается буквенное значение четверти.

I четверть – СВ, II четверть – ЮВ, III четверть – ЮЗ, IV четверть – СЗ.

Румбы еще называют таблитчатыми углами, так как все геодезические таблицы рассчитаны от 0° до 90° . При расчетах на современных калькуляторах, румбы утратили свое значение, так как калькулятор позволяет определять величину тригонометрической функции, непосредственно набирая значение дирекционного угла. Но при решении обратных геодезических задач определяется значение румба, а затем по известным формулам вычислить значение дирекционного угла.

1.3.1. Соотношение дирекционных углов и румбов

Соотношение дирекционных углов и румбов показано на рис. 6.

Соотношение дирекционных углов и румбов, а также знаки приращения координат даны в табл 1.

Т а б л и ц а 1

Четверти	I – СВ	II – ЮВ	III – ЮЗ	IV – СЗ
Дирекционный угол (α)	$\alpha = r$	$\alpha = 180^\circ - r$	$\alpha = 180^\circ + r$	$\alpha = 360^\circ - r$
Румб (r)	$r = \alpha$	$r = 180^\circ - \alpha$	$r = \alpha - 180^\circ$	$r = 360^\circ - \alpha$
Знаки приращений координат	$\Delta X+$; $\Delta Y+$	$\Delta X-$; $\Delta Y+$	$\Delta X-$; $\Delta Y-$	$\Delta X+$; $\Delta Y-$

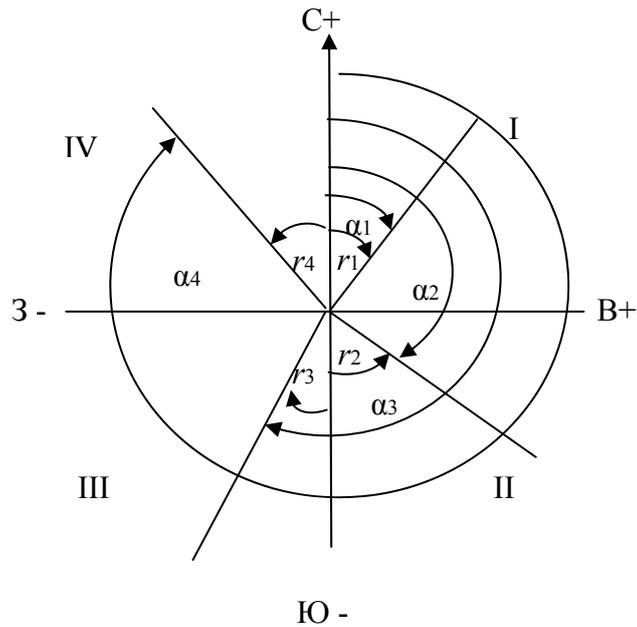


Рис. 6. Соотношение между дирекционными углами и румбами

1.4. Масштабы

Масштаб – это степень уменьшения горизонтальных отрезков линий местности при переносе их на план. Существуют именованный, численный, линейный и поперечный масштабы.

Численный масштаб представляет собой дробь, в числителе которой стоит единица, а в знаменателе – значение уменьшения линий местности при переносе их на план. На планах численный масштаб подписывается как 1:500; 1:5000; 1:50000. Численный масштаб – число отвлеченное, не имеющее размерности, что позволяет вести измерения в любой системе мер. Чем больше дробь, тем крупнее масштаб и наоборот. Например: длина стороны теодолитного хода D_{I-II} равна 187,66 м. Тогда на плане длина линии будет равна $187,66 : 10 = 18,77$ см.

Для упрощения работы пользуются линейным масштабом, являющимся графическим изображением численного в той или иной системе мер. Для его построения на прямой откладывается несколько отрезков одинаковой длины, например 2 см, т.е. в масштабе 1:1000 он равен 20 метрам на местности. Длина такого отрезка называется основанием масштаба. Число метров, соответствующее основанию масштаба, называется величиной линейного масштаба. Левое основание делим на 10 частей (рис.7). То есть наименьшее деление линейного масштаба равно 2 миллиметрам, что равно 2 метрам на местности. Для определения длины линии на местности, циркулем- измерителем определяем расстояние на плане. Взяв расстояние на плане в раствор циркуля, одну его ножку устанавливаем на штрих, разделяющий основания, таким образом, чтобы другая ножка

попала на левое основание, по которому на глаз отсчитываем расстояние в интервале делений.

Например: на рис. 7, измеренное расстояние равно 65 метров.

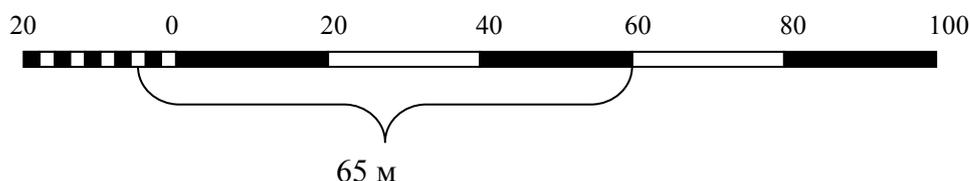


Рис. 7. Определение расстояния с помощью линейного масштаба

Рассчитано, что человеческий глаз способен различать две точки на расстоянии 0,1 мм. Величина отрезка местности, соответствующая 0,1 мм, называется точностью масштаба карты. Так, для масштаба 1:1000 точность масштаба равняется 0,1 м. Необходимо отметить, что с помощью численного масштаба трудно производить построения с точностью менее 1 мм.

Для этого используют поперечный масштаб. Построение поперечного масштаба производится в следующей последовательности:

1. На прямой линии откладываем несколько отрезков (оснований), как правило, длиной 2 см., из точек пересечения восстанавливаем перпендикуляры, высота которых произвольна (желательно кратная делению на 10) (рис.8).

2. Делим вертикальную линию на десять частей (m) и из пересечений проводим прямые линии параллельные основанию.

3. Основание крайнего левого квадрата делим на десять частей (n). Так же делим линию параллельную основания в верхней части квадрата на десять частей.

4. Соединяем нулевую точку на основании с первой на верхней линии параллельной ему, вторую точку соединяем с третьей и т.д. Получаем ряд линий параллельных друг другу и наклонных к вертикальной прямой (см. рис.8). Эти линии называются трансверсалиями. Из подобия треугольников OAB и Oab можно видеть, что: $ab / AB = ob / OB = 1 / 10$ $cd / AB = od / OB = 2 / 10$. По построению AB равно 1/10 от основания масштаба, следовательно, наименьшее деление ab равно 1/100 от основания масштаба. Такой масштаб называется сотенным. Он гравировается на металлических пластинах и используется при построении планов и карт.

Отрезок (ab) называется наименьшим делением поперечного масштаба. Величина его зависит от длины основания и числа делений n и m .

Например: длина основания равна 2 см., $n = 10$, $m = 10$, тогда длина отрезка $ab = 0.2$ мм. $cd = 0.4$ мм, $ef = 0.6$ мм.

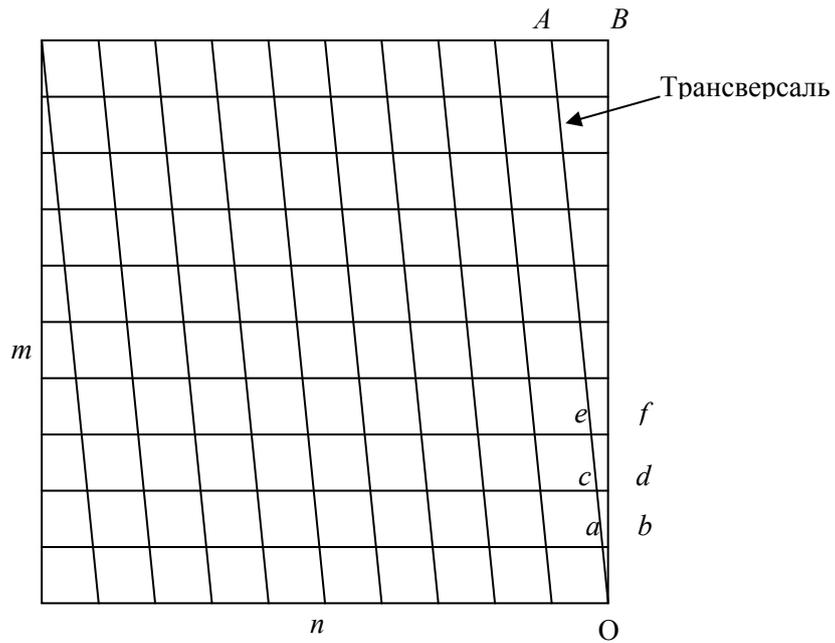


Рис. 8. Деления левого крайнего квадрата поперечного масштаба

Применение поперечного масштаба производится в следующей последовательности:

1. Циркулем измерителем замеряем заданное расстояние на плане.
2. Переносим его на поперечный масштаб, таким образом, чтобы одна из ножек циркуля попадала на линию 20, 40, 60, а другая на, разделенное на 10 частей основание.
3. Поднимаем циркуль вверх, до тех пор, пока вторая ножка циркуля не совпадет с наклонной линией (трансверсалью). При этом обе ножки циркуля должны стоять на одной линии, параллельной основанию (рис.9).

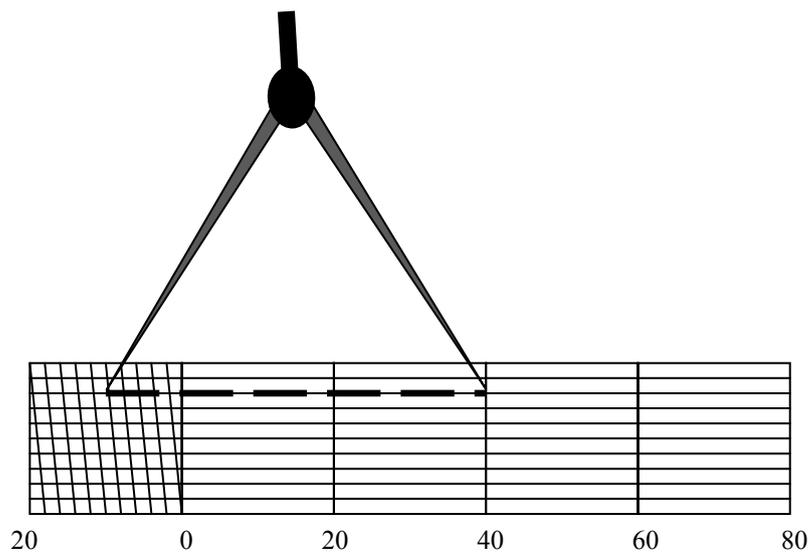


Рис. 9. Определение длины линии с помощью поперечного масштаба

Например: определяемое расстояние в 1:1000 масштабе (см. рис. 9) равно 49,6 м.

1.5. Прямая и обратная геодезические задачи

1.5.1. 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.10). Требуется определить координаты точки 2 (X_2 и Y_2).

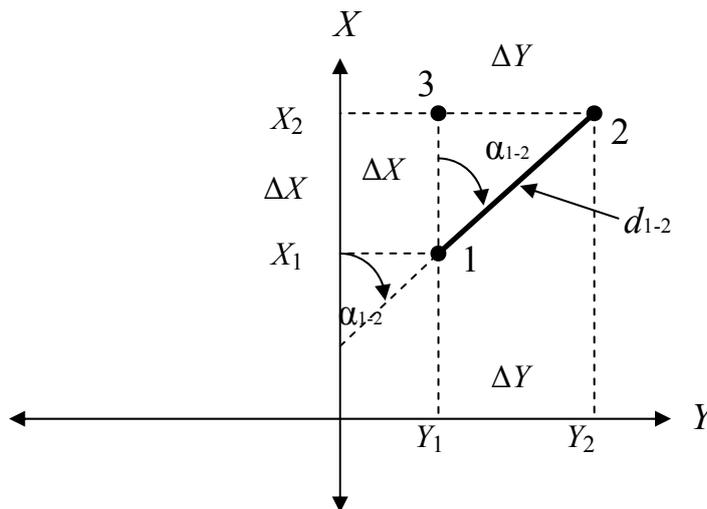


Рис.10. Прямая геодезическая задача

Из треугольника 1-2-3 (см. рис.10) находим приращения координат ΔX и ΔY .

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

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:

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

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

1.5.2. 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 (см. рис.10), можно определить, что $\Delta Y / \Delta X = \text{tg } \alpha_{1-2}$. 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:

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

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, то 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.

1.5.3. Элементы теории погрешностей

Элементы теории погрешностей подробно описаны в многочисленных учебниках и учебных пособиях по геодезии [3; 4; 5; 8]. Помимо упомянутой литературы студенты знакомятся с основами теории погрешностей на лекционных занятиях. Лекция по теории погрешностей в электронном виде входит в комплект мультимедийного курса лекций по направлению 08.03.01 – «Строительство», который студенты могут получить в электронной библиотеке университета.

2. ТОПОГРАФИЧЕСКИЕ СЪЕМКИ. КАРТОГРАММА ЗЕМЛЯНЫХ МАСС

Во втором разделе рассматривается теодолитная съемка участка местности, а также способы геометрического нивелирования и способы нивелирования поверхности. Изучаются правила расчета и оформления картограммы земляных работ (масс). Обе эти работы выполняются в виде расчетно-графических заданий, целью которых является получение студентами навыков в расчетных работах по составлению топографического плана, картограммы земляных работ. Завершающим этапом работ является их графическое построение, с учетом условных знаков.

2.1. Составление топографического плана участка. Теодолитная съемка

Расчетно-графическое задание №1

Выполняя расчетное задание №1, студенты строят план теодолитной съемки в масштабе 1:500, с выносом на площадку горизонталей, полученных по результатам геометрического нивелирования.

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.

2.1.1. Исходные данные и порядок выполнения задания

При съемке участка местности был проложен замкнутый теодолитный ход. Точка I теодолитного хода, является точкой опорной геодезической

сети с известными координатами. Четырехугольный теодолитный ход (полигон) проложен по часовой стрелке. В нем измерены длины всех сторон D и правые по ходу внутренние углы β . На рисунке показан теодолитный ход со всеми измеренными параметрами.

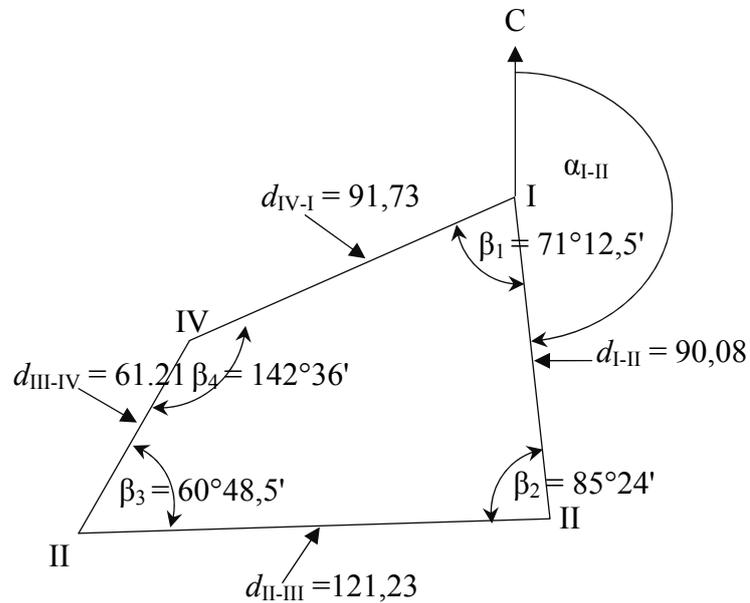


Рис.11. Схема теодолитного хода

Средние значения измеренных внутренних углов хода и горизонтальные проложения его сторон приведены в табл. 2.

Т а б л и ц а 2

Номера точек	Измеренные углы (правые)	Наименование сторон	Измеренные длины сторон D , м	Горизонтальные проложения d , м
I	$\beta_1 = 71^\circ 12.5'$			
		I-II	90.08	90.08
II	$\beta_2 = 85^\circ 24'$			
		II-III	121.23	121.23
III	$\beta_3 = 60^\circ 48.5'$			
		III-IV	61.21	61.21
IV	$\beta_4 = 142^\circ 36'$			
		IV-I	91.77	91.77

Горизонтальное проложение (рис.12), является проекцией измеряемой линии на местности, на плоскость, $d = D \cdot \cos\gamma$. Если угол наклона меньше или равен 2° , то поправка за наклон не вносится и $D = d$. Поэтому в табл. 2 измеренные длины сторон равны горизонтальным проложениям.

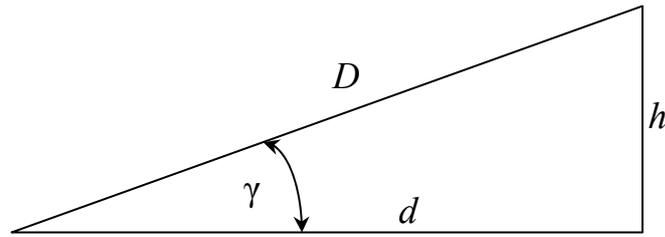


Рис. 12. Соотношение горизонтальных проложений (d) и длин сторон (D)

Исходными данными, для обработки измерений, по замкнутому теодолитному ходу являются:

- а) дирекционный угол α_{I-II} стороны I-II (рис. 11);
- б) внутренние горизонтальные углы $\beta_1, \beta_2, \beta_3, \beta_4$;
- в) горизонтальные проложения сторон $d_{I-II}, d_{II-III}, d_{III-IV}, d_{IV-I}$;
- г) координаты исходной точки.

Значения внутренних горизонтальных углов и горизонтальных проложений приведены в табл. 2. Исходный дирекционный угол α_{I-II} студенты вычисляют по формуле, заданной преподавателем, согласно порядковому номеру в списке группы.

Например: номер студента в списке группы 25, тогда

$$\alpha_{III-I} = 10 \cdot N + 20^\circ 47' = 250^\circ + 20^\circ 47' = 270^\circ 47'.$$

Координаты точки I студенты вычисляют по формуле заданной преподавателем. Например: $X_I = 370, Y_I = 470$.

Студены выполняют расчетное задание №1 «Составление топографического плана строительной площадки» в 1:500 масштабе, т.е. 1 см на плане соответствует 500 см или 5 метров на местности. Для удобства и точности построений пользуются линейным или поперечным масштабами.

2.1.2. Определение правильности измерения внутренних углов теодолитного хода (полигона)

Расчет координатной ведомости начинается с определения суммы внутренних углов теодолитного хода. Предварительно в теодолитную ведомость вносятся номера вершин теодолитного хода и значения внутренних углов, которые выписываются из табл. 2.

Вычисляем сумму внутренних углов:

$$\sum \beta_{\text{пол}} = \beta_1 + \beta_2 + \beta_3 + \beta_4 = 360^\circ 01'.$$

Определяем теоретическую сумму углов четырехугольного теодолитного хода (полигона) по формуле:

$$\sum \beta_{\text{теор}} = 180^\circ \cdot (n - 2) = 180^\circ (4 - 2) = 360^\circ,$$

где n – количество углов полигона.

Определяем разность между полученной и теоретической суммами углов:

$$f\beta_{\text{пол}} = \Sigma\beta_{\text{пол}} - \Sigma\beta_{\text{теор}} = 360^{\circ}01' - 360^{\circ} = 1'.$$

Полученная разность является угловой невязкой теодолитного хода.

Для того, чтобы определить правильность измерения углов теодолитного хода, необходимо определить допустимую угловую невязку теодолитного хода по формуле

$$f\beta_{\text{доп}} = \pm 1' \sqrt{n} = 1' \sqrt{4} = 2'.$$

Если полученная невязка меньше или равна допустимой невязке, то измерения признаются правильными.

$$f\beta_{\text{пол}} = 1' \leq f\beta_{\text{доп}} = 2'.$$

Следовательно, измерения углов полигона произведены правильно. Полученная невязка $f\beta_{\text{пол}}$, разбрасывается равномерно на все углы с обратным знаком. Для удобства расчетов вносим поправки только в те углы, где имеются доли минуты. Вычисляем исправленные углы. Сумма исправленных углов должна быть равна $\Sigma\beta_{\text{теор}}$. Вносим все полученные данные в табл. 3.

2.1.3. Вычисление дирекционных углов и румбов

Понятие дирекционных углов и румбов подробно рассмотрены в пп. 1.3. Соотношение дирекционных углов и румбов приведено на рис. 6 и в табл. 1.

Определяем дирекционные углы всех сторон теодолитного хода по формулам:

для правых углов

$$\alpha_{\text{посл}} = \alpha_{\text{пред}} + 180^{\circ} - \beta_{\text{п}};$$

для левых углов

$$\alpha_{\text{посл}} = \alpha_{\text{пред}} - 180^{\circ} + \beta_{\text{л}},$$

где $\alpha_{\text{пред}}$ – дирекционный угол первоначального направления; $\alpha_{\text{посл}}$ – дирекционный угол последующего направления; $\beta_{\text{п}}$ – правый внутренний угол, образованный этими направлениями; $\beta_{\text{л}}$ – левый внутренний угол, образованный двумя направлениями.

В нашем задании все внутренние углы правые, поэтому расчет дирекционных углов производится по первой формуле.

Например:

$$\alpha_{\text{II-III}} = \alpha_{\text{I-II}} + 180^{\circ} - \beta_2 = 270^{\circ}47' + 180^{\circ} - 85^{\circ}24' = 5^{\circ}23';$$

$$\alpha_{\text{III-IV}} = 5^{\circ}23' + 180^{\circ} - 60^{\circ}48' = 124^{\circ}35';$$

$$\alpha_{\text{IV-I}} = 124^{\circ}35' + 180^{\circ} - 142^{\circ}36' = 161^{\circ}59';$$

$$\alpha_{\text{I-II}} = 161^{\circ}59' + 180^{\circ} - 71^{\circ}12' = 270^{\circ}47'$$

(если полученный дирекционный угол больше 360° , то из него вычитаем 360°).

Таблица 3

Ведомость вычисления координат точек геодезического хода.

Номер точки	Измеренные углы β	Поправки в углы	Исправленные углы β_i	Дирекционные углы α	Румбы		Горизонтальные проекции d	Вычисленные приращения координат		Поправки в приращения координат		Исправленные приращения координат		Координаты точек	
					Наименование	Величина		$\pm\Delta X$	$\pm\Delta Y$	$\pm\delta_x$	$\pm\delta_y$	$\pm\Delta X_{\text{исп}}$	$\pm\Delta Y_{\text{исп}}$	X	Y
I	71°12,5'	-0,5'	71°12'	270°47'	СЗ	89°13'	8	9	10	11	12	13	14	15	16
II	85°24'		85°24'	270°47'	СЗ	89°13'	90,08	1,23	-90,07	0,01	0	1,24	-90,07	370	470
III	60°48,5'	-0,5'	60°48'	5°23'	СВ	5°23'	121,23	120,69	11,37	0,01	0	120,70	11,37	491,94	391,3
IV	142°36'		142°36'	124°35'	ЮВ	55°25'	61,21	-34,69	50,32	0,01	0	-34,68	50,32	457,26	441,62
				161°59'	ЮВ	18°01'	91,77	-87,27	28,38	0,01	0	-87,26	28,38	370	470
				270°47'	СЗ	89°13'									
	$\Sigma\beta_{\text{пол.}} = 360°01'$			P = 364,18			$\Sigma-121,96$		$\Sigma-90,07$			$\Sigma-121,94$		$\Sigma-90,07$	
	$\Sigma\beta_{\text{теор.}} = 360°$			$f_p = 0,04$			$\Sigma+121,92$		$\Sigma+90,07$			$\Sigma+121,94$		$\Sigma+90,07$	
	$f\beta_{\text{пол.}} = 1'$			$f_{\text{отн}} = 0,00011$			$f_x = -0,04$		$f_y = 0$						
	$f\beta_{\text{доп.}} = 2'$						$1/N_{\text{пол}} = 1/9104,5 < 1/N_{\text{доп}} = 1/2000$								

Если значение полученного дирекционного угла α_{I-II} равно исходному значению, то расчет выполнен верно. Вносим значения дирекционных углов в координатную ведомость. Определяем румбы всех направлений по формулам: приведенным в табл. 1, и вносим их значения в координатную ведомость (табл. 3).

2.1.4. Вычисление приращений координат

Для определения приращений координат вершин теодолитного хода, решаем прямые геодезические задачи. Решение прямых геодезических задач подробно рассмотрено в пп. 1.5.1, рис.10.

Решая прямые геодезические задачи, находим приращения координат всех сторон теодолитного хода, например:

$$\Delta X_{I-II} = 90,08 \cdot \cos 270^{\circ}47' = 1,23;$$

$$\Delta Y_{I-II} = 90,08 \cdot \sin 270^{\circ}47' = -90,07.$$

Перед определением значения функции, минуты из градусной системы переводим в десятичную, т.е. делим число минут на 60 и прибавляем значение градуса.

$$270^{\circ}47' = 270,78^{\circ}$$

$$\Delta X_{II-III} = 121,23 \cdot \cos 5^{\circ}23' = 120,69;$$

$$\Delta Y_{II-III} = 121,23 \cdot \sin 5^{\circ}23' = 11,37;$$

$$\Delta X_{III-IV} = 61,12 \cdot \cos 124^{\circ}35' = -34,69;$$

$$\Delta Y_{III-IV} = 61,12 \cdot \sin 124^{\circ}35' = 50,32;$$

$$\Delta X_{IV-I} = 91,77 \cdot \cos 161^{\circ}59' = -87,27;$$

$$\Delta Y_{IV-I} = 91,77 \cdot \sin 161^{\circ}59' = 28,38.$$

Значения приращений координат округляем до сотых долей. Аналогичным образом определяем приращения координат других направлений и вносим эти значения в координатную ведомость (табл. 3).

Определяем суммы положительных и отрицательных приращений координат ΔX и ΔY .

Например:

$$\Sigma -\Delta X = (-34,69) + (-87,27) = -121,96;$$

$$\Sigma +\Delta X = 1,23 + 120,69 = 121,92;$$

$$\Sigma -\Delta Y = -90,07;$$

$$\Sigma +\Delta Y = 11,37 + 50,32 + 28,38 = 90,07.$$

Вносим эти данные в координатную ведомость (табл. 3).

2.1.5. Оценка точности проведенных измерений

Определяем периметр хода, как сумму горизонтальных проложений

$$P = \sum d = 364,18 \text{ м.}$$

Определяем разницу между положительными и отрицательными суммами приращений координат.

$$f_x = \sum +\Delta X - \sum -\Delta X = 121,92 - 121,96 = -0,04;$$

$$f_y = \sum +\Delta Y - \sum -\Delta Y = 90,07 - 90,07 = 0.$$

Полученные разности являются невязками по осям X и Y .

Вносим эти данные в координатную ведомость (табл. 3).

Определяем абсолютную невязку теодолитного хода по формуле

$$f_p = \sqrt{f_x^2 + f_y^2} = \sqrt{0,04^2 + 0^2} = 0,04.$$

Определяем относительную невязку хода по формуле

$$f_{\text{отн}} = f_p / P = 0,04 / 364,18 = 0,00011.$$

Для удобства сравнения относительную невязку удобно представить в виде простой дроби, где в числителе стоит 1. Для этого во второй части формулы и числитель, и знаменатель делим на f_p .

$$1 / N_{\text{пол}} = (f_p : f_p) / (P : f_p) = (0,04:0,04) / 364,18 : 0,04 = 1 / 9104,5.$$

Для проверки правильности проведенных расчетов сравниваем полученную относительную невязку с допустимой невязкой. Допустимая относительная невязка для слабо расчлененного рельефа, характерного для нашего региона равна: $1 / N_{\text{доп}} = 1 / 2000$. Сравниваем полученную относительную невязку с допустимой невязкой:

$$1 / N_{\text{пол}} = 1 / 9104,5 < 1 / N_{\text{доп}} = 1 / 2000.$$

Если полученная относительная невязка меньше или равна допустимой невязке, то измерения и расчеты проведены правильно.

2.1.6. Вычисление поправок в приращения координат

После того как мы определили, что угловые и линейные измерения произведены правильно, в приращения координат следует внести поправки. Поправки в приращения координат вносятся пропорционально длине хода, с обратным знаком и рассчитываются по формулам:

$$\delta_x = (f_x / P) \cdot d; \delta_y = (f_y / P) \cdot d.$$

Например: определяем поправки в приращения координат по оси X .

$$\delta_{x1} = (-0,04/364,2) \cdot 90,08 = 0,01;$$

$$\delta_{x2} = (-0,04/364,2) \cdot 121,23 = 0,01;$$

$$\delta_{x3} = (-0,04/364,2) \cdot 61,12 = 0,01;$$

$$\delta_{x4} = (-0,04/364,2) \cdot 91,77 = 0,01.$$

Значения поправок округляются до сотых, но необходимо помнить, что сумма поправок должна быть равна невязке f_x с обратным знаком.

$$f_x = \delta_{x1} + \delta_{x2} + \delta_{x3} + \delta_{x4} = 0,01 + 0,01 + 0,01 + 0,01 = -0,04.$$

Вносим значения поправок в табл. 3.

Аналогичным образом определяем поправки по оси Y . Так как невязка по оси Y равна 0, то и поправки в приращения координат по оси Y равны нулю.

Вычисляем исправленные (уравненные) приращения координат по формулам:

$$\Delta X_{I-II \text{ испр}} = \Delta X_{I-II} \pm \delta_{x2} = 1,23 + 0,01 = 1,24;$$

$$\Delta Y_{I-II \text{ испр}} = \Delta Y_{I-II} \pm \delta_{y2} = -90,07 - 0 = -90,07.$$

Аналогичным образом вычисляем другие исправленные приращения координат. Сумма отрицательных и положительных исправленных приращений координат должна быть равна 0. Вносим полученные данные в координатную ведомость (см. табл. 3).

2.1.7. Определение координат точек теодолитного хода

Координаты последующих точек рассчитываются по формулам:

$$X_{\text{посл}} = X_{\text{пред.}} + \Delta X_{\text{испр}}; Y_{\text{посл}} = Y_{\text{пред.}} + \Delta Y_{\text{испр.}}$$

Например: вычисляем координаты по оси X ($X_I = 370$)

$$X_{II} = X_I + \Delta X = 370 + 1,24 = 371,24;$$

$$X_{III} = 371,24 + 120,70 = 491,94;$$

$$X_{IV} = 491,94 - 34,68 = 457,26;$$

$$X_I = 457,26 - 87,26 = 370.$$

Равенство значений X_I , полученного в результате расчета, с исходным значением, свидетельствует о правильности расчета. Вносим значения координат в табл. 3.

Вычисляем координаты по оси Y ($Y_I = 470$)

$$Y_{II} = 470 - 90,07 = 379,93;$$

$$Y_{III} = 379,93 + 11,37 = 391,30;$$

$$Y_{IV} = 397,30 + 50,32 = 441,62;$$

$$Y_I = 441,62 + 28,38 = 470.$$

Вносим значения координат по оси Y в табл. 3.

2.1.8. Построение координатной сетки и вынос точек вершин теодолитного хода

Координатную сетку со стороной квадратов 10×10 сантиметров, вычерчивают с помощью линейки Дробышева [3; 5], или с помощью циркуля измерителя и масштабной линейки.

Координатная сетка вычерчивается в масштабе 1:500.

Можно рекомендовать первоначально построить координатную сетку в масштабе 1:5000 на тетрадном листе в клетку со стороной квадрата 1 см, что позволит достаточно точно оценить положение теодолитного хода внутри координатной сетки, выяснится ли, окружающая полигон ситуация (результаты съемки подробностей) на ваш лист и определить количество необходимых квадратов.

Производим оцифровку координатной сетки. Для этого выбираем в координатной ведомости координаты по осям X и Y , имеющие наименьшее значение (см. табл. 3).

Например: для выбранного варианта, такими координатами являются координата точки I по оси X ($X_I = 370$) и координата точки II по оси Y ($Y_{II} = 379,93$). Отсчет координат начинаем с чисел меньше, наименьших координат и кратных 50, так как 10 см в 1:500 масштабе соответствуют 50 метров на местности.

Таковыми числами по осям X является 300 или 400, для того, чтобы поместить на план результаты съемки подробностей оцифровку сетки по оси X , начинаем с 300. По оси Y оцифровку начнем с числа 300. Проводим оцифровку остальных линий сетки через 50 метров (рис.13).

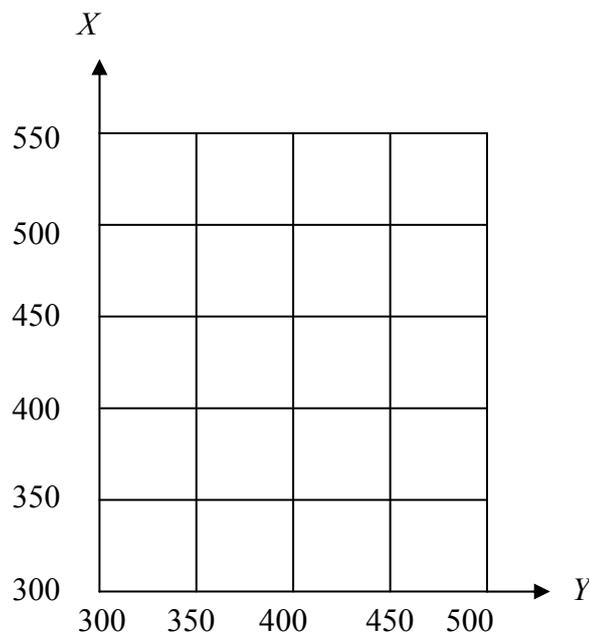


Рис.13. Пример оцифровки координатной сетки

Выносим на координатную сетку вершины теодолитного хода по их координатам (см. табл. 3). При выносе точек, пользуемся угольником, циркулем измерителем и поперечным масштабом. После нанесения вершин теодолитного хода на план (рис.14), приступаем к выносу на него результатов съемки подробностей.

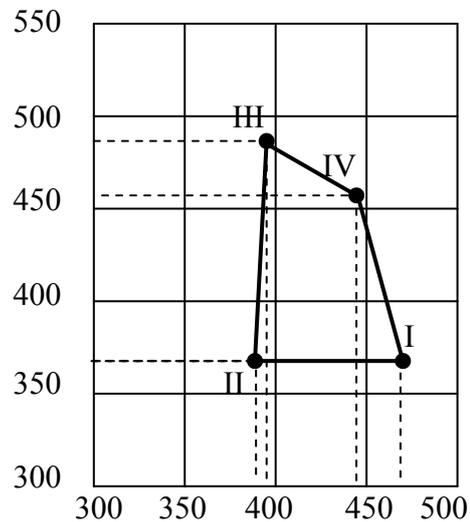


Рис.14. Пример выноса вершин теодолитного хода на план

2.1.9. Вынос на план результатов съемки подробностей

При проведении съемки подробностей было применено несколько способов: способ перпендикуляров, способ угловой засечки, способ линейной засечки, способ створов, а также способ полярных координат. Во время съемки подробностей составлялся абрис теодолитной съемки.

Абрис теодолитной съемки представляет собой схематичный чертеж съемки, без учета масштаба.

Абрис теодолитной съемки представляет собой схематичный чертеж съемки, без учета масштаба. На него, выносятся точные значения расстояний сторон, значения углов, как теодолитного хода, так и результатов съемки подробностей (рис.15). Помимо ситуации на абрис вынесена сетка квадратов 30×30 метров, в которых было проведено геометрическое нивелирование.

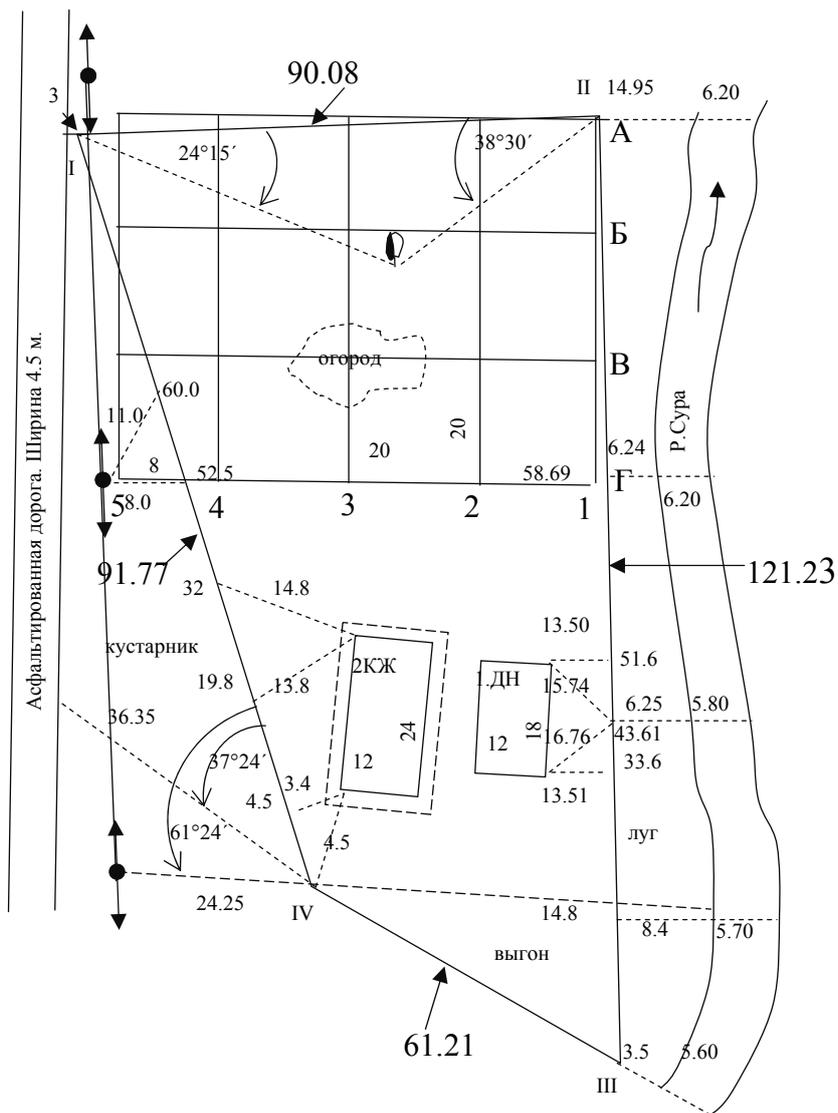


Рис.15. Абрис теодолитной съемки

Способ перпендикуляров

Способ перпендикуляров применяется при съемке ситуации и местных предметов, имеющих правильные геометрические формы, например, зданий, а также криволинейных контуров, например, рек, дорог, кромок леса и других, вытянутых в длину контуров.

Перпендикуляры опускаются из снимаемых точек на стороны теодолитного хода, при помощи эккера или на глаз, если длина перпендикуляра не превышает 10 метров в 1:5000 масштабе, 8 м – в 1:2000, 6 м – в 1:1000, и 4 м – в 1:500 масштабах. При применении эккера в 1:1000 масштабе, допускается длина перпендикуляра до 40 метров.

В данной работе способом перпендикуляров сняты правая стена здания 1ДН и левый берег реки Сура (см. абрис). По линии теодолитного хода III-II от точки III, в 1:500 масштабе, откладываются отрезки равные 14,8; 33,6; 43,61; 51,6; 58,69. Затем из этих точек, а также из точки II теодо-

литного хода, восстанавливаются перпендикуляры вправо или влево от линии теодолитного хода (см. абрис).

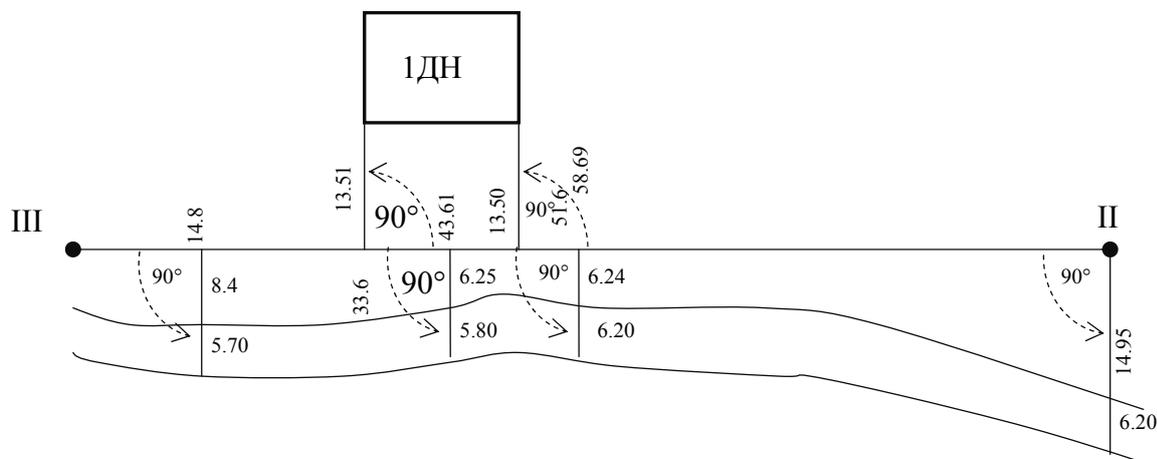


Рис. 16. Схема построения точек способом перпендикуляров

Затем по перпендикулярам в 1:500 масштабе откладываются расстояния указанные на абрисе теодолитной съемки (рис.15) и строится правая стена здания 1ДН, проверяя соответствие ее длины заданному на абрисе размеру.

Зная размеры здания, строим на плане здание 1ДН. Аналогичным образом вправо от линии теодолитного хода III-II, по перпендикулярам откладываем в масштабе расстояния до левого и правого берегов реки Сура. Соединив плавной линией полученные точки, строим русло реки.

Способ створов

Способ створов применяется в тех случаях, когда определяемая точка, находится на продолжении линии теодолитного хода или линии с четко известным направлением и расстоянием, например на продолжении линии, снятой способом полярных координат. Способом створом определена сторона асфальтированной дороги (см. рис. 15), а также крайние границы, правого и левого берегов реки Сура.

При выносе точки, способом створов, на план продлевается линия IV – III и от точки III откладывается в масштабе расстояние 3,5 метра. Таким образом, находим положение левого берега реки Сура. Отложив в том же направлении 5,6 метра, находим положение правого берега реки Сура. Соединяем плавными линиями полученные точки с точками, определенными способом перпендикуляров и строим все русло реки.



Рис.17. Схема определения положения точки способом

Аналогичным образом определяется положение края дороги продлевая линию II-I.

Способ угловой засечки

Наиболее выгодно применять этот способ при определении положения точек, расположенных в труднодоступных местах. Угол засечки в этом случае должен быть не менее 30° и не более 150° . Этим способом в нашем варианте определено положение одинокого дерева (см. рис. 15).

От линии I – II, из точек I и II теодолитного хода с помощью транспортира откладываем углы $24^\circ 15'$ и $38^\circ 30'$ (рис.18). Пересечение полученных направлений даст положение дерева.

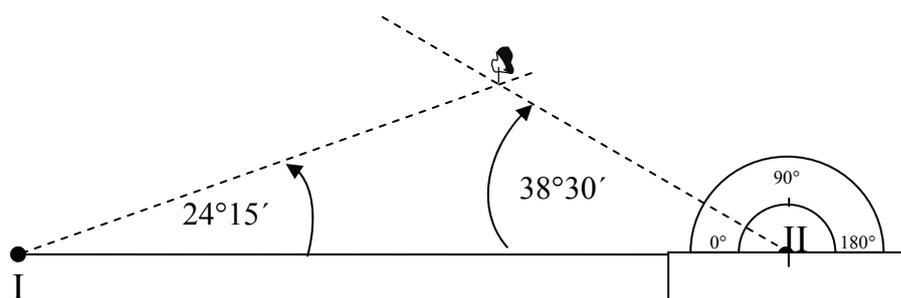


Рис.18. Схема определение положения стены здания способом угловой засечки

Способ линейной засечки

Этот способ наиболее широко применяется при строительных работах, при съемке снаружи и внутри зданий.

В данном задании способом линейной засечки определено положение стены жилого здания 2КЖ (см. рис.15) и положение средней опоры ЛЭП. От линии теодолитного хода IV – I, из точек, расстояние до которых измерялось от станции IV (52.5 и 60.0 метров) с помощью циркуля делаем засечки 8 и 11 метров (рис.19). Расстояние для засечек берется с абриса с учетом масштаба. Пересечение двух дуг даст положение средней опоры ЛЭП. Аналогичным образом определяется положение здания 2КЖ. Соединив полученные точки между собой, строим стену здания на плане. Длина стены в масштабе должна соответствовать длине стены на абрисе (см. рис.15). Используя размеры здания (рис.15), строим все здание на плане.

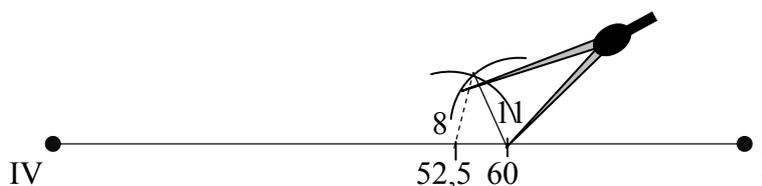


Рис.19. Схема определения положения стены здания способом линейной засечки

Способ полярных координат

Суть способа полярных координат заключается в том, что положение точки определяется углом, отложенным от известного направления и расстоянием до нее от полюса. На заданном студентам плане теодолитной съемки, способом полярных координат определено положение нижней опоры ЛЭП и правая сторона дороги (см. рис. 15). Определение на плане нижней опоры ЛЭП производится в следующей последовательности:

а) от линии теодолитного хода IV – I, от точки IV, с помощью транспортира откладываются углы $61^{\circ}24'$;

б) по полученному направлению в 1:500 масштабе откладывается 24,25 метра = 4,85 см. Полученная точка и определяет положение опоры ЛЭП на плане (рис. 20).

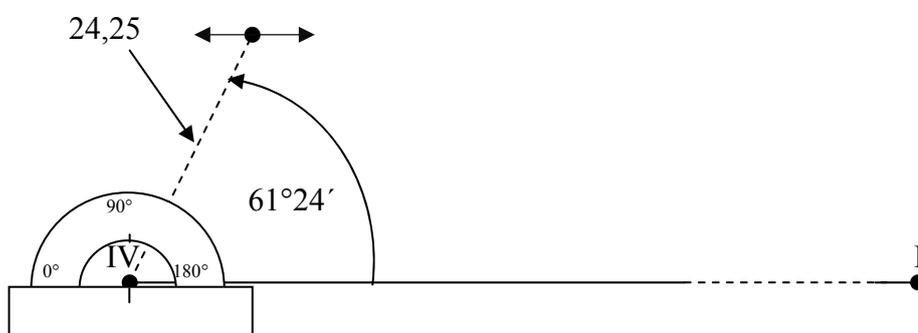


Рис.20. Схема определение положения опоры ЛЭП способом полярных координат

Аналогичным способом определяется положение правого края дороги (см. рис.15).

2.1.10. Геометрическое нивелирование

В геометрическом нивелировании, превышения определяются отсчетом горизонтальным лучом визирования по вертикальным рейкам, на которых нанесены сантиметровые деления. Визирование осуществляется нивелиром. Существует два способа геометрического нивелирования: нивелирование вперед и нивелирование из середины.

2.1.11. Нивелирование вперед

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

Измеряется высота прибора i (рис.21). 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 B (рис.21) находится по формуле

$$H_B = H_{P_{II}} + h.$$

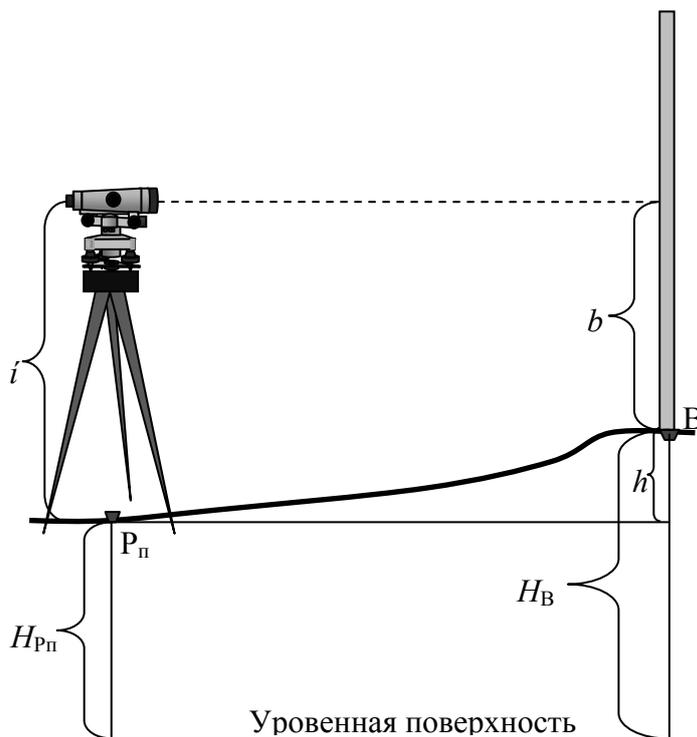


Рис. 21. Схема нивелирования способом вперед

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

2.1.12. Нивелирование из середины

Нивелирование из середины, является наиболее применяемым способом геометрического нивелирования, которое производится горизонтальным лучом визирования, параллельным уровенной поверхности (рис. 22). При этом способе, нивелир устанавливается между двумя точками, примерно на равном расстоянии от них. Известна абсолютная отметка т. A : H_A (рис.22). 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. 22, 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.

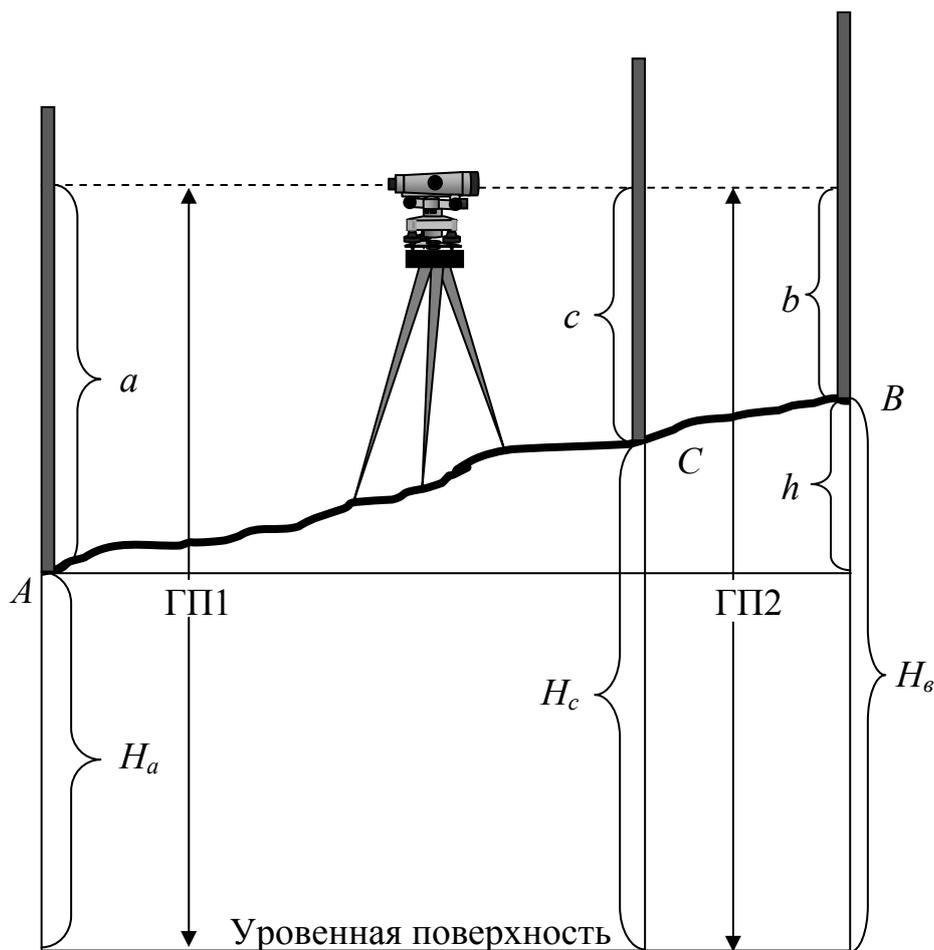


Рис. 22. Схема геометрического нивелирования способом из середины

Разница между двумя значениями h , не должна превышать 5 мм:

$$h_1 = a_{\text{ч}} - b_{\text{ч}};$$

$$h_2 = a_{\text{кр}} - b_{\text{кр}};$$

$$h_{\text{ср}} = (h_1 + h_2)/2.$$

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

2.1.13. Определение отметок промежуточных точек, горизонт прибора

При нивелировании часто возникает необходимость нивелировать точки, находящиеся либо в стороне от линии нивелирного хода, либо между связующими точками, но подчеркивающими особенности рельефа местности. Такие точки называются промежуточными. Их отметки вычисляются через горизонт прибора. Горизонтом прибора называется расстояние от уровенной поверхности до визирной оси нивелира. То есть горизонт прибора равен $\text{ГП} = H_A + a$ (см. рис. 22), абсолютной отметке точки плюс отсчет по черной стороне рейки, установленной на этой точке. Например:

необходимо определить абсолютную отметку точки C , расположенную между точками A и B (рис.22). Вычисляем горизонт прибора по формулам:

$$\text{ГП}_1 = H_a + a;$$

$$\text{ГП}_2 = H_b + b;$$

$$\text{ГП}_{\text{ср}} = (\text{ГП}_1 + \text{ГП}_2)/2.$$

Разница между двумя значениями ГП не должна превышать 5 мм.

Устанавливаем рейку на точку C и берем отсчет по черной стороне, получаем отсчет c . Абсолютная отметка точки C равна:

$$H_c = \text{ГП}_{\text{ср}} - c.$$

Нивелирование из середины имеет следующие преимущества:

а) На одной станции можно определить предельное превышение, равное длине рейки, т.е. значительно большее, чем при нивелировании вперед.

б) Отпадает необходимость измерения высоты инструмента. Так как расстояние между нивелиром и рейкой при всех прочих равных условиях ограничивается качествами трубы и уровня инструмента, то при нивелировании из середины расстояние между нивелируемыми точками может быть вдвое больше, чем при нивелировании вперед.

в) Главным преимуществом этого способа является то, что при одинаковом расстоянии между рейками и нивелиром, из измерений автоматически исключаются ошибки за кривизну земли, за рефракцию света и инструментальные ошибки.

2.1.14. Нивелирование поверхности

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. На абрисе теодолитной съемки (см. рис. 15) в верхней части изображена сетка, состоящая из 12 квадратов, с длиной сторон каждого равной 20 метрам.

2.1.15. Нивелирование по квадратам

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.

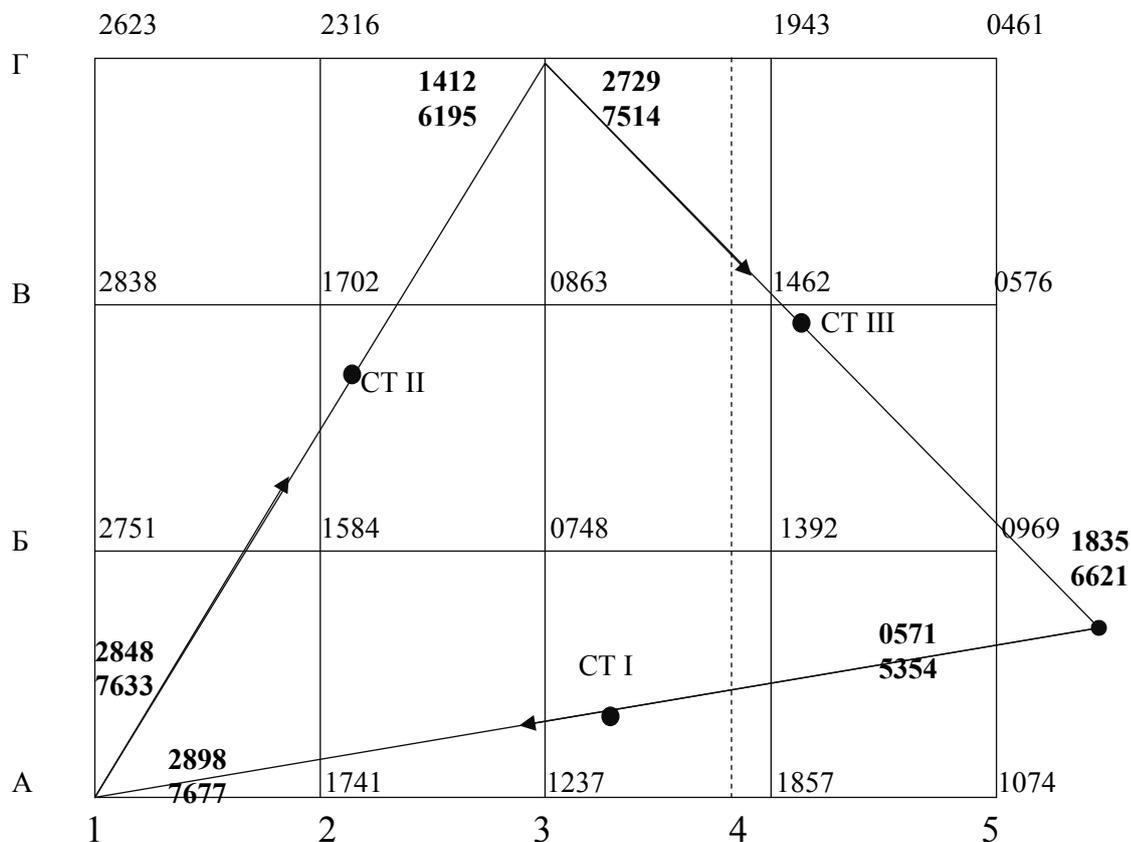


Рис.23. Схема замкнутого нивелирного хода

На абрисе теодолитной съемки (см. рис.15) показана сетка из 12 квадратов (20×20 м), разбитых от точки П теодолитного хода. 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.23). 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:

$$h_1 = a_{\text{ч}} - b_{\text{ч}} = 0571 - 2892 = -2321;$$

$$h_2 = a_{\text{кр}} - b_{\text{кр}} = 5354 - 7677 = -2323;$$

$$h_{\text{ср1}} = -2321 + (-2323)/2 = -2322.$$

Находим превышение между точками А1 и Г3.

$$h_1 = a_{\text{ч}} - b_{\text{ч}} = 2848 - 1412 = 1436;$$

$$h_2 = a_{кр} - b_{кр} = 7633 - 6195 = 1438;$$

$$h_{ср2} = 1436 + 1438 / 2 = 1437.$$

Определяем превышение между точками Г3 и Рп1.

$$h_1 = a_ч - b_ч = 2729 - 1835 = 0894;$$

$$h_2 = a_{кр} - b_{кр} = 7514 - 6621 = 0893;$$

$$h_{ср3} = 0894.$$

Находим сумму средних превышений нивелирного хода.

$$\Sigma h = h_{ср1} + h_{ср2} + h_{ср3} = -2322 + 1437 + 0894 = 0,009 = 9 \text{ мм.}$$

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

Допустимая невязка определяется по формуле

$$fh_{доп} = \pm 10 \text{ мм} \cdot \sqrt{n} = 17.3 \text{ мм} > 9 \text{ мм,}$$

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.

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

Сумма исправленных превышений должна быть равна нулю:

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

Находим абсолютные отметки точек А1 и Г3 по формуле

$$H_{посл} = H_{пред} + h_{исп};$$

$$H_{А1} = H_{Рп1} + h_{1исп} = 53,426 - 2,325 = 51,101 \text{ м};$$

$$H_{Г3} = H_{А1} + h_{2исп} = 51,101 + 1,434 = 52,535 \text{ м};$$

$$H_{Рп1} = H_{Г3} + h_{3исп} = 52,535 + 0,891 = 53,426 \text{ м.}$$

Равенство исходной и конечной величины отметки $H_{Рп1}$ 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 (см. рис.23). 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.24).

Вычисляем горизонты приборов для этих станций.

$$ГП_{1СТII} = H_{А1} + a = 51,101 + 2,848 = 53,949;$$

$$ГП_{2СТII} = H_{Г3} + b = 52,535 + 1,412 = 53,947;$$

$$\begin{aligned} \Gamma\Pi_{\text{cpCTII}} &= 53,948; \\ \Gamma\Pi_{1\text{CTIII}} &= H_{\Gamma3} + a = 52,535 + 2,729 = 55,264; \\ \Gamma\Pi_{2\text{CTIII}} &= H_{\text{Pп1}} + b = 53,426 + 1,835 = 55,261; \\ \Gamma\Pi_{\text{cpCTIII}} &= 55,263. \end{aligned}$$

Вычисляем абсолютные отметки всех точек площадки для СТII по формуле

$$H_i = \Gamma\Pi_{\text{cp}} - c,$$

где c – отсчет по рейкам на углах площадки.

Например

$$H_{\Gamma1} = \Gamma\Pi_{\text{cpCTII}} - 2623 = 53,948 - 2,623 = 51,325 \text{ м.}$$

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

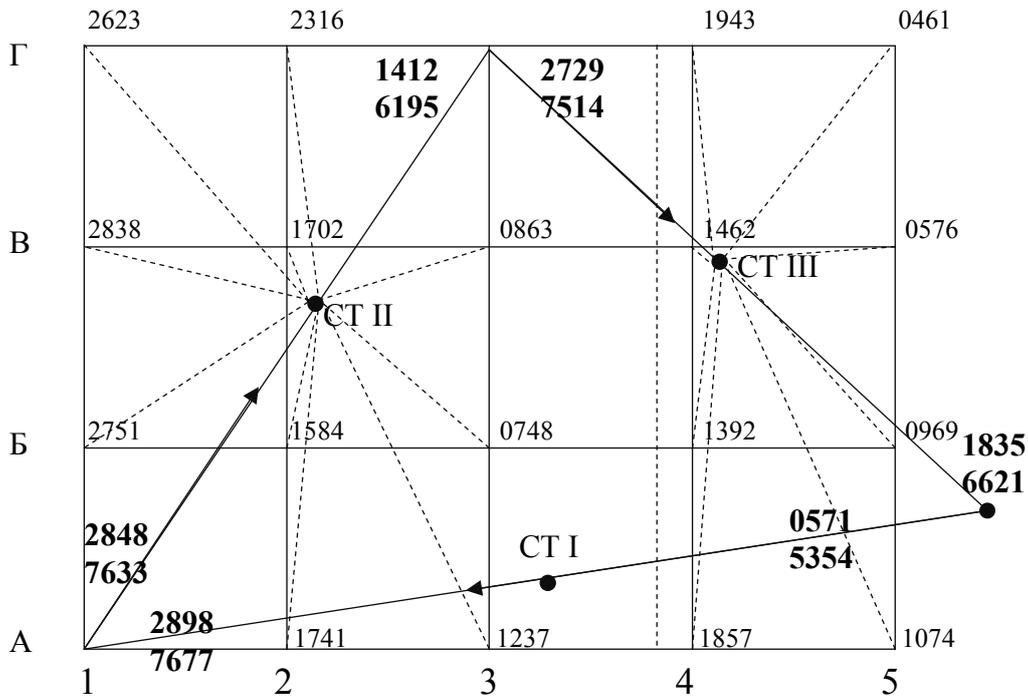


Рис.24. Схема нивелирования промежуточных точек

Аналогичным образом вычисляем отметки промежуточных точек снятых со станции III. В результате расчетов получаем сетку квадратов с абсолютными отметками вершин каждого квадрата (рис. 25). 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.25. Схема площадки с абсолютными отметками вершин квадратов

2.1.16. Построение горизонталей

Существует два способа построения горизонталей графический и аналитический.

2.1.17. Графический способ

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.25).

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 точки, получаем ломаную линию. Ее пересечение с линиями палетки, дает положение горизонталей на линиях палетки (рис.26). Опустив перпендикуляры из точек пересечения на линию Г, определяем на ней положение горизонталей. Числовое значение горизонтали равно, числовому значению линии палетки, с которой опущен перпендикуляр. Аналогичным образом находим положение горизонталей на линиях В, Б, и А.

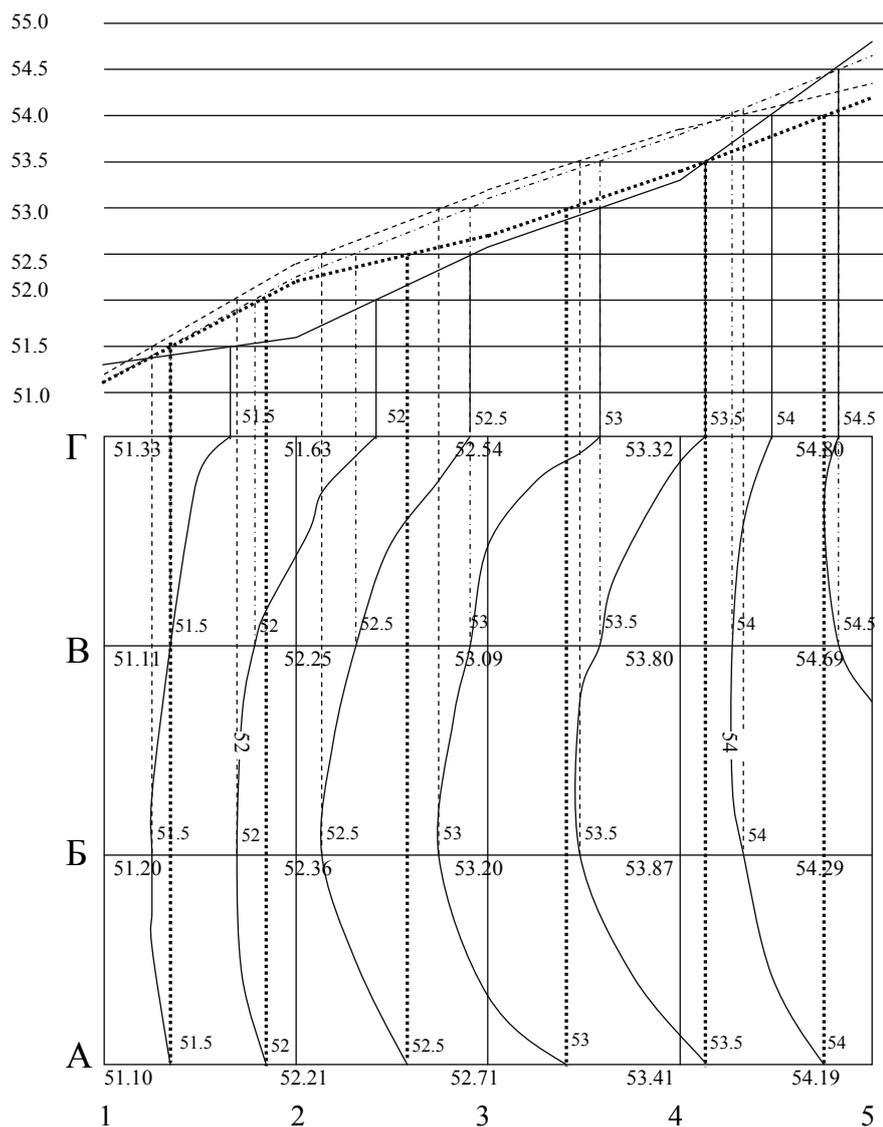


Рис.26. Построение горизонталей графическим способом

При более сложном рисунке рельефа, линии палетки строятся также параллельно линиям 1 или 5 и находится положение горизонталей на осях 1; 2; 3; 4; 5. В нашем варианте подобных построений не требуется. Соединяя точки с одинаковыми отметками, строим горизонтали. Горизонтали наносятся коричневым цветом. Подписываем только целые четные горизонтали, верх цифры направлен в сторону увеличения рельефа.

Можно рекомендовать студентам построить горизонтали на отдельном листе, а затем перенести их на план. Необходимо обратить внимание на порядок нумерации квадратов на абрисе (см. рис.15) и на схеме нивелирования (см. рис.24). Так как понижение рельефа направлено в сторону реки Сура.

2.1.18. Построение горизонталей аналитическим способом

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 (см. рис.26). 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 :

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

Разделив полученное превышение на расстояние в миллиметрах, получаем величину $i = 1,482 / 80 = 0,018$, равную изменению превышения на 1 мм расстояния на плане.

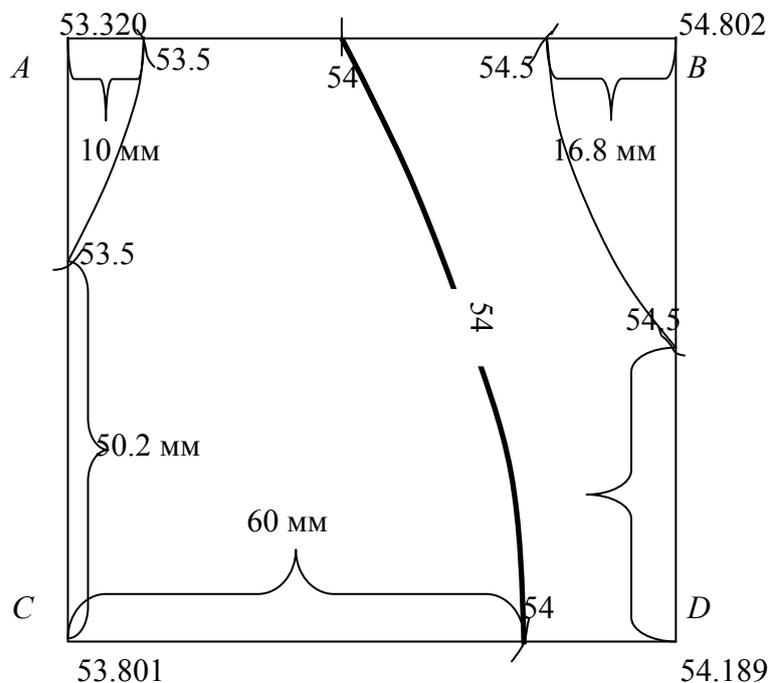


Рис. 27. Построение горизонталей аналитическим способом

Ближайшей горизонталью к точке A является горизонталь 53,5. Определяем превышение между ней и отметкой точки A :

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

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 (рис.27).

2.1.19. 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.

Из предыдущей формулы можно вывести, что

$$d = h/\operatorname{tg} \gamma,$$

где h – величина постоянная равная 0,5 м, поэтому величина d будет зависеть только от изменения $\operatorname{tg} \gamma = i$.

Построение графика заложения производим в следующем порядке:

- На горизонтальной оси графика откладываем 9-10 равных отрезков длиной 1 см.
- Из концов отрезков восстанавливаем перпендикуляры.
- Под границами отрезков подписываем значения уклонов, начиная с 0,01.
- Находим значения d для каждого уклона. Например: $i = 0,01$, $h = 0,5$ м, тогда $d = h / i = 0,5 / 0,01 = 50$ м.
- В 1:500 масштабе откладываем величину d по перпендикулярам.
- 50 м в 1:500 масштабе равно 10 см.
- Вычисляем оставшиеся расстояния d и откладываем их в масштабе на графике.

Полученные точки соединяем плавной линией. Применение графика заложения смотри [1; 3; 5].

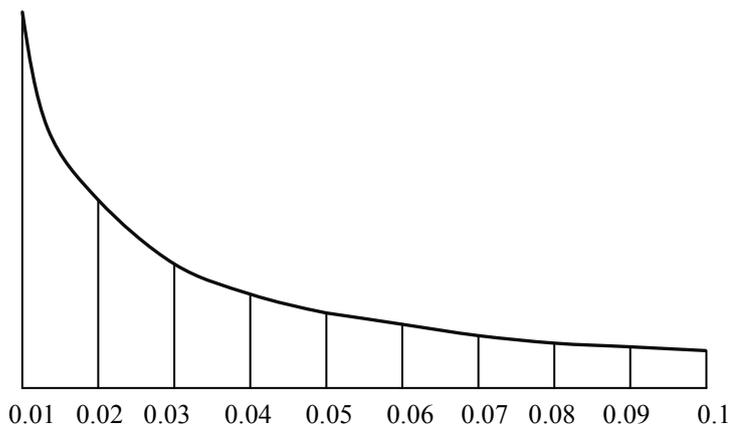


Рис.28. График заложения для определения уклонов

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.

2.1.20. Оформление топографического плана

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 горизонтالي, 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.29).

Окончательно оформляем топографический план участка, вынося на него зарамочное оформление и график заложения (рис.30).

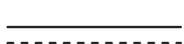
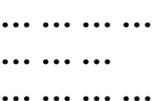
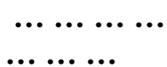
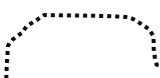
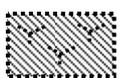
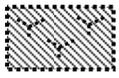
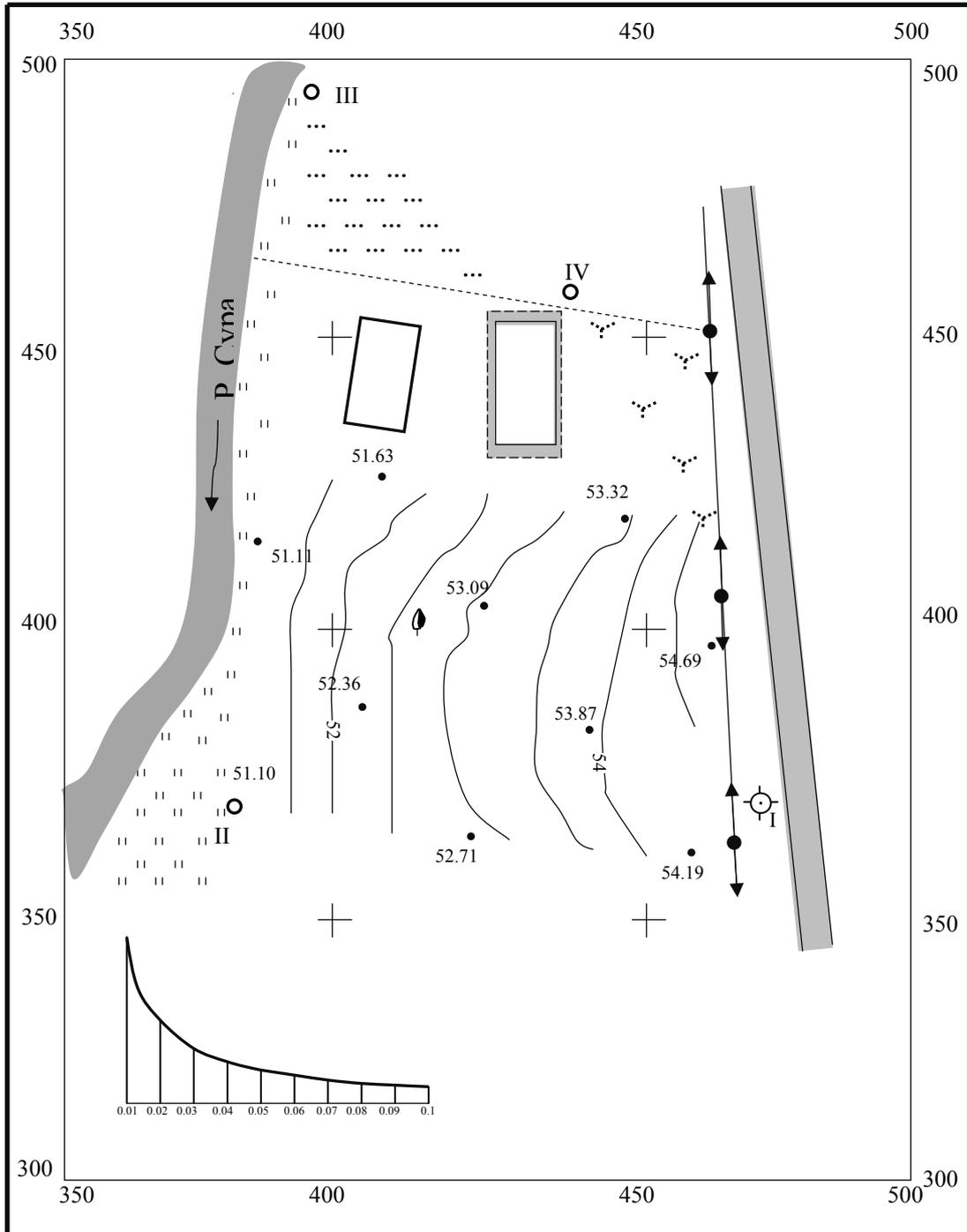
Изображения на планах	Названия.	Цвет изображения.	Размеры в мм.
а.  I б.  II	а. Точка плановой сети и ее номер. б. Вершина теодолитного хода и ее номер.	Черный.	 d = 3 
 79.13	Абсолютная отметка точки	Черный	 d = 1
	Пересечение координатных линий	Зеленый	
	Дорога асфальтированная.	Край черный. Внутри 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.29. 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.30. Топографический план участка. Масштаб 1:500

2.2. Вертикальная планировка. Составление плана земляных масс

Расчетно-графическое задание №2

Одной из составных частей генерального плана строительства, является проект вертикальной планировки застроенной территории. В соответствии с этим проектом, естественный рельеф преобразуется, путем выполнения земляных работ. Преобразование естественного рельефа в проектный рельеф, называется вертикальной планировкой.

В зависимости от задач строительства, проектный рельеф может быть горизонтальным, иметь уклон в одну или в две стороны, или иметь сложную поверхность.

Проектирование площадок производится по топографическим планам 1:500 – 1:5000 масштабов, или по результатам нивелирования поверхности, при условии нулевого баланса земляных работ, т.е. примерном равенстве насыпей и выемок. Для решения этой задачи строительный участок нивелируется по сетке квадратов со стороной от 10 до 50 метров. В данном задании за участок работ принимается сетка из двенадцати квадратов, по которым было проведено геометрическое нивелирование (см. рис.25). Задачей данной работы является подготовка наклонной площадки 80×60 метров (Проектирование наклонной оформляющей плоскости с уклоном в одном направлении). Работа должна быть выполнена с наименьшими физическими и материальными затратами. Студенты выполняют работу по своим данным полученным при нивелировании площадки. Сторона квадрата равна 20 метрам. Работа выполняется самостоятельно, в масштабе 1:1000 на листе чертежной бумаги А4.

2.2.1. Определение проектных отметок

На сетку квадратов вносятся абсолютные отметки вершин квадратов, которые подписываются черным цветом под горизонтальной разделительной линией каждого квадрата (рис.31). Проектирование наклонной оформляющей плоскости с уклоном в одном направлении начинается с деления площадки на две равные части. Работу начинаем с определения проектной отметки, (центра тяжести) левой половины площадки (см. рис. 31). Проектная отметка половины площадки определяется по формуле

$$H_x' = (\sum H_1 + 2\sum H_2 + 4\sum H_4) / 4n,$$

где H_1 – отметки вершин, принадлежащих только одному квадрату (на рис. 31 обозначается значком ▲); H_2 – отметки вершин в которых сходятся два квадрата (●), H_4 – отметки вершин в которых сходятся четыре квадрата (■); $n = 6$ число квадратов половины площадки.

	(51.35)	(52.13)	(52.92)	(53.70)	(54.48)
Г	51.33		51.63		52.54
В	(51.35)	(52.13)	(52.92)	(53.70)	(54.48)
	51.11		52.25		53.09
Б	(51.35)	(52.13)	(52.92)	(53.70)	(54.48)
	51.20		52.36		53.20
А	(51.35)	(52.13)	(52.92)	(53.70)	(54.48)
	51.10	52.21	52.71	53.41	54.19
	1	2	3	4	5

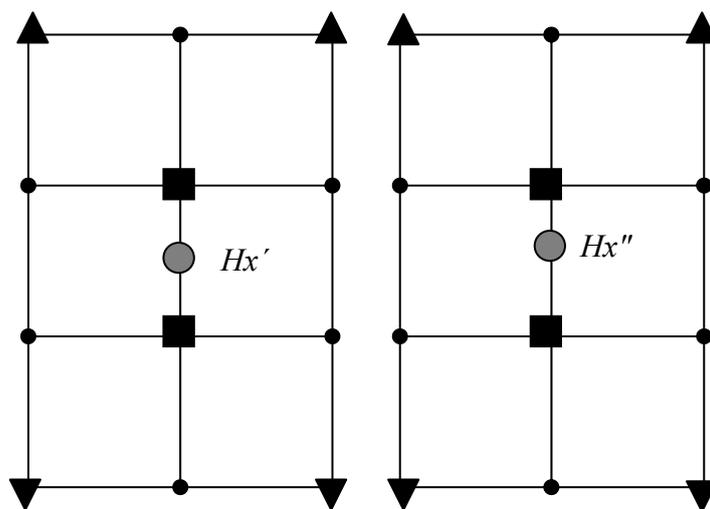


Рис. 31. Схема определения проектных отметок обеих половинок площадки (скобками указывается красный цвет цифр)

Например: для рассматриваемого варианта H_x' будет равно:

$$\Sigma H_1 = 51,33 + 52,54 + 52,71 + 51,10 = 207,68;$$

$$2\Sigma H_2 = (51,63 + 53,09 + 53,20 + 52,21 + 51,20 + 51,11) \cdot 2 = 624,88;$$

$$4 \Sigma H_4 = (52,25 + 52,36) \cdot 4 = 418,44;$$

$$H_x' = (207,68 + 624,88 + 418,44) / 24 = 52,13 \text{ м.}$$

Эта отметка является проектной, для всех вершин квадратов линии №2 проектируемой площадки. Она подписывается красным цветом над разде-

лительной, горизонтальной линией, над абсолютной отметкой вершины квадрата (см. рис.31). Красный цвет показан скобками. Аналогичным образом вычисляем проектную отметку H_x'' правой половины площадки. Отметки по линии 3 являются общими для обеих половинок площадок.

$$H_x'' = (214,24 + 643,98 + 430,69) / 24 = 53,70 \text{ м.}$$

Отметку по линии 3 (H_3) рассчитываем по формуле:

$$H_3 = (H_x' + H_x'') / 2 = 52,92 \text{ м.}$$

Определяем уклон площадки по формуле:

$$i = (H_x'' - H_x') / 2d = (53,70 - 52,13) / 40 = 0,039,$$

где d – длина стороны квадрата равная 20 метрам.

Проектные отметки по линиям 1 и 5 рассчитываются по формулам:

$$H_1 = H_x'' - id = 52,13 - 0,039 \cdot 20 = 51,35 \text{ м.}$$

$$H_5 = H_x' + id = 53,70 + 0,039 \cdot 20 = 54,48 \text{ м.}$$

Вписываем полученные проектные отметки по линиям 1; 3; 5 красным цветом над абсолютными отметками.

2.2.2. Определение рабочих отметок

Рабочие отметки показывают, какой вид работ необходимо выполнить в том, или ином квадрате, чтобы преобразовать естественный рельеф в проектный рельеф. Они рассчитываются по формуле

$$h_r = H_{пр} - H_{абс},$$

где $H_{пр}$ – проектная отметка точки; $H_{абс}$ – абсолютная отметка этой же точки.

Отрицательный знак рабочей отметки, говорит о том, что для достижения проектной отметки необходимо срезать грунт, положительный о необходимости насыпных работ.

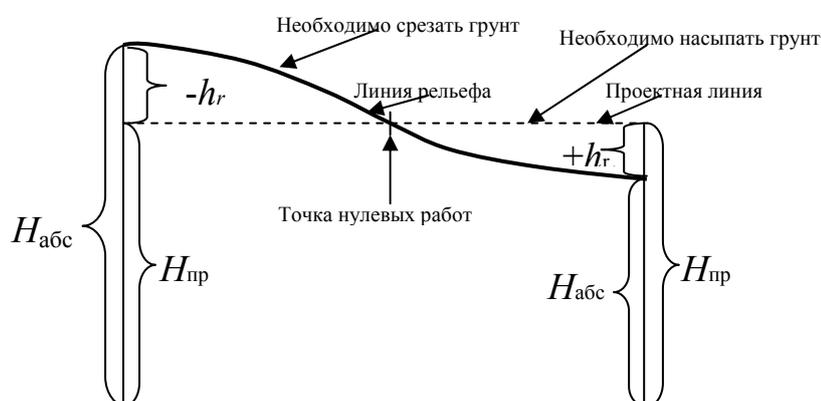


Рис.32. Схема определения рабочей отметки

Например рабочие отметки точек Г1 и В1 означают:

$$h_{Г1} = 51,13 - 51,33 = +0,20 \text{ м} - \text{необходимо насыпать грунт};$$

$$h_{В2} = 52,13 - 52,25 = -0,12 - \text{необходимо срезать грунт}.$$

Определяем все проектные отметки и подписываем их красным цветом, слева от проектной отметки, за разделительной вертикальной линией квадратов.

2.2.3. Проведение линии нулевых работ

Линия нулевых работ проводится через точки, в которых проектные отметки равны абсолютным отметкам. Расстояние до линии нулевых работ рассчитывается по формуле

$$X = (|h_{r1}| / (|h_{r1}| + |h_{r2}|)) \cdot d,$$

где h_{r1} и h_{r2} – рабочие отметки, d – расстояние между точками с этими отметками. Знак модуля означает, что при расчетах, знаки рабочих отметок не учитываются. Линия нулевых работ проводится только между точками, рабочие отметки которых имеют разные знаки (рис.33).

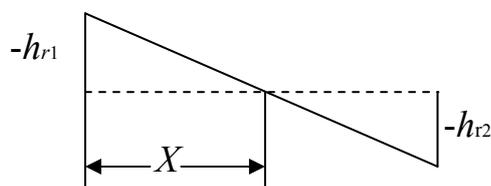


Рис.33. Определение расстояния до линии нулевых работ

Например определяем положение линии нулевых работ между точками В1 и В2.

$$X = (|0,24| / (|0,24| + |-0,12|)) \cdot 20 = 13,33 \text{ м} = 2,67 \text{ см в } 1:500 \text{ масштабе}.$$

Откладываем это расстояние от точки, рабочая отметка которой стоит в числителе, т.е. В1 (рис. 34).

Определяем расстояния до линии нулевых работ на всей площадке и, соединив полученные точки, проводим линию нулевых работ (рис.34.). Линия нулевых работ, выносится на картограмму, синим цветом. Насыпь закрашивается желтым цветом, выемка розовым или светло-фиолетовым цветом.

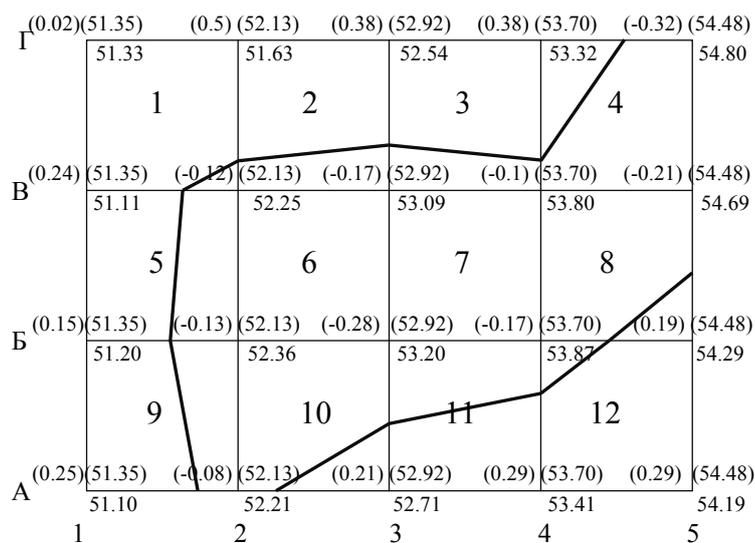


Рис.34. Вынос линии нулевых работ

2.2.4. Расчет баланса земляных масс

Для определения баланса земляных масс необходимо вычислить объемы насыпей и выемок. Для вычисления объемов земляных масс, составляется табл. 4. Таблица вычерчивается на листе А4. Предварительно производится нумерация квадратов площадки (см. рис.34). Номера квадратов вносятся в первый столбец табл. 4. Линия нулевых работ делит квадраты на простые геометрические фигуры, площадь которых подсчитывается по геометрическим формулам. Основными фигурами, получившимися в результате проведения линии нулевых работ, являются треугольники, трапеции, пятиугольники и квадраты. Вносим значки фигур в столбцы 2 и 3, согласно видам работ, т. е. Н – насыпь, В – выемка.

Т а б л и ц а 4

Определение объемов земляных работ

Номер квадрата	Вид фигуры		Площадь, м ²		Средняя рабочая отметка, м		Объем, м ³	
	Н	В	Н	В	Н	В	Н	В
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	△	△	371,5	28,5	0,15	0,04	55,7	1,1
2	△	△	306,3	93,7	0,22	0,07	67,4	6,6
3	△	△	297,4	102,6	0,19	0,07	56,5	7,2
4	△	△	88,47	311,53	0,13	0,12	11,5	37,4
5	△	△	208,3	191,7	0,10	0,09	20,8	17,3
6	-	□	-	400	0	0,21	0	84
7	-	□	-	400	0	0,18	0	72

Окончание табл. 4

1	2	3	4	5	6	7	8	9
8	△	△	51,43	348,57	0,06	0,094	3,1	32,8
9	▱	▱	226,9	173,1	0,10	0,08	22,7	13,8
10	△	△	58,3	341,7	0,07	0,12	4,1	41
11	▱	▱	209,3	190,7	0,13	0,12	27,2	22,3
12	△	△	365,87	34,13	0,16	0,06	58,5	2,1
							$\sum V_H$	$\sum V_B$
							327,5	337,6

2.2.5. Вычисление площадей

Вычисление площадей полученных геометрических фигур, производим по геометрическим формулам. Например, площадь треугольника в первом квадрате равна:

$$S_{\Delta} = a \cdot h / 2 = (3,9 \text{ м} \cdot 7,3 \text{ м}) / 2 = 28,5 \text{ м}^2.$$

Площадь пятиугольника равна площади квадрата минус площадь треугольника:

$$S_{\square} = 400 \text{ м}^2 - 28,5 \text{ м}^2 = 371,5 \text{ м}^2.$$

Можно посоветовать студентам контролировать вычисление площадей, так как сумма любых фигур в квадрате, равна площади квадрата. Например, сумма площадей двух трапеций равна площади квадрата. Вычисляем площади остальных фигур и вносим их значения в табл. 4, столбцы 4 и 5.

2.2.6. Вычисление средних рабочих отметок

Для получения объема фигуры, необходимо знать площадь этой фигуры и ее высоту ($V = S \cdot h$).

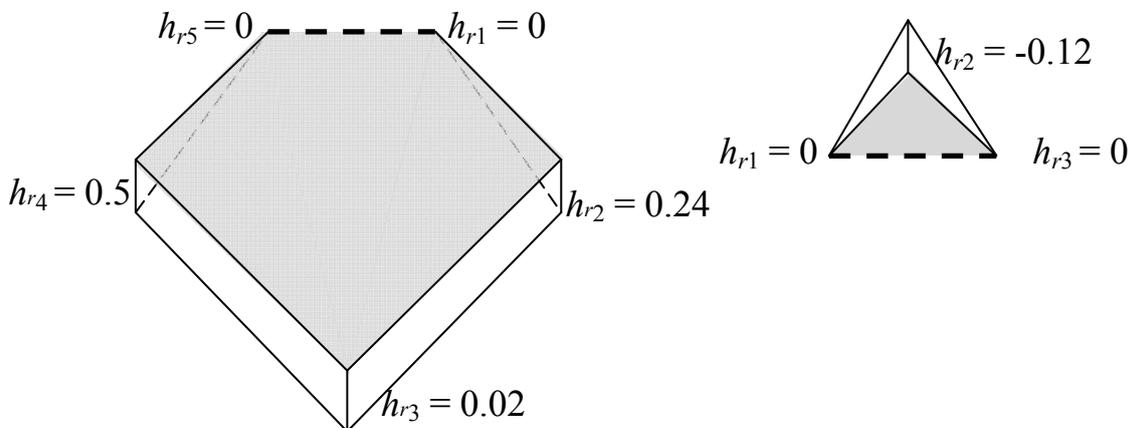


Рис.35. Треугольная и пятиугольная призмы, образованные, при сечении земной поверхности проектной плоскостью, проходящей через линию нулевых работ

За высоту, при расчете объемов земляных масс, принимается средняя рабочая отметка, которая вычисляется следующим образом. Для примера возьмем первый квадрат нашей площадки. Линией нулевых работ 1 квадрат разделен на треугольник и пятиугольник. Как видно из рис. 34 все точки пятиугольника находятся ниже плоскости проходящей через линию нулевых работ (утолщенная пунктирная линия), а в треугольнике выше этой плоскости.

$$h_{r\text{cp}\Delta} = (h_{r1} + h_{r2} + h_{r3} + h_{r4} + h_{r5}) / 5 = (0 + 0,02 + 0,24 + 0,5 + 0) / 5 = 0,152 \text{ м};$$

$$h_{r\text{cp}\Delta} = (h_{r1} + h_{r2} + h_{r3}) / 3 = (0 + 0,12 + 0) / 3 = 0,04 \text{ м}.$$

Средние отметки остальных фигур рассчитываются по формулам:

$$h_{r\text{cp}\square} = (h_{r1} + h_{r2} + h_{r3} + h_{r4}) / 4;$$

$$h_{r\text{cp трап}} = (h_{r1} + h_{r2} + h_{r3} + h_{r4}) / 4.$$

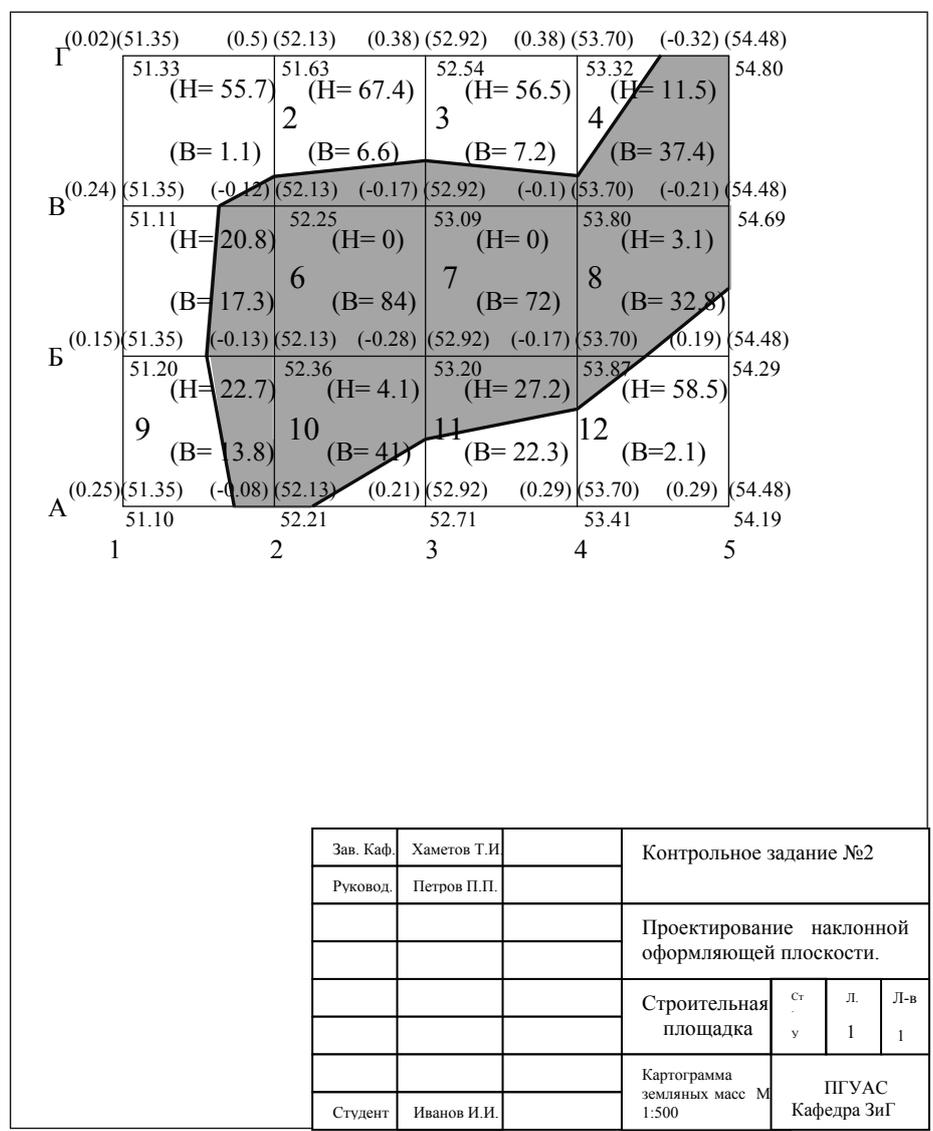


Рис.36. Картограмма земляных масс

Рабочие отметки точек, находящихся на линии нулевых работ равны нулю.

Вычисляем объемы насыпи и выемки в каждом квадрате по формуле:

$$V = S \cdot h_{\text{ср.}}$$

Данные вносим в табл. 4, столбцы 8 и 9. Полученные значения округляем до 1 десятой кубического метра.

Определяем суммарные объемы насыпи и выемки и подводим баланс земляных работ по формуле

$$m = [(\sum V_{\text{н}} - \sum V_{\text{в}}) / (\sum V_{\text{н}} + \sum V_{\text{в}})] \cdot 100 \% \leq 5 \%$$

Если полученное число меньше 5 %, то расчет выполнен, верно.

$$m = [(327,5 - 337,6) / (327,5 + 337,6)] \cdot 100 \% = 1,5 \% \leq 5 \%$$

Объемы насыпей и выемок вносим в каждый квадрат картограммы земляных масс, красным цветом.

Оформляем картограмму земляных работ на листе А4. В нижней части листа вычерчиваем штамп. Заполнение граф штампа производится по образцу (рис.36).

3. ИЗУЧЕНИЕ ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ ПРИБОРОВ

Помимо контрольных заданий на лабораторных занятиях студенты изучают геодезические приборы: теодолиты, электронные тахеометры, нивелиры. Объектом изучения являются:

- устройство геодезических приборов,
- способы измерения углов, расстояний, превышений,
- поверки и юстировки геодезических приборов.

Все записи на этих занятиях выполняются в отдельных тетрадах и сопровождаются необходимыми пояснениями и рисунками.

3.1. Классификация теодолитов

По конструкции современные теодолиты подразделяются на оптические, электронные и лазерные.

По точности измерений они подразделяются на:

- а) высокоточные со среднеквадратической погрешностью измерения одним приемом до $1''$;
- б) точные – $2-5''$;
- в) технические $15 - 60''$.

Точные теодолиты выпускаются в основном с компенсаторами, которые устраняют погрешности измерения вертикальных углов, вызванные наклоном прибора во время работы в полевых условиях.

Отличительной особенностью электронных теодолитов является наличие специальных датчиков, позволяющих передавать изображения горизонтального и вертикального кругов на дисплей прибора. Также результаты измерений могут быть занесены во внутреннюю память и переданы в персональный компьютер. Работать электронным теодолитом удобно и просто. Достаточно наблюдателю навести зрительную трубу на цель, после чего считывание отсчетов по лимбу и последующая обработка выполняются автоматически. Процесс измерения горизонтальных и вертикальных углов занимает считанные доли секунды и требует сравнительно невысокой квалификации наблюдателя. При этом значительно ускоряется процесс геодезических измерений.

3.2. Технические теодолиты. Теодолит 4Т30П.

Устройство, поверки и юстировки

Технический оптический теодолит 4Т30П (рис.37) 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.

3.2.1. Устройство теодолита 4Т30П

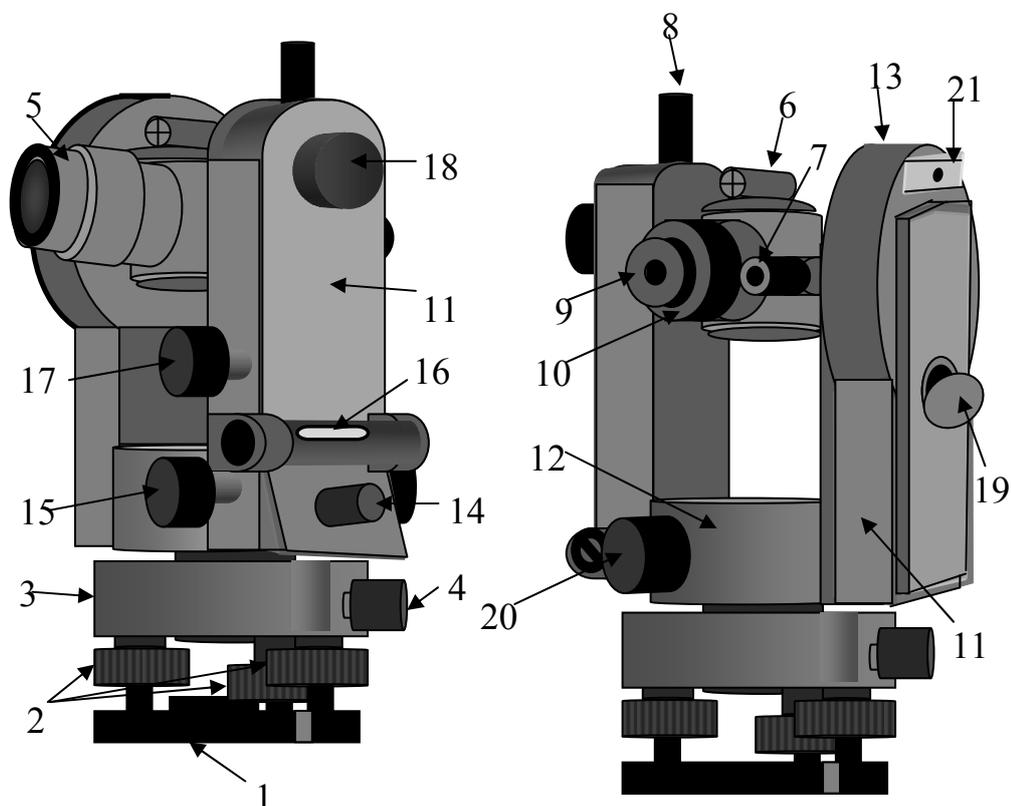


Рис.37. Устройство теодолита 4Т30П:

- 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 тубы; 18 – винт резкости (кремальера); 19 – зеркало подсветки; 20 – рукоятка перевода лимба; 21 – скоба для крепления буссоли

3.2.2. 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.

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

4. 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.

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

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

7. 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.38), 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. 38). В случае положительного значения цифры отсчета, он производится от 0 к 6.

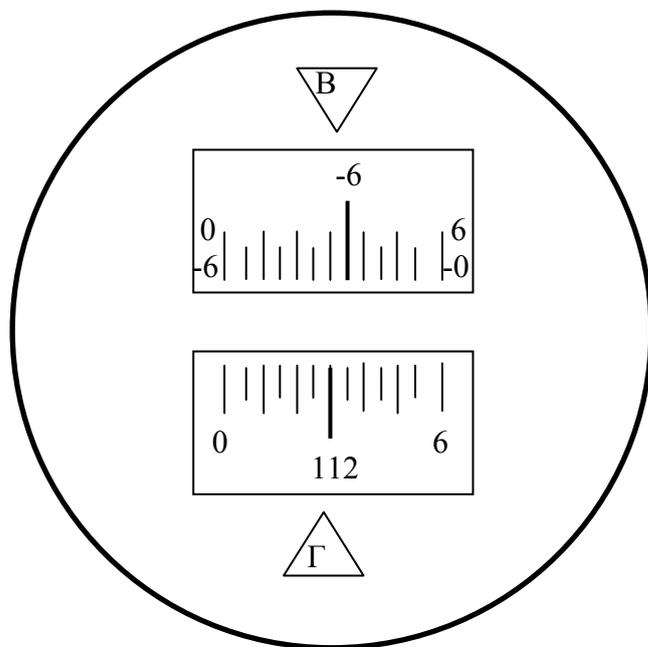


Рис.38. Поле зрения шкалового микроскопа 4Т-30:
Отсчеты: по горизонтальному кругу ($112^\circ 30'$)
по вертикальному кругу ($-6^\circ 25'$)

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

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

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

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

12. 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. 37). 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.

13. 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.38).

14. 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.

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

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

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

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

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

20. 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.

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

3.2.3. Установка теодолита в рабочее положение

Для установки теодолита в рабочее положение необходимо выполнить следующие действия:

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

2. 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.

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

4. Закручиваем закрепительные винты алидады и зрительной трубы.

5. С помощью кремальеры добиваемся четкости изображения предмета.

6. Вращая окуляр зрительной трубы, добиваемся четкости изображения сетки нитей.

7. Наводящими винтами алидады и зрительной трубы точно наводим сетку нитей на определяемый предмет

После выполнения этих действий теодолит готов к работе.

3.2.4. Поверки и юстировки теодолита 4Т 30

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 (U) должна быть перпендикулярна к вертикальной оси (Z).

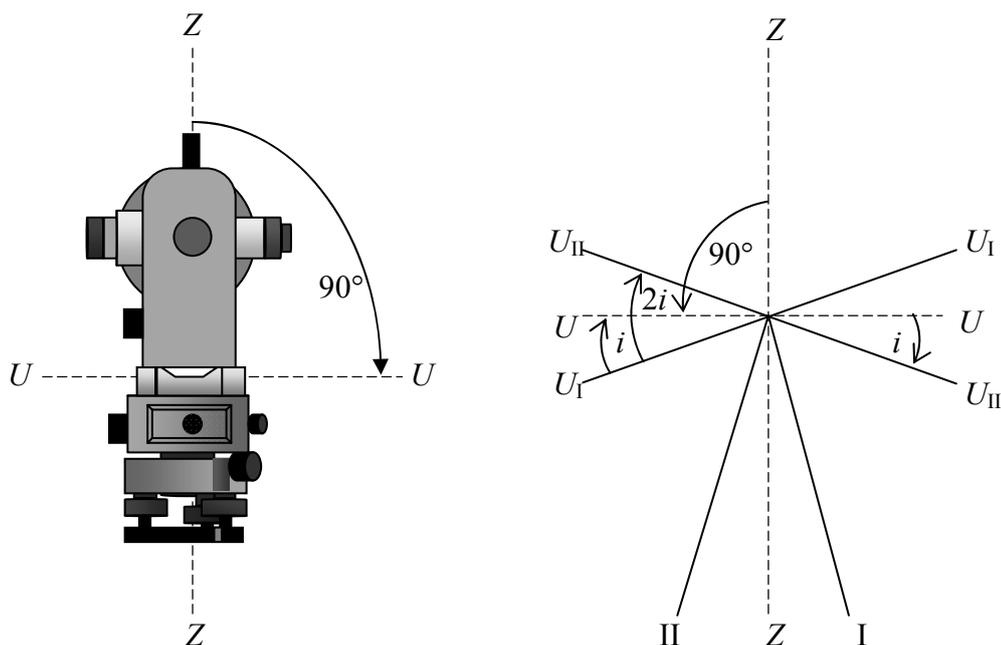


Рис. 39. Геометрические условия выполнения 1 поверки

Эта поверка выполняется аналогично тому, как производится установка теодолита в рабочее положение (пп.3.2.3.б).

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

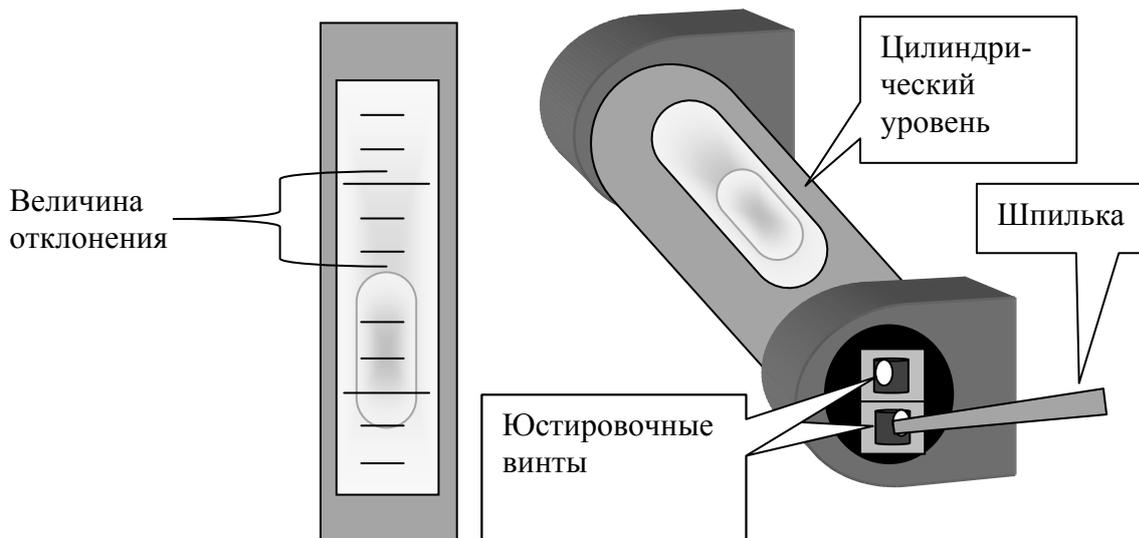


Рис. 40. Схема юстировки цилиндрического уровня при алидаде

Поверка №2

Визирная ось зрительной трубы (V) должна быть перпендикулярна к горизонтальной оси вращения трубы (H)

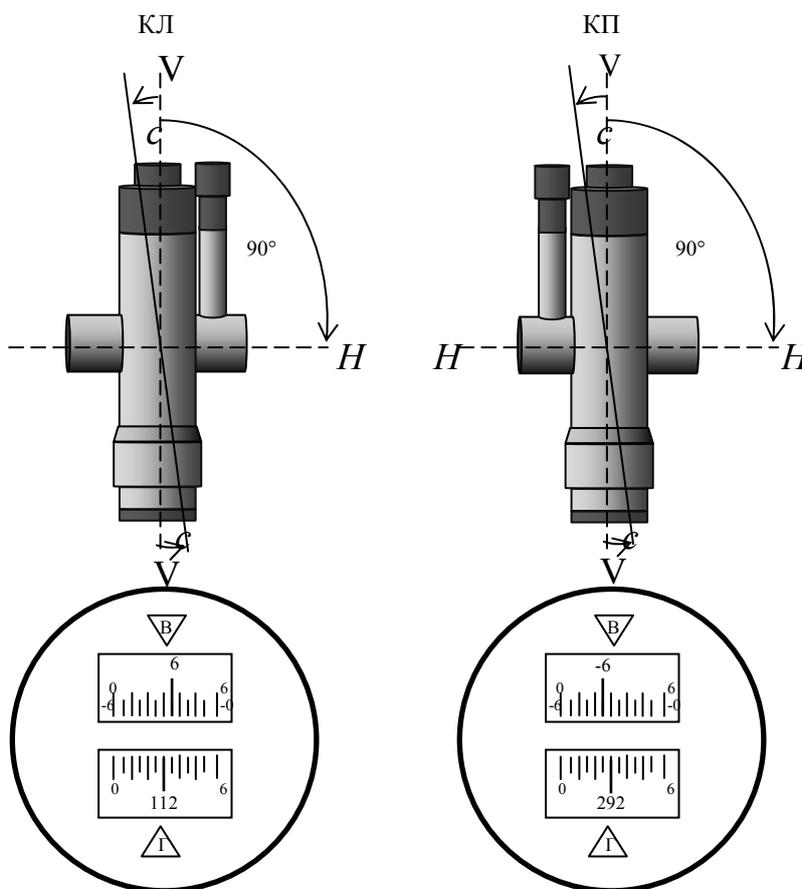


Рис.41. Геометрические условия выполнения 2 поверки

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.

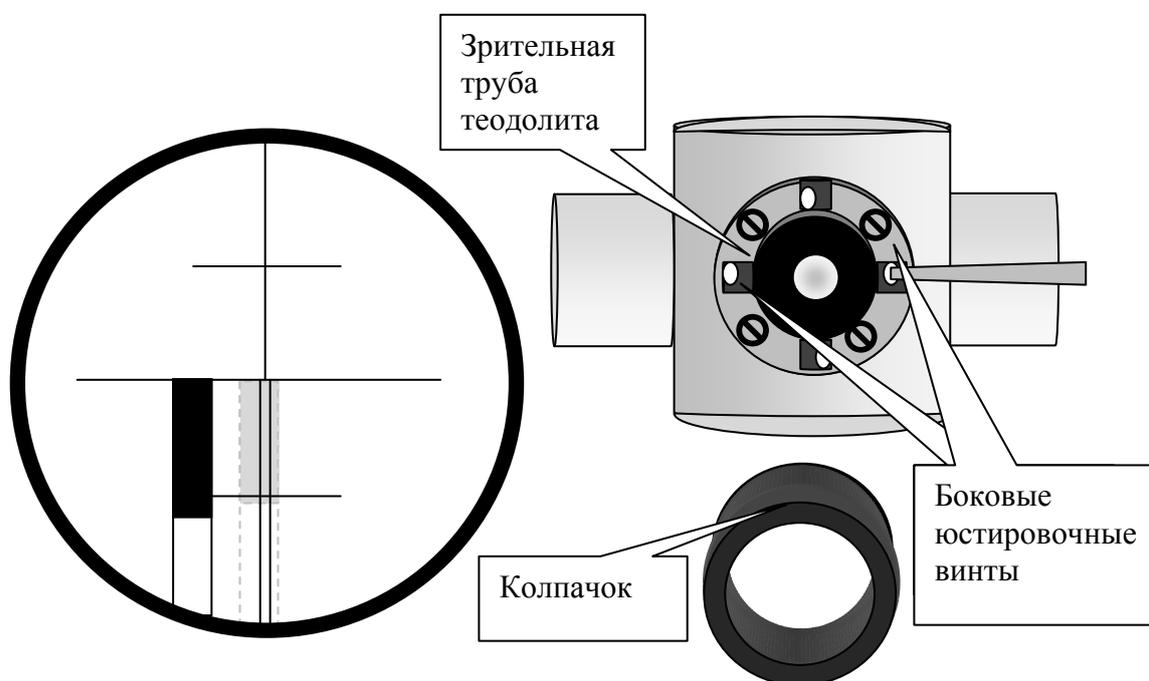


Рис. 42. Схема исправления коллимационной погрешности

Предположим $C_0 = 6'$. Для исправления этой погрешности берем последний отсчет. Например: КЛ2 = 212°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.42). После исправления поверка повторяется.

Поверка № 3

Горизонтальная ось (H) должна быть перпендикулярна вертикальной оси (Z)

Для выполнения этой поверки теодолит устанавливается в 5–30 метрах от стены здания (рис. 43). На стене выбирается высоко расположенная точка A , 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 B .

Переводим трубу через зенит, наводим ее на точку A и при КП опускаем ее в точку B . Если точки B при КЛ и КП совпадают, то условие поверки считается выполненным. Если перекрестие сетки нитей попадает в точки B' или B'' то условие считается нарушенным.

Исправление необходимо выполнять в специальной мастерской или на заводе изготовителе.

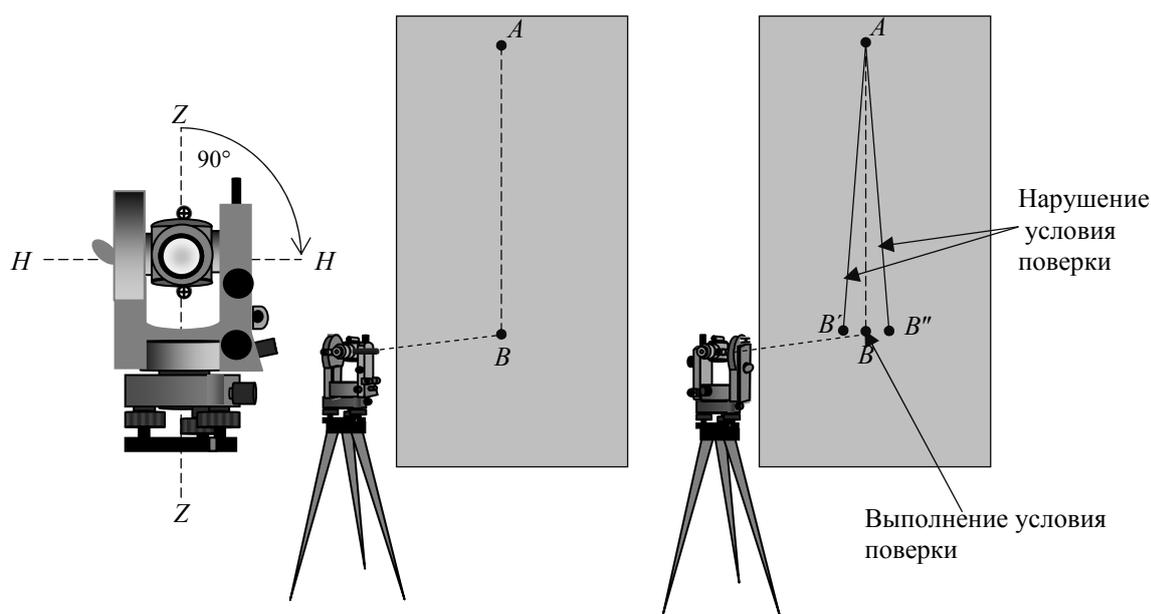


Рис. 43. Геометрические условия выполнения 3 поверки

Поверка № 4

Основной вертикальный штрих сетки нитей (N) должен быть перпендикулярен к горизонтальной оси (H).

Для выполнения этой поверки теодолит наводится на хорошо видимую удаленную точку на местности (рис.44а). 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.

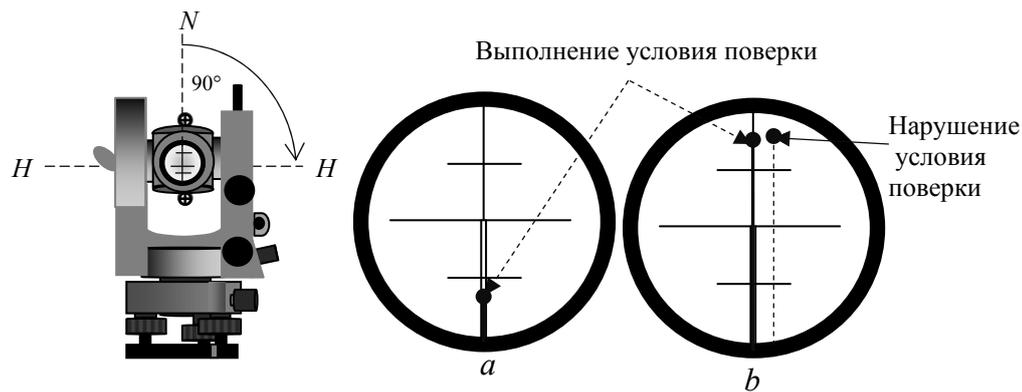


Рис.44. Геометрические условия выполнения 4 поверки

В противном случае, ослабив винты, скрепляющие окуляр с корпусом трубы, поворачивают его так, чтобы условие оказалось выполненным, и поверку повторяют (рис.45).

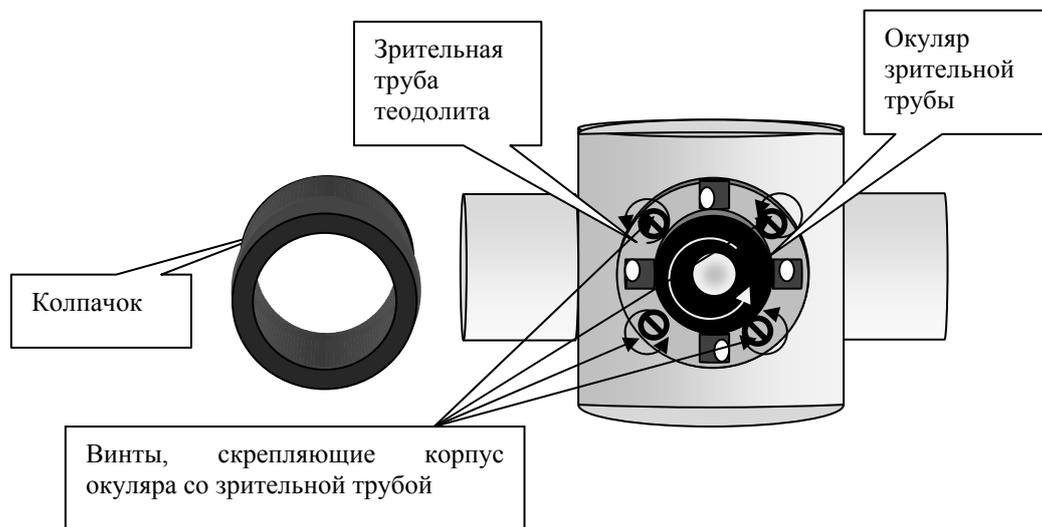


Рис. 45. Схема исправления вертикальности сетки нитей

Поверка № 5

Место нуля вертикального круга должно быть известно или приведено к нулю

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.46).

Этот отсчет является местом нуля вертикального круга МО.

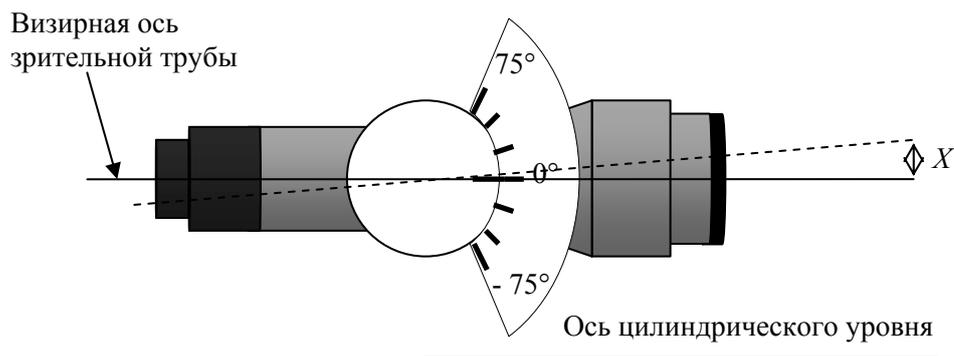


Рис.46. Соотношение визирной оси теодолита и оси цилиндрического уровня

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. 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 по формуле $MO = (КЛ + КП)/2$. 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.

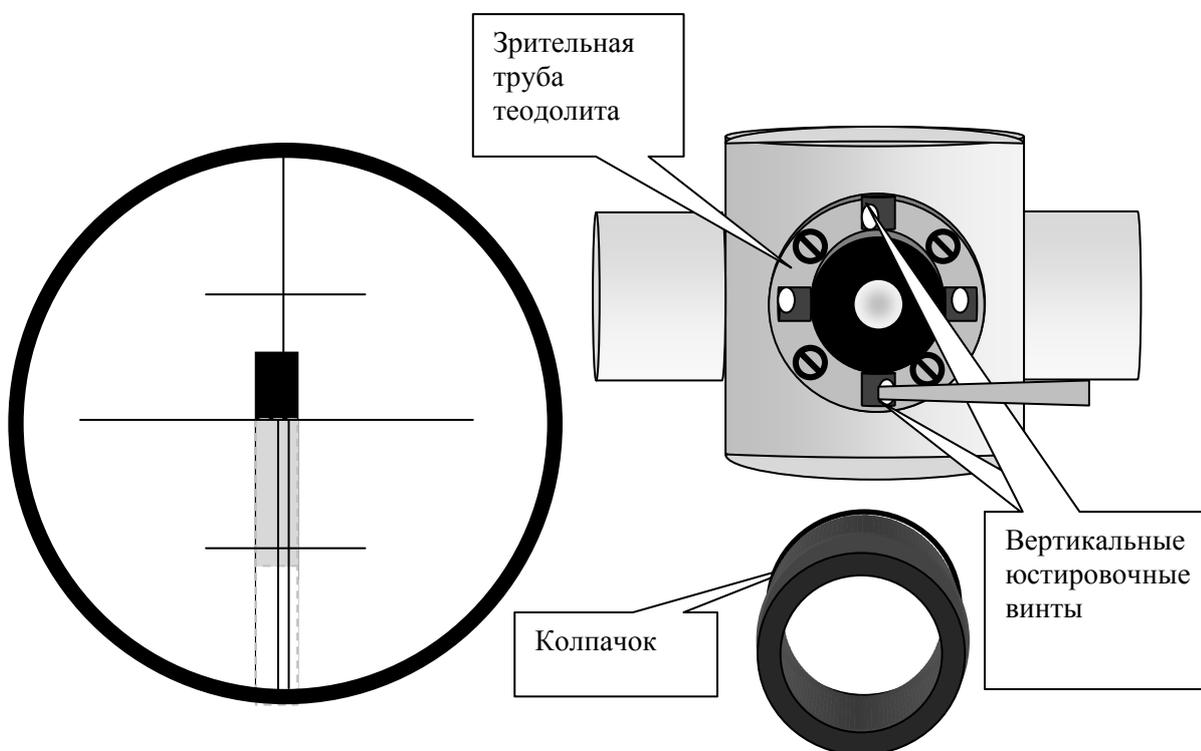


Рис. 47. Исправление места нуля вертикального круга

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°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 (рис.47). Для контроля исправления, рекомендуется вновь определить значение МО.

3.3. Точные теодолиты

Точные теодолиты используются для угловых измерений в геодезических сетях при триангуляции и полигонометрии 1 и 2 разрядов. Базовой конструкцией для теодолитов серии 2Т является теодолит 2Т2. На его основе создан целый ряд точных теодолитов: 2Т2П; 3Т2КП; 2Т5; 2Т5КП; 3Т5КП. Все эти теодолиты снабжены высококачественными трубами с увеличением 27.5 – 30^x, в которых сетка нитей закреплена неподвижно.

3.3.1. Теодолит 3Т2КП

Теодолит 3Т2КП предназначен для измерения углов при триангуляции и полигонометрии 1 и 2 разрядов, в прикладной геодезии. Он может быть использован для измерения расстояний нитяным дальномером и для определения магнитных азимутов с помощью буссоли. На теодолит можно устанавливать светодальномер 2СТ10 для измерения расстояний с высокой точностью.

Теодолит 3Т2КП (рис. 48) сконструирован по модульному принципу. Основными частями теодолита являются зрительная труба, вертикальная ось с горизонтальным кругом, колонка с горизонтальной осью и вертикальным кругом, модуль отсчетной системы, микрометр, отсчетный микроскоп, наводящее устройство, которые можно собирать, юстировать и заменять отдельно.

а) Зрительная труба 17 (рис.48) прямого изображения, поворачивается на 360° вокруг горизонтальной оси и фокусируется вращением кремальеры (рис.49). Вращением диоптрийного кольца окуляра устанавливается четкость изображения сетки нитей.

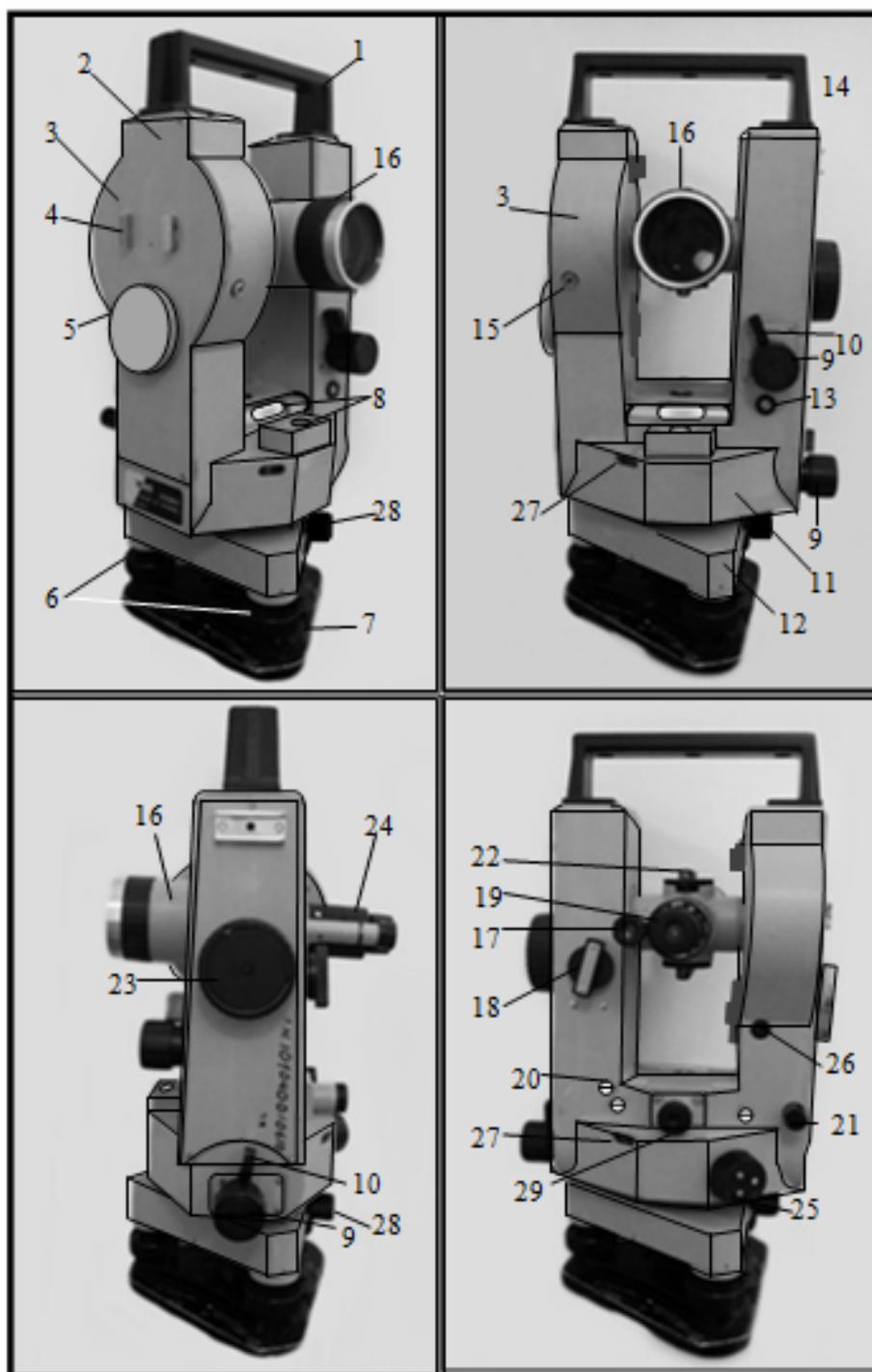


Рис.48. Устройство теодолита 3Т2КП:

1 – ручка; 2 – боковая крышка; 3 – корпус вертикального круга; 4 – упор;
 5 – зеркало; 6 – подъемные винты; 7 – основание; 8-9 – уровни при алидаде:
 8 – цилиндрический; 9 – круглый; 10 – наводящие винты; 11 – закрепительные
 винты; 12 – закрепительный винт лимба; 13 – подставка; 14, 26 – юстировочные
 винты; 15 – колонка; 16 – штекерное гнездо; 17 – зрительная труба; 18 – окуляр
 микроскопа; 19 – микроскоп; 20 – окуляр зрительной трубы; 21 – установочный
 винт; 22 – визир; 23 – рукоятка микрометра; 24 – колпачок; 25 – рукоятка
 перевода лимба; 26 – иллюминатор круга искателя; 27 – окуляр оптического
 центрира; 28 – рукоятка переключателя; 29 – пробка для юстировки рена
 вертикального круга

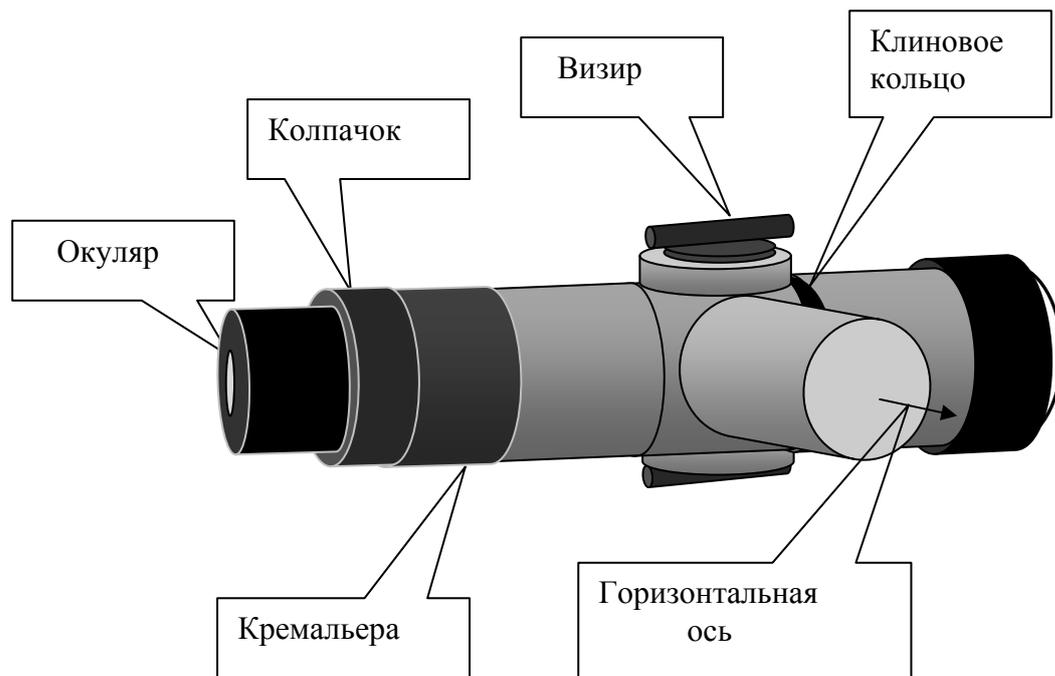


Рис.49. Схема устройства зрительной трубы теодолита 3Т2КП

Между корпусом трубы и горизонтальной осью установлено клиновое кольцо, с помощью которого устраняется коллимационная погрешность. Эту погрешность, также можно устранить вращением юстировочных винтов, закрытых колпачком. Сетка нитей зрительной трубы подобна сетке нитей теодолита 4Т30П, единственным отличием кроме размеров, является наличие на краю поля зрения, указателя направления вращения кремальеры при фокусировании на бесконечность.

б) Изображение горизонтального и вертикального кругов вводятся в микрометр по двум независимым оптическим каналам. Переключение каналов производится рукояткой переключателя 28 (см. рис.48) на 90° . При горизонтальном положении рукоятки в поле зрения микроскопа видно изображение штрихов горизонтального круга, а при вертикальном – вертикального круга, оттененных желтым цветом.

Микрометр, расположенный под крышкой 2 (см. рис.48), служит для измерения долей деления лимба. При вращении рукоятки микрометра 23 (см. рис.48) изображение диаметрально противоположных штрихов лимба (рис. 50) перемещаются навстречу друг другу.

Отсчетный микроскоп 18 (см. рис.48) расположен рядом со зрительной трубой. Качество изображения шкал микроскопа, устанавливается путем вращения диоптрийного кольца 17 (см. рис.48), а также поворотом и наклоном зеркала 5.

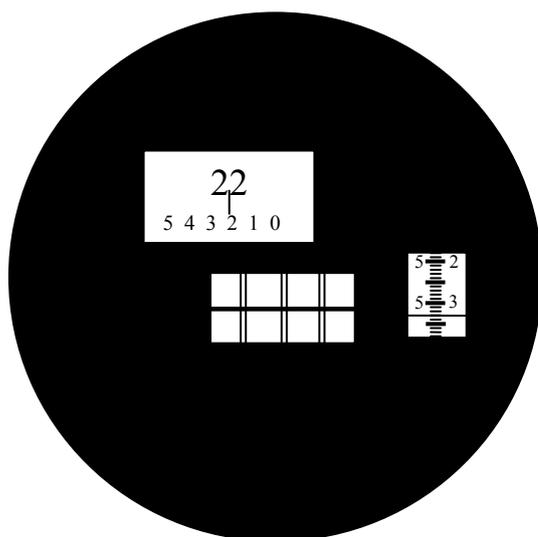


Рис. 50. Поле зрения микроскопа.
Отсчет по горизонтальному кругу - $22^{\circ}25'33''$

В поле зрения отсчетного микроскопа имеются три окна (см. рис.50). В центральном окне видны диаметрально противоположные штрихи угломерного круга. В нижней половине верхнего окна расположена шкала десятков минут, а в верхней половине цифра обозначающая число градусов (22°). Если в верхнем окне видны два градусных числа то рабочим является число, расположенное в пределах цифр десятков минут. Цифра, расположенная под серединой числа градусов (на рисунке показано штрихом), показывает количество десятков минут $20'$ (см. рис.50). В правом окне показана шкала микрометра. Левый ряд цифр шкалы микрометра $5'$ (рис.50) соответствует единице минут. Суммируем значения минут $20' + 5' = 25'$. Правый ряд цифр соответствует десяткам секунд ($3 \cdot 10 = 30''$), а каждое деление шкалы одной секунде $3''$ (см. рис.45). Суммируем значения секунд $30'' + 3'' = 33''$ и получаем отчет по горизонтальному кругу равный $22^{\circ}25'33''$.

в) Установочным винтом 21 (см. рис.48) устанавливается точный отсчет по горизонтальному кругу в начале измерений. Наружный колпачок предохраняет винт от случайных касаний во время измерения углов.

г) Наводящие винты 10 находятся на одной оси с закрепительными винтами 11 (см. рис.48), головки которых выполнены в виде курков (рис. 51).

При отжатых закрепительных винтах проводят предварительное наведение зрительной трубы на цель с помощью коллиматорных визиров 22 (см. рис.48), расположенных по обеим сторонам зрительной трубы. После закрепления винтов осуществляют точное наведение сетки нитей на цель с помощью наводящих винтов.

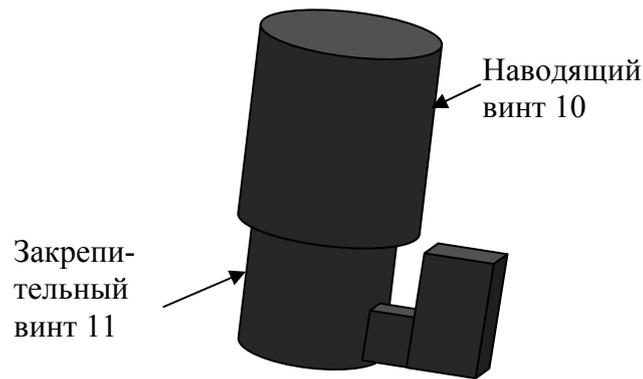


Рис.51. Схема устройства наводящего и закрепительного винтов

д) На алидадной части горизонтального круга находятся два уровня 8; 9 (см. рис.48). Круглый уровень 9 предназначен для предварительной установки основания теодолита в горизонтальное положение, а цилиндрический 8 для точной установки вертикальной оси теодолита в отвесное положение. Положение оси цилиндрического уровня исправляется юстировочным винтом 14.

е) Вместо уровня вертикального круга установлен оптический маятниковый компенсатор самоустанавливающегося индекса вертикального круга, работающий в пределах $\pm 3,5''$ со средней квадратической погрешностью компенсации $0,5''$. Наличие компенсатора вертикального круга позволяет использовать теодолит для нивелирования горизонтальным лучом.

ж) Оптический центрир 27 (см. рис.48) служит для точной установкой теодолита над точкой станции.

3.3.2. Поверки и юстировки точных теодолитов

Для точных теодолитов в процессе поверок выявляется выполнение следующих условий:

а) Ось цилиндрического уровня на алидаде горизонтального круга должна быть перпендикулярна к вертикальной оси теодолита.

б) Ось круглого уровня должна быть параллельна вертикальной оси теодолита.

в) Визирная ось зрительной трубы должна быть перпендикулярна к горизонтальной оси вращения трубы.

г) Горизонтальная ось теодолита должна быть перпендикулярна вертикальной оси.

д) Основной вертикальный штрих сетки нитей должен быть перпендикулярен к горизонтальной оси.

е) Место нуля вертикального круга должно быть известно или приведено к нулю.

Методика выполнения этих поверок, за исключением (б), рассмотрены в подразд. 3.2.4 для теодолита 4Т30П. Устранение нарушенных условий производится путем юстировки деталей и узлов теодолита с помощью соответствующих исправительных и регулировочных винтов предусмотренных конструкцией теодолита 3Т2КП (см. рис. 48).

ж) Визирная ось оптического центрира должна совпадать с вертикальной осью теодолита.

Теодолит устанавливается на штатив и приводится в рабочее положение.

Под штативом в горизонтальном положении, располагают лист бумаги и отмечают на нем следы пересечения визирной оси центрира при трех положениях алидады, различающихся примерно на 120° . При соблюдении условия три следа должны совпасть либо образовать треугольник со сторонами не более 0,5–1 мм. В противном случае производится юстировка центрира. Для этого юстировочными винтами, перемещающими объектив центрира, добиваются совмещения визирной оси центрира с изображением центра тяжести треугольника погрешностей.

3.3.3. Основные исследования точных теодолитов

Исследования теодолитов проводятся с целью определения неустрашимых отклонений для внесения соответствующих поправок в результаты измерений. Программу исследований принимают в зависимости от точности теодолита. По результатам исследований и пробных наблюдений устанавливают пригодность теодолита для производства измерений данного класса точности. Исследования теодолитов могут изучаться на факультативных занятиях или самостоятельно с использованием инструкции прилагаемой к теодолиту.

3.4. Электронные теодолиты.

Электронный теодолит Vega ТЕО – 5В/20В

Электронные теодолиты серии Vega ТЕО – 5В/20В могут использоваться для сгущения сетей триангуляции III – IV классов, для создания опорных пунктов на железных дорогах и автомагистралях, на карьерах и рудниках, в инженерной геодезии, а также в строительстве и при монтаже крупных объектов. Они также используются в кадастровых и топографических съемках и других инженерных съемках. В электронных теодолитах используется инкрементальная система считывания углов при угловых измерениях и за счет встроенного микропрограммного обеспечения реализовано автоматическое выполнение измерений, расчетов, отображение результатов и сохранение их в памяти прибора. Результаты измерения

горизонтального и вертикального углов могут отображаться одновременно. Кроме того вертикальный угол может отображаться в градусах или как уклон в процентах.

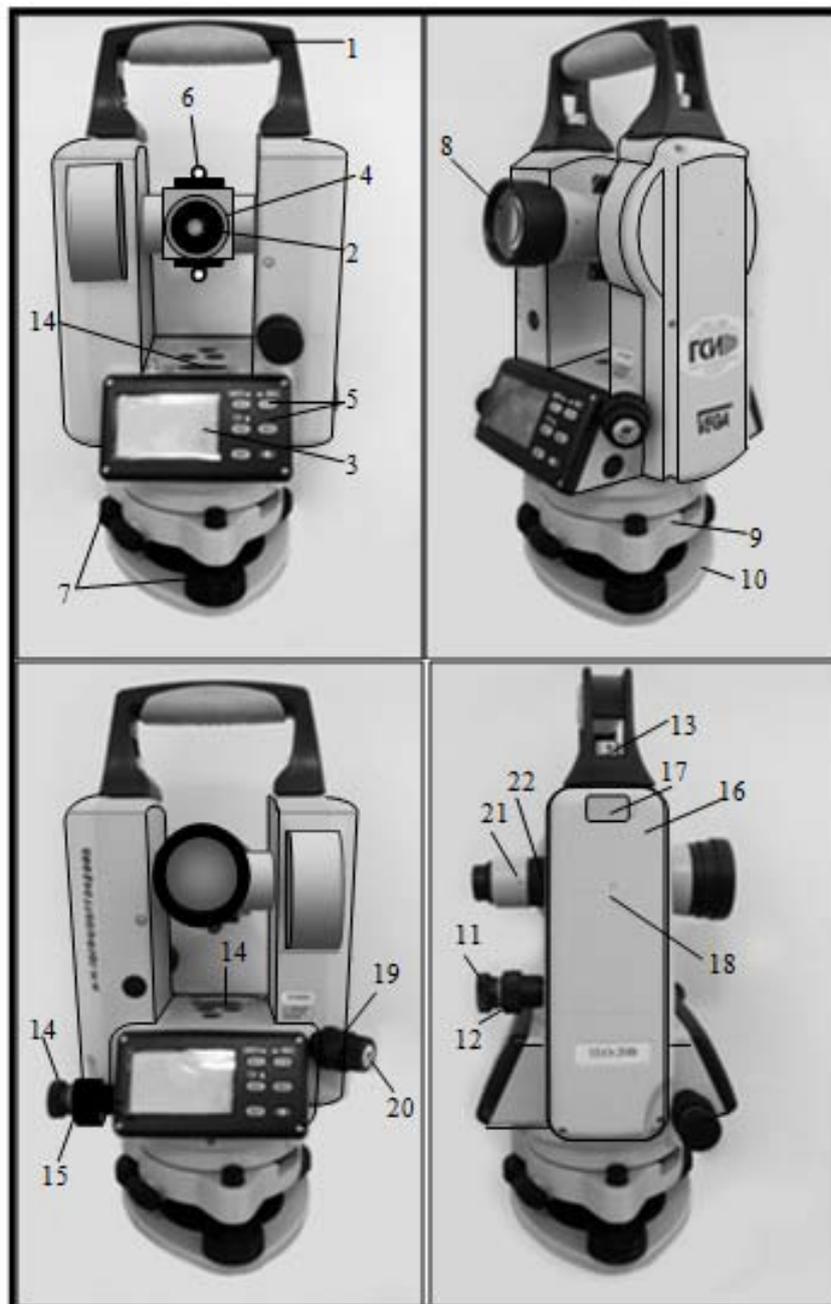


Рис. 52. Устройство теодолита Vega TEO – 5B/20B:
 1 – ручка теодолита; 2 – окуляр; 3 – дисплей; 4 – колпачок окуляра; 5 – клавиши дисплея; 6 – визир; 7 – подъемные винты; 8 – объектив; 9 – трегер; 10 – основание; 11 – наводящий винт вертикального круга; 12 – закрепительный винт вертикального круга; 13 – фиксирующий винт ручки теодолита; 14 – наводящий винт горизонтального круга; 15 – закрепительный винт горизонтального круга; 16 – аккумуляторный блок; 17 – защелка аккумуляторного блока; 18 – метка высоты инструмента; 19 – лазерный отвес; 20 – излучатель лазера; 21 – цилиндрический уровень; 22 – фокусирующее кольцо (кремальера)

Электронные теодолиты серии Vega ТЕО – 5В/20В оснащены широким жидкокристаллическим LCD дисплеем и используют энергосберегающее технологическое решение (от четырех щелочных аккумуляторов) теодолит может непрерывно работать до 80 часов.

3.4.1. Подготовка теодолита к измерениям

Подготовка теодолита к измерениям производится в следующей последовательности:

а) Теодолит устанавливается на штатив и закрепляется с помощью станкового винта.

б) С помощью подъемных винтов 7 (рис. 52, 53) приводим пузырек круглого уровня на середину. Этим мы добиваемся предварительной установки основания теодолита в горизонтальное положение.

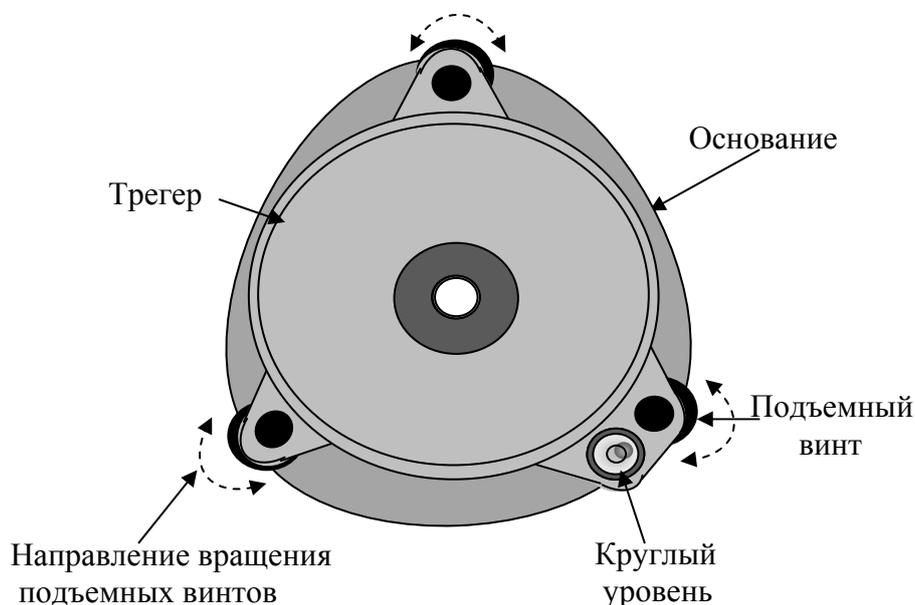


Рис.53. Схема установки круглого уровня.

Установление пузырька цилиндрического уровня производится аналогично тому, как это описано для теодолита 4Т30П (пп. 3.2.3).

г) Центрирование теодолита с помощью лазерного отвеса.

– Согласно обозначениям излучения лазера (в направлении «ON») поворачивается кольцо переключателя (рис. 54), чтобы включить излучатель лазерных импульсов и отрегулировать энергию лазерных излучений.

– Поворачивается фокусирующее кольцо (см. рис.54) до получения лазерного пятна на горизонтальной плоскости с точкой центрирования на земле.

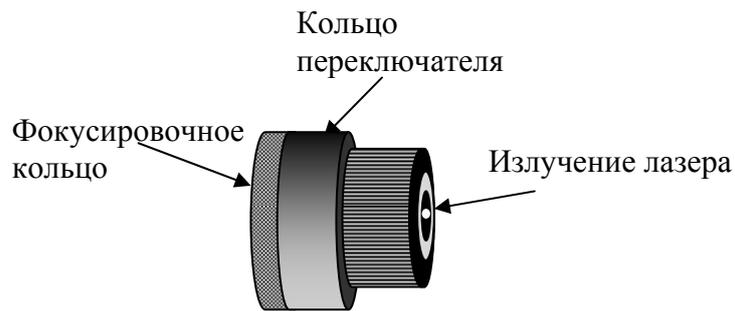


Рис. 54. Схема устройства лазерного центрира

– Ослабляется становой винт штатива и трегер сдвигается по платформе штатива до тех пор, пока лазерная точка не совпадет с точкой центрирования.

– Действия, описанные в пунктах б; в; г повторяются до тех пор, пока пузырек цилиндрического уровня не будет оставаться в нуль пункте, а лазерная точка совпадать с точкой центрирования при вращении алидады горизонтального круга в любом направлении.

д) Фокусирование и визирование зрительной трубы теодолита производится в следующей последовательности.

– Вращением окуляра зрительной трубы 2 (см. рис.52) добиваемся четкости изображения сетки нитей.

– Ослабив закрепительные винты горизонтального 15 и вертикального 12 (см. рис.52) кругов, наводим зрительную трубу на цель.

– Закрепляем винты.

– Вращая фокусирующее кольцо, добиваемся четкости изображения предмета, на который наведена зрительная труба.

– Перед первой работой теодолита необходимо произвести настройки параметров.

– Если в дальнейшем требования к настройкам не изменятся, то настройки не задаются заново.

3.4.2. Дисплей теодолита Vega TEO – 5B/20B

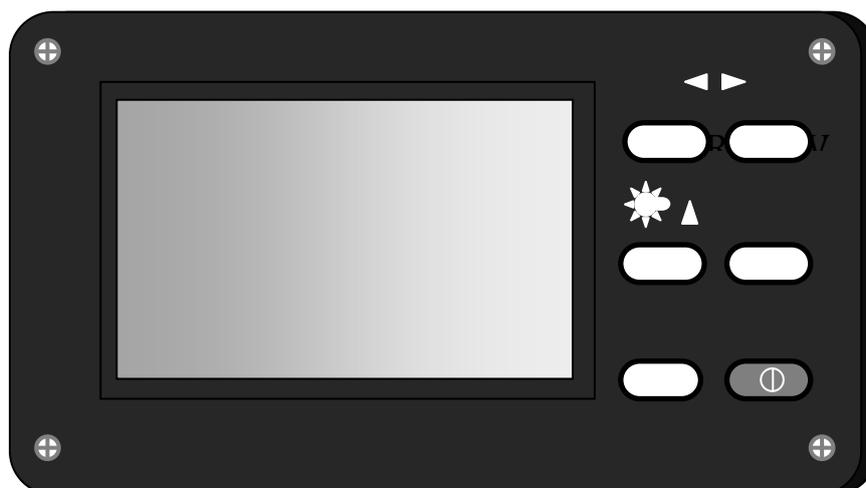


Рис. 55. Дисплей теодолита Vega TEO – 5B/20B.

Функциональные клавиши:

	Включение или выключение теодолита.
SHIFT	Активизирует дополнительный режим функциональных клавиш.
HOLD	Удерживает измеренное значение горизонтального угла.
OSET	Устанавливает значение горизонтального угла на 0 (1 функция)
	Включает и выключает подсветку дисплея и сетки нитей (2 функция)
V/%	Устанавливает режим измерения вертикальных углов (1 функция)
REC	Передает данные на другое оборудование (2 функция)
R/L	Измерения горизонтального угла при КЛ или КП (1 функция)
UNIT	Режим отображения углов в градусах или гонах (2 функция)

3.4.3. Измерение горизонтального угла

Измерение горизонтального угла производится в следующей последовательности:

- После включения прибора (рис.55) повернуть трубу и алидаду горизонтального круга для инициализации настройки.
- Проверить уровень зарядки аккумулятора.
- Проверить включена ли подсветка дисплея.
- Установить направление измерения горизонтальных углов (H_R или H^L).
- Установить единицы измерения углов (360° или 400 гон).
- Обнулить отсчет горизонтального круга или установить произвольное значение угла (OSET или HOLD).
- Выполнить визирование на цель.
- Снять отсчет, отображенный на дисплее.
- Продолжить следующие измерения.
- По окончании измерений отключить прибор.

3.4.4. Измерение вертикальных углов

Измерение вертикального угла производится в следующей последовательности:

- После включения прибора (см. рис.55) повернуть трубу и алидаду горизонтального круга для инициализации настройки.
- Проверить уровень зарядки аккумулятора.
- Проверить включена ли подсветка дисплея.
- Установить единицы измерения углов (360° или 400 гон).
- Установить режим измерения вертикальных углов (зенит V_z , уклон $V\%$).
- Выполнить визирование на цель.
- Снять отсчет отображенный на дисплее.
- Продолжить следующие измерения.
- По окончании измерений выключить прибор.

Измерение дальномерных расстояний по нитяному дальномеру будет описано ниже, так как они производятся аналогично для всех видов теодолитов.

3.4.5. Поверки и юстировки теодолита Vega ТЕО – 5В/20В

а) Ось цилиндрического уровня на алидаде горизонтального круга должна быть перпендикулярна к вертикальной оси теодолита.

б) Основной вертикальный штрих сетки нитей должен быть перпендикулярен к горизонтальной оси.

в) Визирная ось зрительной трубы должна быть перпендикулярна к горизонтальной оси вращения трубы.

Методика выполнения этих поверок, рассмотрены в подразделе 3.2.4. для теодолита 4Т30П. Устранение нарушенных условий производится путем юстировки деталей и узлов теодолита с помощью соответствующих исправительных и регулировочных винтов предусмотренных конструкцией теодолита Vega ТЕО – 5В/20В (рис. 52).

г) Ось круглого уровня должна быть параллельна вертикальной оси теодолита. После выведения пузырька цилиндрического уровня на середину, пузырек круглого уровня должен оставаться в нуль пункте. В этом случае юстировка круглого уровня не требуется. Если пузырек круглого уровня отклоняется от середины, то юстировка производится в следующей последовательности:

– Точно горизонтируется прибор по цилиндрическому уровню, т.е. должно выполняться поверка а).

– С помощью юстировочных винтов, которые находятся на корпусе круглого уровня, пузырек выводится на середину. После юстировки поверка повторяется.

д) Поверка оптического визира.

После приведения теодолита в рабочее положение зрительная труба (перекрестье сетки нитей) наводится на точку расположенную в 50 метрах от теодолита. Сетка нитей оптического визира должна быть наведена на точку. В этом случае юстировка не требуется. Если условие не выполняется, то производится юстировка:

- Перекрестье сетки нитей зрительной трубы наводится на точку.
 - Ослабляются четыре фиксирующих винта оптического визира.
 - Перекрестье сетки нитей оптического визира наводится на точку.
- е) Поверка и юстировка лазерного центра.

Поверка выполняется в той же последовательности, как производится центрирование теодолита над точкой (пп. 3.4.1, г). Теодолит поворачивается на 180° и если точка лазера не смещается с наводимой цели, то поверка не требуется. В противном случае выполняется юстировка:

– После поворота теодолита на 180° , точка лазера отошла от цели наведения на некоторое расстояние. С лазерного центра снимается защитный колпачок (см. рис.54). Под колпачком расположены юстировочные винты.

– Вращая четыре юстировочных винта, перемещаем точку лазера наполовину расстояния отклонения до точки визирования.

– Повторяем поверку 4; 5 раз до тех пор, пока точка лазера не будет совпадать с точкой центрирования, при вращении алидады горизонтального круга в любом направлении.

ж) Поверка и юстировка места нуля вертикального круга теодолита Vega ТЕО – 5В/20В.

- Приводим теодолит в рабочее положение.
- Наводим визирную ось зрительной трубы на точку, размещенную в пределах $\pm 10^\circ$ от горизонтальной оси.
- Снимаем значение вертикального угла при КЛ (V_l) и при КП (V_r).

Т а б л и ц а 5

1		Приводим теодолит в рабочее положение
2	Нажимаем клавишу Φ и отпускаем ее	Прибор войдет в режим инициализации
3	Нажмите и 2 секунды удерживайте клавишу SHIFT	Раздастся звуковой сигнал, после чего переходите к корректировке места нуля. На дисплее во второй строке отобразится значение вертикального угла и «1» в третьей строке
4	Поворачиваем зрительную трубу вверх-вниз для инициализации вертикального круга	Наводим визирную ось зрительной трубы на точку, размещенную в пределах $\pm 10^\circ$ от горизонтальной оси. Нажимаем и 2 секунды удерживаем клавишу Φ . После звукового сигнала отпускаем клавишу. На экране в третьей строке появится значение «2»
5	Поворачиваем трубу теодолита на 180° и наводим ее на ту же точку	Нажимаем и 2 секунды удерживаем клавишу Φ . После звукового сигнала отпускаем клавишу. Корректировка места нуля завершится, и прибор перейдет в режим измерений

– Вычисляем значение места нуля вертикального круга по формуле

$$MO = (Vl + Vr - 360^\circ) / 2.$$

– Если $MO < 15''$, юстировки прибора не требуется.

Если $MO > 15''$, выполняем юстировку прибора.

3.5. Измерение углов и дальномерных расстояний

Несмотря на различные конструктивные особенности приборов, принципы измерения углов и дальномерных расстояний, для всех перечисленных выше приборов, остается идентичным.

3.5.1. Измерение горизонтального угла

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.56).

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 $\beta_1 = КЛ1 - КЛ2$. 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.

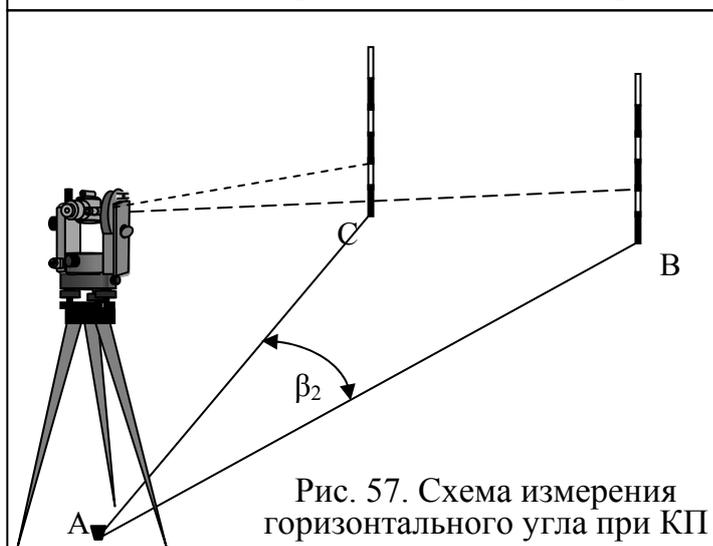
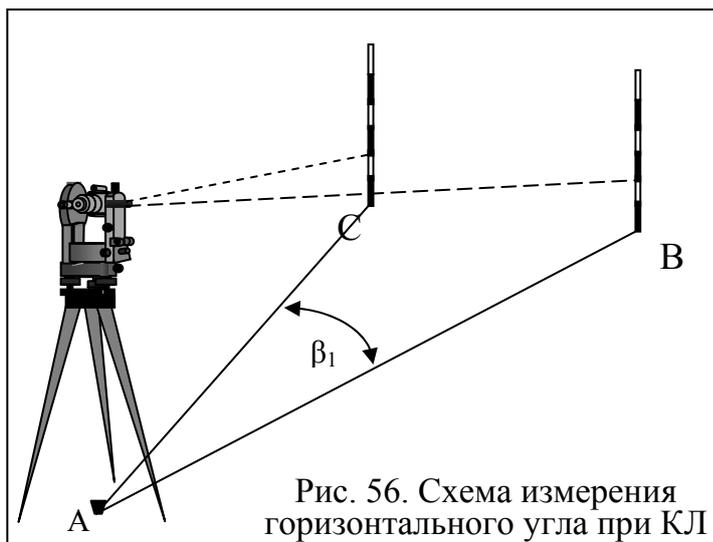
в) Для контроля и ослабления погрешности измеряем угол β_2 при круге право (рис.57). Для этого трубу теодолит переводим через зенит и наводим на правую точку (А), получаем отсчет КП1.

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

Угол $\beta_2 = КП1 - КП2$.

Допустимая разница двух полуприемов не должна превышать 1 мин.

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.

3.5.2. Измерение вертикального угла

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».

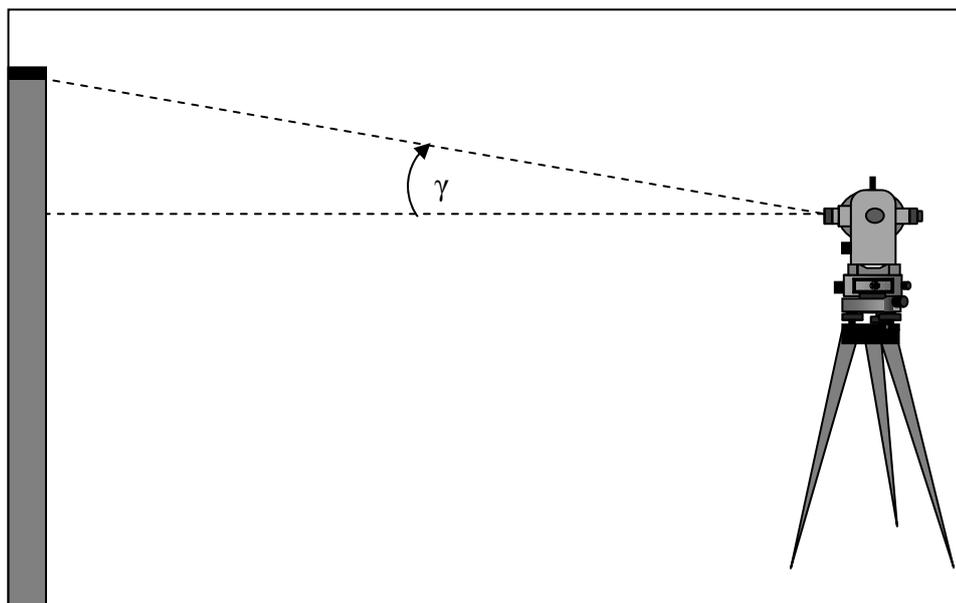


Рис. 58. Схема измерения вертикального угла

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. Место нуля вертикального круга вычисляем по формуле

$$МО = (КЛ + КП)/2.$$

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 место нуля приводят к значению близкому 0 (рис.47).

д) Угол γ для теодолита 4Т30П вычисляется по формуле:

$$\gamma = (КЛ - КП) / 2.$$

Для контроля значения угла γ вычисляем по формулам:

$$\gamma = КЛ - МО \quad \gamma = МО - КП.$$

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

3.5.3. Определение расстояний по нитяному дальномеру

В теодолите 4Т30П, как и во всех остальных, описанных выше, используется нитяной дальномер. Для этого на сетке нитей нанесено два параллельных штриха, называемые дальномерными нитями, расположенных симметрично относительно центрального штриха сетки нитей (рис.59).

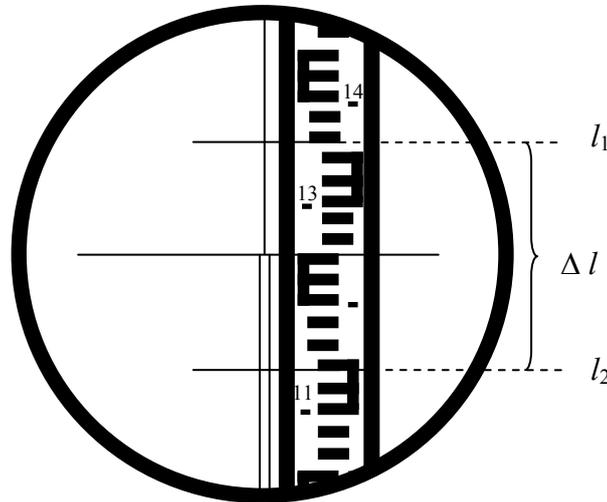


Рис.59. Схема определение расстояний по нитяному дальномеру

Для измерения расстояния с помощью дальномера теодолит устанавливается на точку, приводится в рабочее состояние и направляется на рейку, установленную на точке, расстояние до которой необходимо определить. Расстояние D находится по формуле

$$D = (K \cdot \Delta l) + c,$$

где K – коэффициент дальномера. Для теодолита 4Т30П коэффициент дальномера равен 100; c – постоянное слагаемое дальномера, величина которого крайне мала, по сравнению с точностью отсчета, поэтому ей обычно пренебрегают при расчетах. Поэтому:

$$D = K \cdot \Delta l.$$

Например, отсчет по нижней нити l_2 равен 1140, отсчет по верхней нити l_1 равен 1360, тогда

$$\Delta l = l_1 - l_2 = 1360 - 1140 = 220 \text{ мм} = 22 \text{ см};$$

$$D = K \cdot \Delta l = 100 \cdot 22 \text{ см} = 22 \text{ метра (рис.59)}.$$

При определении расстояний по приведенной формуле, предполагается, что дальномерная рейка находится перпендикулярно к линии визирования. Однако на практике при замере расстояний мы чаще сталкиваемся

с наклонными поверхностями, где дальномерная рейка не перпендикулярна линии визирования. Поэтому для вынесения определяемого расстояния на горизонтальную плоскость необходимо определить горизонтальное проложение d . В этом случае горизонтальное проложение d вычисляется по формуле

$$d = K \cdot \Delta l \cdot \cos \gamma.$$

Относительная погрешность измерения расстояния нитяным дальномером составляет 1: 300, 1: 400 от измеряемого расстояния.

3.6. Электронные тахеометры

Электронным тахеометром называется устройство, объединяющее в себе теодолит и светодальномер. Одним из основных узлов современных электронных тахеометров является микро ЭВМ, 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.

3.7. Электронный тахеометр ЗТа5Р

Электронный тахеометр ЗТа5Р предназначен для выполнения крупномасштабных топографических съемок, создания сетей планово-высотного обоснования, решения геодезических и инженерных задач на местности.

Тахеометром можно производить измерение горизонтальных и вертикальных углов, получать результаты измерений в виде горизонтальных проложений и превышений, выполнять измерение полярных координат, а также получать вычисленные прямоугольные координаты.

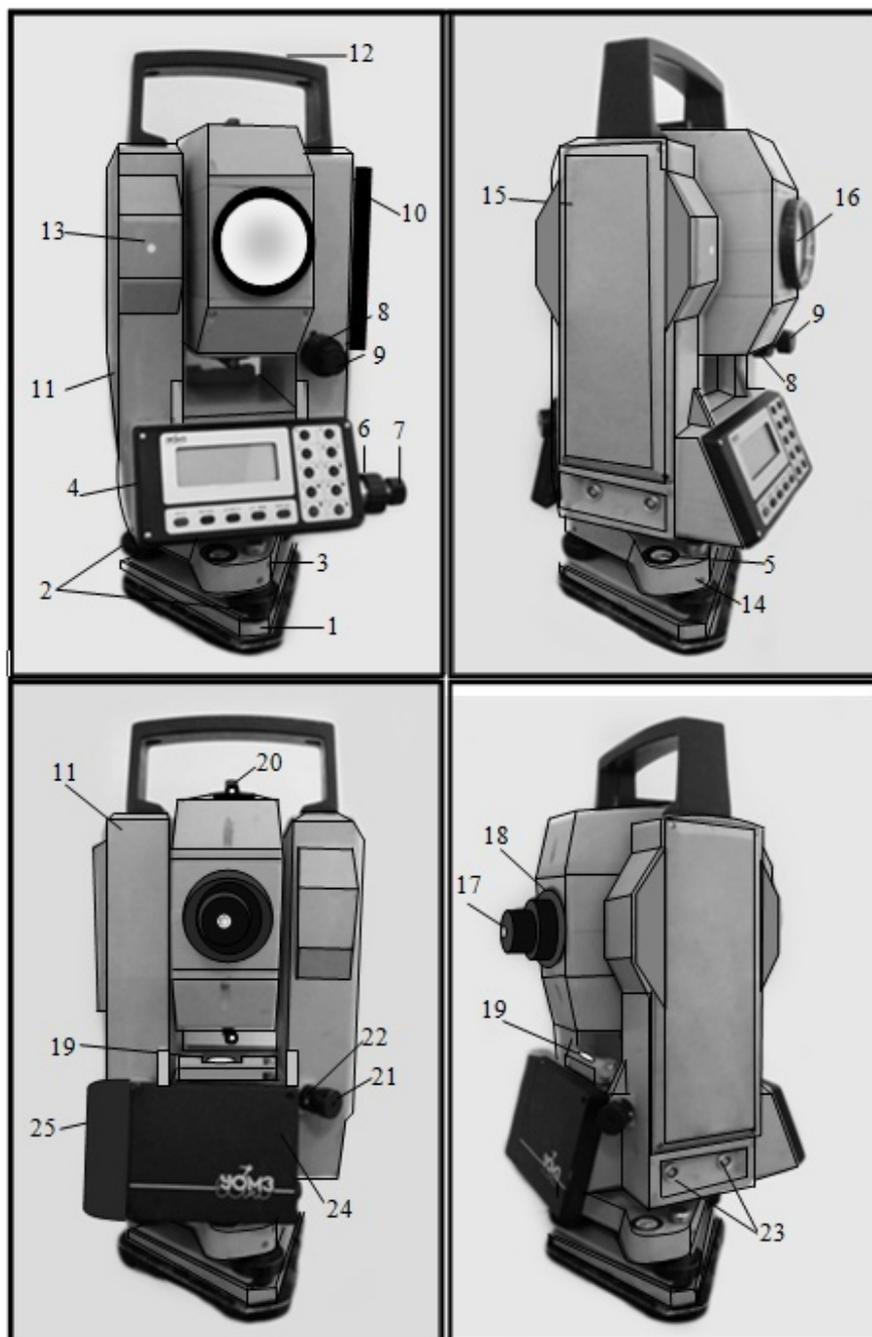


Рис. 60. Электронный тахеометр 3Та5Р:

- 1 – основание; 2 – подъемные винты; 3 – подставка; 4 – панель управления и дисплей; 5 – круглый уровень; 6 – закрепительный винт горизонтального круга; 7 – наводящий винт горизонтального круга; 8 – закрепительный винт вертикального круга; 9 – наводящий винт вертикального круга; 10 – кассетный источник питания; 11 – колонка; 12 – ручка; 13 – метка высоты прибора; 14 – юстировочный винт; 15 – боковая крышка; 16 – линза объектива; 17 – окуляр зрительной трубы; 18 – кремальера; 19 – цилиндрический уровень; 20 – коллиматорный визир; 21 – окуляр оптического центрира; 22 – юстировочные винты оптического центрира; 23 – разъемы для подсоединения к компьютеру; 24 – узел сопряжения с картой памяти; 25 – инжектор, куда вставляется карта памяти

3.7.1. Панель управления тахеометра 3Та5Р

Панель управления состоит из дисплея и функциональных клавиш. Всего на панели управления расположены 15 функциональных клавиш, некоторые из которых выполняют несколько функций.

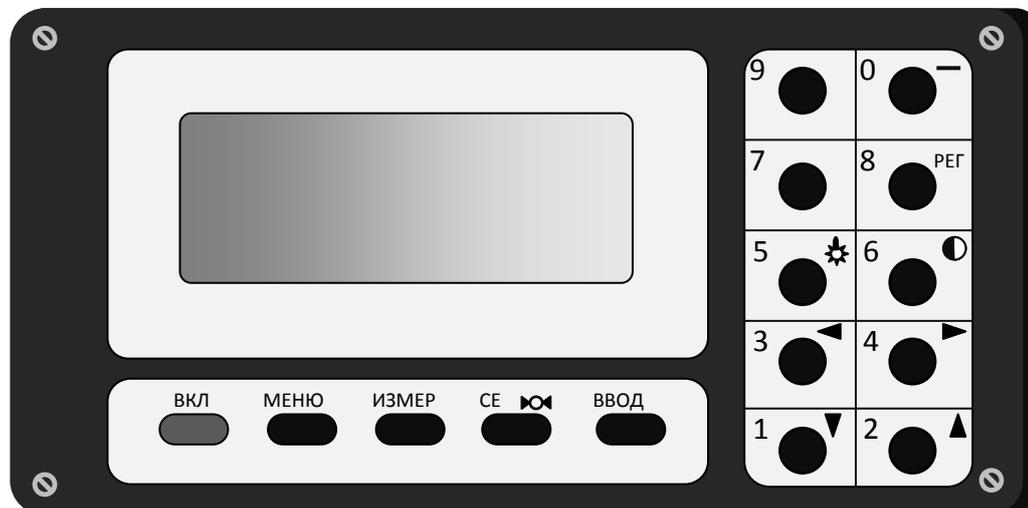


Рис.61. Панель управления тахеометра 3Та5Р:

ВКЛ	включение и выключение тахеометра;
МЕНЮ	вызов меню для выбора режима работы;
ИЗМЕР	начало измерений;
CE	удаление неправильно набранных цифр;
☒	обнуление горизонтального угла;
ВВОД	выбор подпрограмм, подтверждение ввода величин;
1 - 9	ввод отдельных цифр;
▲	движение курсора по дисплею (вверх);
▼	движение курсора по дисплею (вниз);
▶	смена режима, продолжение работы, просмотр результатов измерений, записанных в карту памяти;
◀	просмотр результатов измерений, записанных в карту памяти, смена шаблона дисплея без выхода в главное меню;
☉	регулировка контрастности экрана;
★	включение подсветки дисплея;
PEГ	запись измерений в карту памяти;
—	ввод знака минус

3.7.2. Подготовка тахеометра к измерениям

Подготовка тахеометра к измерениям производится в следующей последовательности:

а) Тахеометр устанавливается на штатив и с помощью нитяного отвеса производится предварительное центрирование головки штатива над точкой.

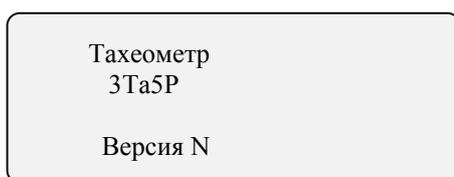
б) Горизонтирование тахеометра производится аналогично горизонтированию электронного теодолита Vega ТЕО – 5В/20В (пп.3.4.1). Точное горизонтирование можно проводить по результатам измерения углов наклона вертикальной оси.

в) С помощью оптического центрира тахеометр устанавливается над точкой.

г) Измеряется высота прибора.

д) Подключается источник питания к тахеометру.

е) В узел сопряжения устанавливается карта памяти. Зрительная труба отводится от горизонтального положения вниз на 20° . Включается тахеометр клавишей (ВКЛ). На дисплее появится надпись:



где N – номер версии.

Через 3 секунды высветится надпись «Карта памяти не найдена», после этого необходимо выключить тахеометр и вставить карту памяти.

Порядок измерения горизонтальных, вертикальных углов и дальномерных расстояний студенты изучают самостоятельно используя инструкцию, прилагаемую к прибору.

3.8. Электронный тахеометр TOPCON GTS-102N

Тахеометр GTS-102N производит любые угломерные измерения одновременно с измерением расстояний и по полученным данным проводит инженерные вычисления, сохраняя всю полученную информацию.

С помощью электронного тахеометра в полевых условиях можно получить информацию об измеряемых горизонтальных и вертикальных углах и расстояниях, автоматически выполнить необходимые вычисления по плановому и высотному положению ситуации.

При наличии компьютера процесс может быть автоматизирован, включая получение готовой карты местности за считанные минуты. Возмож-

ность занесения в запоминающее устройство допустимых погрешностей измерений позволяет повысить точность и производительность измерений.

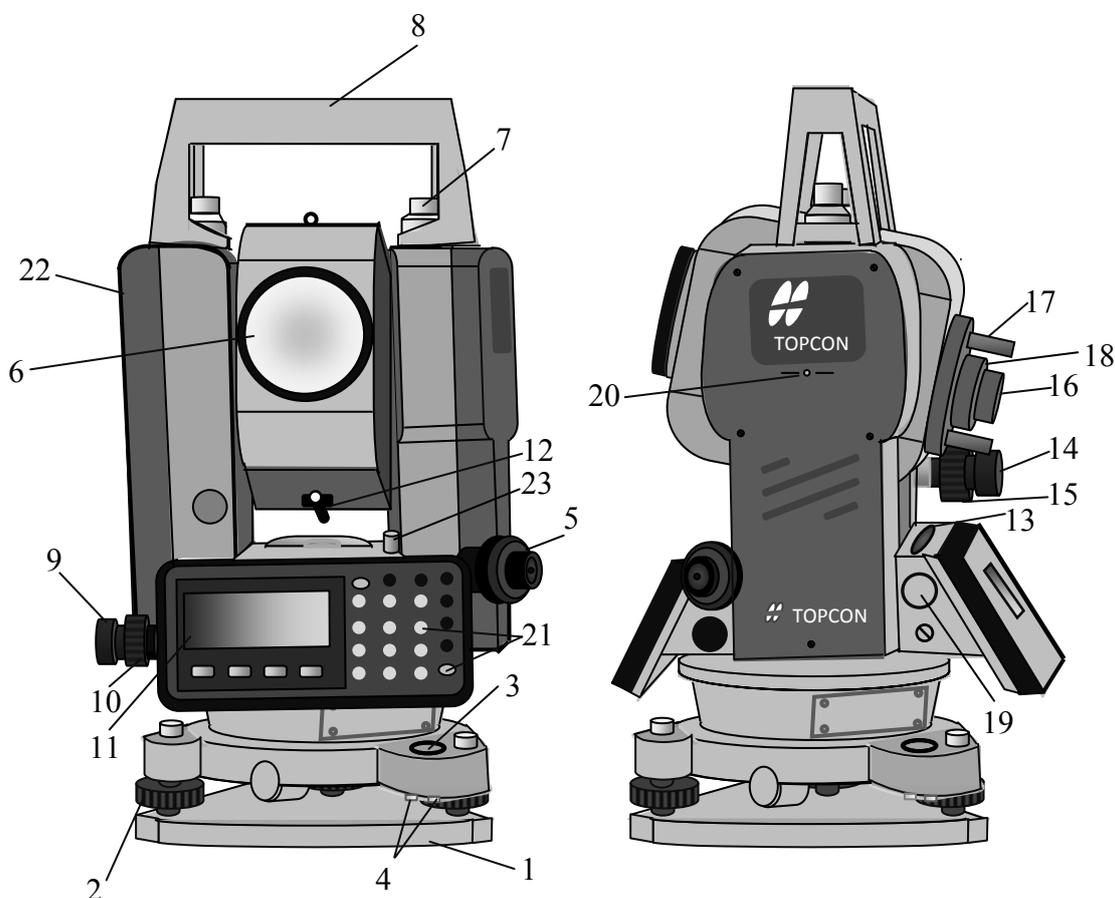


Рис.62. Электронный тахеометр TOPCON GTS-102N:
 1 – основание; 2 – подъемный винт; 3 – круглый уровень; 4 – юстировочные винты круглого уровня; 5 – оптический отвес; 6 – линза объектива; 7 – зажимный винт ручки для переноса; 8 – ручка; 9 – наводящий винт горизонтального круга; 10 – закрепительный винт горизонтального круга; 11 – экран дисплея; 12 – визир; 13 – цилиндрический уровень – 14; наводящий винт вертикального круга; 15 – закрепительный винт вертикального круга; 16 – окуляр объектива; 17 – устройство для захвата зрительной трубы; 18 – кремальера; 19 – разъем для подсоединения к компьютеру; 20 – метка высоты инструмента; 21 – функциональные клавиши дисплея; 22 – блок питания, в котором устанавливаются встраиваемые батареи; 23 – юстировочный винт цилиндрического уровня

3.8.1. Дисплей тахеометра TOPCON GTS–102N

В электронном тахеометре TOPCON GPT–3000 использован пиксельный ЖК-дисплей (4 строки по 20 символов). Как правило, в трех верхних строках отображаются данные измерений, а в нижней строке показаны функции экранных клавиш, которые изменяются вместе с режимом измерения.

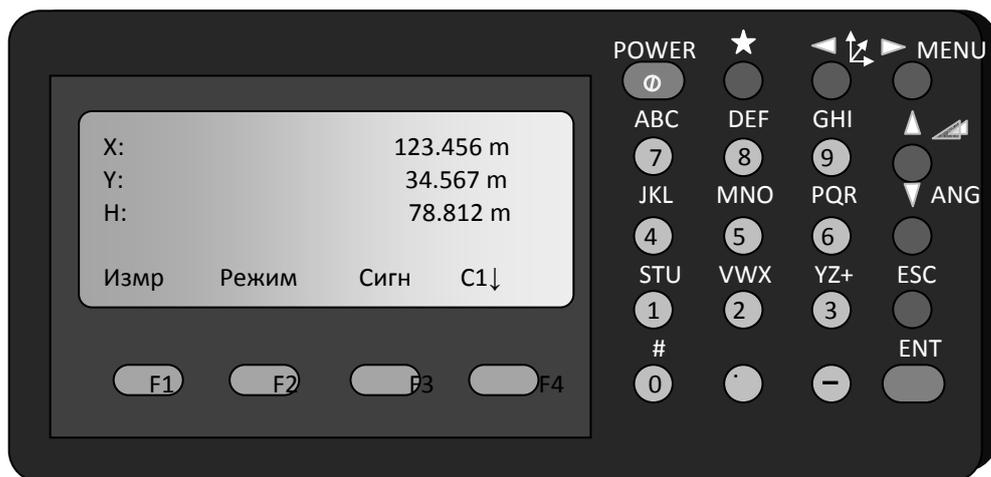


Рис.63. Дисплей тахеометра TOPCON GTS-102N

Т а б л и ц а 6

Клавиши управления

Клавиши	Название клавиш	Функция
★	Клавиша звездочка	Режим настройки, клавиша используется для предварительной установки параметров или отображения функций, в следующей последовательности: 1. Регулировка контрастности экрана. 2. Подсветка сетки нитей. 3. Подсветка экрана. 4. Компенсатор. 5. Переключатель функции указателя створа. 6. Определения уровня отраженного сигнала.
↗	Клавиша режима координат	Режим измерения координат.
↘	Клавиша режима расстояний	Режим измерения расстояний.
ANG	Клавиша режима углов.	Режим измерения углов
MENU	Клавиша меню	Переключает режим меню и стандартный режим. Установка прикладных измерений и юстировка в режиме меню.
ESC	Клавиша выхода	1. Возврат в режим измерений или на предыдущий уровень из режима установок. 2. Выход в режим съемки (СЪЕМКА) или в режим разбивки (РАЗБИВКА) непосредственно из стандартного режима измерений. 3. Можно использовать как клавишу (ЗАПИСЬ) для записи результатов измерений в режиме обычных измерений.
ENT	Клавиша ввода значений	Нажмите эту клавишу, после того как набрали нужные значения для ввода в инструмент.
POWER	Клавиша включения/выключения питания	Источник питания ВКЛ/ВЫКЛ
F1 – F4	Экранные (функциональные) клавиши	Выполняют функции, которые отображены на экране над этими клавишами.

Функциональные экранные клавиши

Функции экранных клавиш отображаются в нижней строке дисплея в соответствии с рабочим режимом (рис. 63, 64).



Рис. 64. Функциональные (экранные) клавиши

Т а б л и ц а 7

Режим измерения углов

Стр.	Экранная клавиша	Обозначение на экране	Функции
1	2	3	4
1	F1	0°ГК	Установка по горизонтальному кругу отсчета равному 0°00'00"
	F2	Фикс	Фиксация текущего отсчета по горизонтальному кругу.
	F3	Ввод	Установка необходимого отсчета по горизонтальному кругу путем ввода его значения с клавиатуры.
	F4	C1↓	Вызов функций экранных клавиш, показанных на следующей странице (C2) экрана.
2	F1	Кмпн	Настройка работы цифрового компенсатора и информация о его текущем состоянии. Если ВКЛ, то на экран вводится значение поправки в угол за наклон прибора
	F2	Повт	Режим измерения горизонтального угла методом повторений.
	F3	ВК/ %	Режим отображения уклона в процентах.
	F4	C2↓	Вызов функций экранных клавиш, показанных на следующей странице (C3) экрана.
3	F1	Зумер	Вкл/выкл звукового сигнала для отсчета по горизонтальному кругу кратных 90°.
	F2	П/Л	Переключение направления возрастания отсчетов по горизонтальному кругу вправо (по часовой стрелке) / влево (против часовой стрелки).
	F3	Накл	Переключение режима измерений вертикальных углов в диапазоне 0° – 360° (Выкл) или +/-90° (Вкл).
	F4	C3↓	Вызов функций экранных клавиш, показанных на первой странице (C1) экрана.

Т а б л и ц а 8

Режим измерения расстояний

Стр.	Экранная клавиша	Обозначение на экране	Функции
1	2	3	4
1	F1	Измр	Выполнение измерений
	F2	Режим	Установка режима измерений: Точный / Грубый / Слежение
	F3	Сигн	Выбор режима наблюдения по уровню отраженного сигнала, ввод постоянной отражателя и поправки за атмосферу
	F4	C1↓	Вызов функций экранных клавиш показанных на следующей странице (C2) экрана
2	F1	Промр	Выбор режима измерения с промерами
	F2	Вын	Режим выноса расстояний в натуру
	F3	м/ф/д	Переключения единиц измерения: метры, футы или футы и дюймы
	F4	C2↓	Вызов функций экранных клавиш показанных на следующей странице (C1) экрана

Т а б л и ц а 9

Режим измерения координат

Стр.	Экранная клавиша	Обозначение на экране	Функции
1	2	3	4
1	F1	Измр	Выполнить измерения
	F2	Режим	Установка режима измерений: Точный / Грубый / Слежение
	F3	Сигн	Выбор режима наблюдения по уровню отраженного сигнала, ввод постоянной отражателя и поправки за атмосферу.
	F4	C1↓	Вызов функций экранных клавиш показанных на следующей странице (C2) экрана.
2	F1	Hv	Ввод значения высоты отражателя.
	F2	Hi	Ввод значения высоты инструмента.
	F3	Стнц	Ввод значений координат текущей станции (занимаемой точки).
	F4	C2↓	Вызов функций экранных клавиш, показанных на следующей странице (C3) экрана.
3	F1	Промр	Выбор режима измерения с промерами.
	F3	м/ф/д	Переключения единиц измерения: метры, футы или футы и дюймы.
	F4	C3↓	Вызов функций экранных клавиш показанных на первой странице (C1) экрана.

3.8.2. Регулировка экрана и обозначения на экране

Контрастность и подсветка экрана регулируются.

Подогрев экрана автоматически работает, когда температура воздуха опускается ниже 0°C.

Т а б л и ц а 10

Обозначения на экране

Экран	Содержание	Экран	Содержание
ВК	Вертикальный угол	★	Индикатор работы светодальномера
ГКп	Горизонтальный угол «правостороннее отсчитывание»	m	Единицы измерения расстояний (метры)
ГКл	Горизонтальный угол «левостороннее отсчитывание»	f	Единицы измерения расстояний (футы и дюймы)
S	Горизонтальное проложение		
h	Превышение		
D	Наклонное расстояние		
X	(X) координата		
Y	(Y) координата		
H	(H) координата		

3.8.3. Режим настройки

Для выбора режима настройки необходимо нажать клавишу звездочка (см. рис.64) (клавиша звездочка не работает, если эта же функция вызвана в главном меню прибора).

Т а б л и ц а 11

Экранная клавиша	Обозначение на экране	Функция
F1		Включение/выключение подсветки экрана.
F2		Ввод поправки за наклон инструмента. Если функция включена, то значение поправки отображается на экране
F3		Переключение функции указателя створа ВКЛ/ВЫКЛ
F4		В данном режиме отображается уровень принимаемого дальномерного сигнала (СИГНАЛ), поправка за атмосферу (РРМ) и постоянная призмы (ПЗМ)
▲ или ▼		Регулировка контрастности экрана (от 0 до 9)
◀ или ▶		Подсветка сетки нитей (от 1 до 9). Включение выключение сетки нитей связано с переключением функции подсветки экрана

В режиме настройки [★] можно выбрать установку следующих параметров:

- а) регулировка контрастности экрана;
- б) подсветка сетки нитей;
- в) подсветка экрана;
- г) поправка за наклон инструмента;
- д) переключение функций указателя створа;
- е) определение уровня отражения сигнала.

3.8.4. Установка прибора в рабочее положение

Приведение тахеометра TOPCON GTS-102N в рабочее положение производится в следующей последовательности:

– Тахеометр устанавливается на штатив и с помощью нитяного отвеса производится предварительное центрирование головки штатива над точкой.

– Горизонтирование тахеометра производится аналогично горизонтированию электронного теодолита Vega ТЕО–5В/20В (пп.3.4.1). Точное горизонтирование можно проводить по результатам измерения углов наклона вертикальной оси.

– С помощью оптического центра тахеометр устанавливается над точкой. Центрирование с помощью оптического центра производится аналогично тому, как производилось центрирование электронного теодолита Vega ТЕО–5В/20В с помощью лазерного центра (пп.3.4.1). После установки тахеометра над точкой с помощью оптического центра, производим окончательно горизонтирование прибора, выведя пузырек цилиндрического уровня на середину.

– Убедившись, что инструмент правильно отгоризонтирован включаем питание прибора.

– По индикатору на экране контролируем текущее состояние батареи питания. При необходимости следует заменить или зарядить батарею питания.

3.8.5. Коррекция вертикальных углов за наклон прибора

Когда датчик наклона включен, вертикальный угол автоматически корректируется за отклонение прибора от вертикального положения (рис.65).

Экран, на котором отображается отклонение прибора от вертикали, также можно использовать для точного горизонтирования прибора.

Если на экране появилось сообщение «Проверьте уровень», это значит, что прибор отклонился за пределы работы автокомпенсатора и его необходимо отгоризонтировать вручную.

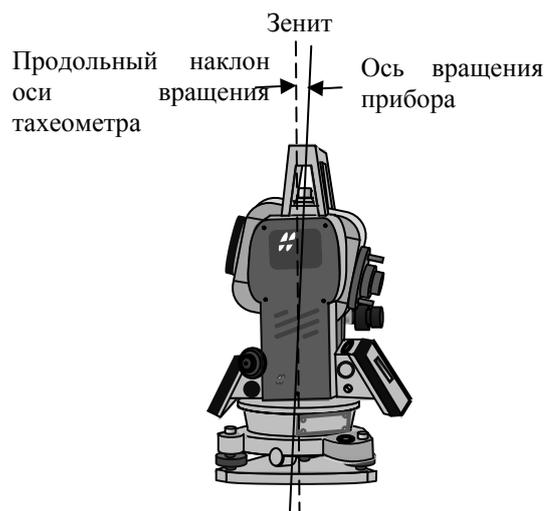


Рис. 65. Схема отклонения вертикальной оси тахеометра

3.8.6. Введение буквенно-цифровых символов

Для введения буквенно-цифровых символов используются клавиши 0-9, а также клавиши со знаками точки и минус (см. рис. 63). Последовательность ввода букв и цифр показана в табл. 12.

Т а б л и ц а 12

1	Используя клавишу [▲] или [▼] передвиньте стрелку для выбора поля ввода	Стнц → Код : Ні : 0.000m [Ввод] [Поиск] [Сохранить] [ХУН]
2	Нажмите клавишу [F1] [Ввод]. Стрелка заменится знаком равенства (=). Прибор переключится в режим ввода цифр	Стнц = Код : Ні : 0.000m [БУК] [ПРБ] [ЧИС] [ОК]
3	Нажмите клавишу [F1] (БУК). Прибор переключится в режим ввода букв	Стнц = Код : Ні : 0.000m [ЦИФ] [ПРБ] [ЧИС] [ОК]
4	Нажмите экранную клавишу (клавиши 0-9), чтобы ввести соответствующую букву алфавита	Стнц = Т Код : Ні : 0.000m [ЦИФ] [ПРБ] [ЧИС] [ОК]
5	Точно таким же образом введите остальные буквы названия	Стнц = ТОРСОН Код : Ні : 0.000m [ЦИФ] [ПРБ] [ЧИС] [ОК]
6	Нажмите снова клавишу [F1] (ЦИФ). Прибор возвратится в режим набора цифр	Стнц = ТОРСОН Код : Ні : 0.000m [БУК] [ПРБ] [ЧИС] [ОК]

7	Нажмите экранную клавишу, чтобы ввести соответствующий цифровой символ. Например, последовательно нажимаются клавиши [-] и [1]	Стнц = TOPCON-1 Код : Hi : 0.000m [БУК] [ПРБ] [ЧИС] [ОК]
8	Нажмите клавишу [F4] (ОК). Стрелка переместится к следующему полю ввода. Аналогичным образом введите другие названия	

3.8.7. Измерение углов.

Измерение вертикального и правого горизонтального угла

Перед началом измерения углов зрительная труба наводится на светлый предмет. Вращая кольцо окуляра, добиваемся четкого изображения сетки нитей. По визиру зрительная труба наводится на цель. При помощи кремальеры добиваемся четкости изображения выбранной цели. Если при наблюдении в зрительную трубу, видим что между сеткой нити и выбранной целью возникает параллакс, то он устраняется тщательной фокусировкой сетки нити и цели. Порядок измерения вертикального и правого горизонтального углов показан в табл. 13. Убедившись, что выбран режим измерения углов производим следующие действия:

Т а б л и ц а 13

№ п/п	Рабочая процедура	Действие	Экран
1	Наведение на первую цель (А)	Набл. А	ВК : 32°15'20" ГКп: 120°30'40" 0°ГК Фикс Ввод С1↓
2	Установить отсчет по горизонтальному кругу на цель А равный 0°00'00". Для этого нажать клавишу [F1] (0°ГК)	[F1]	Установка ГК=0° > ОК? [Да] [Нет]
3	Нажать клавишу [F3] (Да)	[F3]	ВК : 32°15'20" ГКп: 0°00'00" 0°ГК Фикс Ввод С1↓
4	Навести на цель (В). На экране отобразится искомое значение вертикального/горизонтального угла на цель В	Набл. В	ВК : 36°10'30" ГКп: 170°20'20" 0°ГК Фикс Ввод С1↓

3.8.8. Переключение режима (Правые / Левые) горизонтальные углы

Убедившись, что выбран режим измерения углов производим действия, приведенные в табл. 14.

Т а б л и ц а 14

№ п/п	Рабочая процедура	Действие	Экран
1	Дважды нажать клавишу [F4](↓) чтобы получить доступ к функции на странице 3 экрана.	F4	ВК : 36°10'30" ГКп: 120°30'40" 0°ГК Фикс Ввод С1↓
		F4	ВК : 36°10'30" ГКп: 120°30'40" Кмпн Повт ВК/ % С2↓
			ВК : 36°10'30" ГКп: 120°30'40" Зумер П/Л Накл С3↓
2	Нажать клавишу [F2] (П/Л). Режим измерения горизонтальных углов переключится из правых углов (ГКп) на левые углы (ГКл)	F2	ВК : 36°10'30" ГКп: 239°29'20" Зумер П/Л Накл С3↓
3	Измерения выполняется также как в режиме правых горизонтальных углов		
Каждый раз при нажатии клавиши F2 (П/Л) происходит переключение режима «Правые /Левые» горизонтальны углы.			

3.8.9. Измерение расстояний

Перед измерением расстояний производится ввод поправок за атмосферу и поправку для призмы. Непрерывное измерение расстояний производится в следующей последовательности. Убедившись, что выбран режим измерения углов, выполняем действия из табл. 15.

Т а б л и ц а 15

№ п/п	Рабочая процедура	Действие	Экран
1	2	3	4
1	Навести на центр призмы	Наблюдение цели	ВК : 36°10'30" ГКп: 120°30'40" 0°ГК Фикс Ввод С1↓
2	Нажать клавишу [▲]. Начинается измерение расстояний. При работе светодальномера на экране появляется символ [★]	Нажать ▲	ГКп: 120°30'40" S*[п] <<m h: m ВК : 36°10'30" ГКп: 120°30'40"

1	2	3	4
3	Результаты измерений отображаются на экране		ГКп: 120°30'40" S*[п] 123.456 m h: 5.678m Измр Режим Сигн C1↓
4	При повторном нажатии клавиши [▲] на экране появляются значения правого горизонтального угла (ГКп), вертикального угла (ВК) и дальномерного расстояния (D)	Нажать ▲	ВК : 36°10'30" ГКп: 120°30'40" D: 131.678m Измр Режим Сигн C1↓

Определение других параметров, а также режимы их измерений с помощью электронного тахеометра TOPCON GTS-102N, студенты изучают самостоятельно на факультативных занятиях.

3.8.10. Поверки и юстировки электронных тахеометров

Поверки и юстировки электронных тахеометров включают в себя поверки схожие с поверками теодолитов и специальные свойственные только этим приборам. Поверки и юстировки электронных тахеометров не входят в программу изучения 1 курса по направлению 08.03.01 – «Строительство» и в данном пособии не рассматриваются.

3.9. Классификация нивелиров

Нивелир это геодезический прибор, служащий для определения превышений и высот точек в полевых условиях. По конструкции современные нивелиры подразделяются на: оптические, цифровые и лазерные. По точности их классифицируют на технические (среднеквадратичная погрешность измерения превышений на 1 километр двойного хода не более 5 мм), точные (не более 2 мм) и высокоточные (не более 0,5 мм).

Наибольшим распространением пользуются оптические нивелиры. Большинство современных оптических нивелиров имеют прямое изображение (П) и компенсатор (К), т.е. устройство для автоматической установки визирной оси в горизонтальное положение. Они имеют также горизонтальные лимбы со счетным устройством, которое служит для измерения горизонтальных углов, или направлений с погрешностью не более 0,1°. Отечественная промышленность выпускает также нивелиры с уровнем при зрительной трубе.

Нивелиры, выпускаемые в Российской Федерации, имеют шифр, состоящий: из номера модели (заглавной буквы русского алфавита – принадлежности к данному прибору), числа, характеризующего среднеквадратическую погрешность измерения превышений на 1 км двойного нивелир-

ного хода (мм), заглавных букв русского алфавита, указывающих на наличие компенсатора. Например: шифр нивелира 3Н – 3КЛ означает: 3 – модель; Н – нивелир; 3 – три миллиметра – среднеквадратическая погрешность измерения превышений на 1 км двойного нивелирного хода; К – наличие компенсатора; Л – наличие горизонтального лимба.

3.10. ТЕХНИЧЕСКИЙ НИВЕЛИР Н-3

Нивелир Н-3 относится к техническим нивелирам, предназначенным для выполнения инженерно-технических работ. По конструкции нивелир Н-3 относится к нивелирам, визирная ось которых, устанавливается в горизонтальное положение при помощи цилиндрического уровня. Буква Н означает нивелир, 3 – три миллиметра – среднеквадратическая погрешность измерения превышений на 1 км двойного нивелирного хода.

Нивелир Н-3 имеет перевернутое изображение, поэтому для определения отсчетов по нему используется рейка с перевернутым изображением.

3.10.1. Устройство нивелира Н-3

Пружинистая пластинка (1) устанавливается на штатив и с помощью станового винта штатива, который вкручивается во втулку, крепится к штативу.

С помощью подъемных винтов (2), в нуль пункт, выводится пузырек круглого уровня.

Подставка (трегер) (3) вместе с пружинистой пластинкой и подъемными винтами образует нижнюю некрутящуюся часть нивелира.

Круглый уровень (4) служит для приближенной установки оси нивелира в отвесное положение. Цена деления круглого уровня 5′.

Исправительные винты круглого уровня (5) служат для юстировки круглого уровня. С той целью, чтобы ось круглого уровня была параллельна оси вращения нивелира.

С помощью наводящего винта (6) производится точное наведение нивелира на рейку, по горизонтали.

Зрительная труба нивелира Н-3 (7) имеет внутреннюю фокусировку и 30 кратное увеличение. Поле зрения 1°20′.

В коробке цилиндрического уровня (8), над уровнем, расположена система оптических призм, с помощью которого изображение концов пузырька уровня передается в поле зрения трубы.

С помощью цилиндрического уровня (9) визирная ось нивелира приводится в горизонтальное положение. Цена деления цилиндрического уровня на 2 мм – 15″

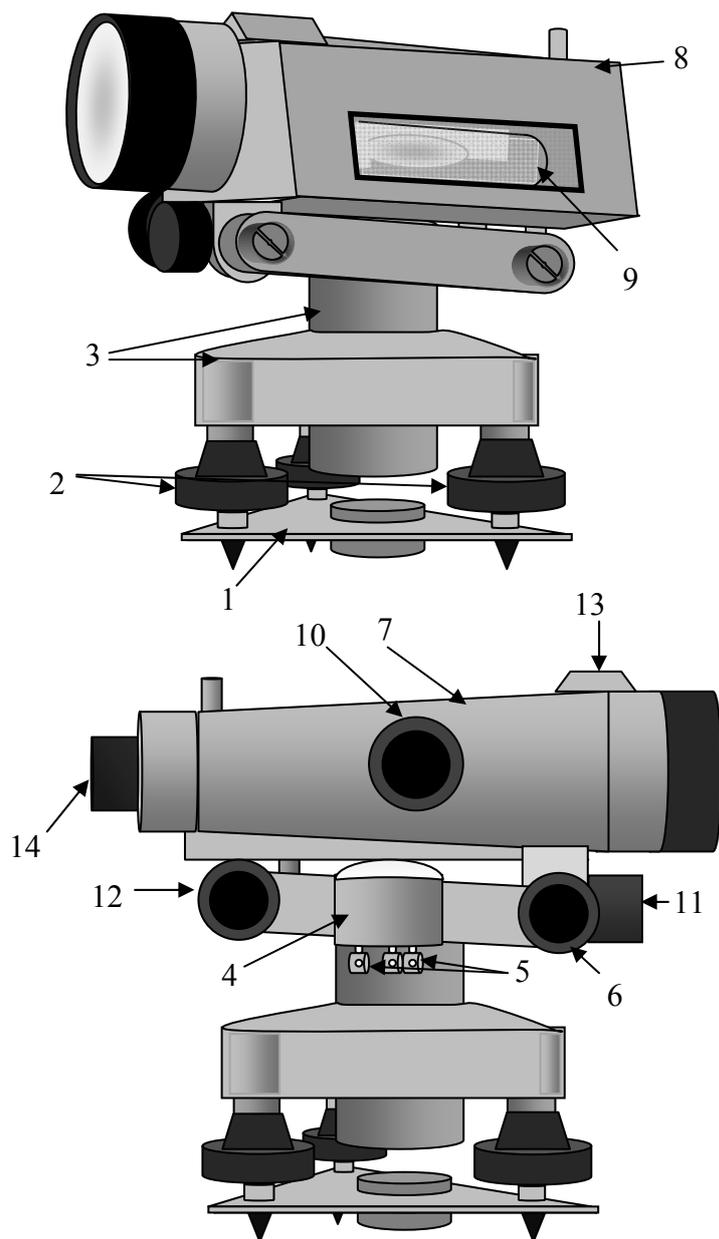


Рис. 66. Нивелир Н-3:

1 – пружинистая пластинка с втулкой; 2 – подъемные винты; 3 – подставка (трегер); 4 – круглый уровень; 5 – исправительные винты круглого уровня; 6 – наводящий винт; 7 – зрительная труба нивелира; 8 – коробка цилиндрического уровня; 9 – цилиндрический уровень; 10 – винт резкости изображения (кремальера); 11 – закрепительный винт; 12 – элевационный винт; 13 – мушка; 14 – окуляр зрительной трубы

Кремальера (10) служит для фокусирования трубы, т.е. для получения четкости изображения предмета, на который наводится нивелир. Вращая кремальеру, в ту или иную сторону, добиваемся четкости изображения рейки попадающей в фокус трубы.

Закрепительный винт (11) служит для фиксации верхней части нивелира (зрительной трубы и коробки цилиндрического уровня в неподвижном положении, после приблизительного наведения нивелира на рейку).

С помощью элевационного винта (12) пузырек цилиндрического уровня выводится на середину (нуль пункт). Для этого необходимо совместить изображений концов половинок пузырька (рис.67). В этом случае горизонтальная ось визирования будет параллельной уровенной поверхности. Такие уровни называются контактными.

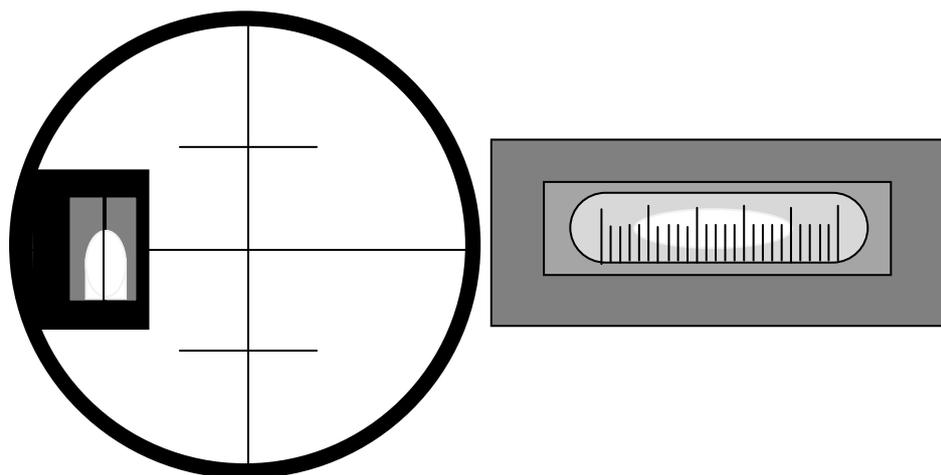


Рис. 67. Установка пузырька цилиндрического уровня на середину

Мушка (13) служит для приблизительного наведения зрительной трубы нивелира на рейку.

Вращением окуляра (14) добиваемся четкости изображения сетки нитей.

3.10.2. Настройка нивелира в рабочее положение

Для приведения нивелира в рабочее положение необходимо произвести следующие действия:

а) Устанавливаем нивелир на штатив, закрепляем его и с помощью подъемных винтов приводим пузырек круглого уровня в нуль пункт.

б) Поворачиваем верхнюю часть нивелира на 180° и если пузырек остается в нуль пункте, наводим нивелир на рейку.

в) После того как рейка попала в поле зрения трубы, закрепительным винтом фиксируем верхнюю часть нивелира в неподвижном положении. С помощью кремальеры добиваемся четкости изображения предмета (рейки), на который наводим нивелир.

г) Вращая окуляр зрительной трубы, добиваемся четкости изображения сетки нити. Наводящим винтом, наводим сетку нитей на рейку.

д) Вращая элевационный винт, выводим пузырек цилиндрического уровня на середину, одновременно добиваемся совпадения половинок

пузырька, находящихся в поле зрения трубы нивелира. После совмещения половинок пузырька цилиндрического уровня достигается условие, когда визирная ось нивелира, становится параллельной уровенной поверхности. То есть, нивелир приведен в рабочее положение, и можно брать отсчеты по рейкам.

3.10.3. Поверки и юстировки нивелира Н-3

Целью поверок и юстировок, является выявление отступлений от идеальной геометрической схемы нивелиров, вызванных нарушением правильного взаимного расположения их частей и осей. Поверки и, если необходимо юстировки следует выполнять систематически. После поверок и юстировок нивелира с цилиндрическим уровнем должно быть соблюдено главное условие: визирная ось нивелира и ось цилиндрического уровня должны быть параллельны. Если это условие выполнено, то после приведения пузырька цилиндрического уровня в нульпункт визирная ось займет горизонтальное положение.

Поверка №1 **Ось круглого уровня должна быть параллельна оси вращения нивелира**

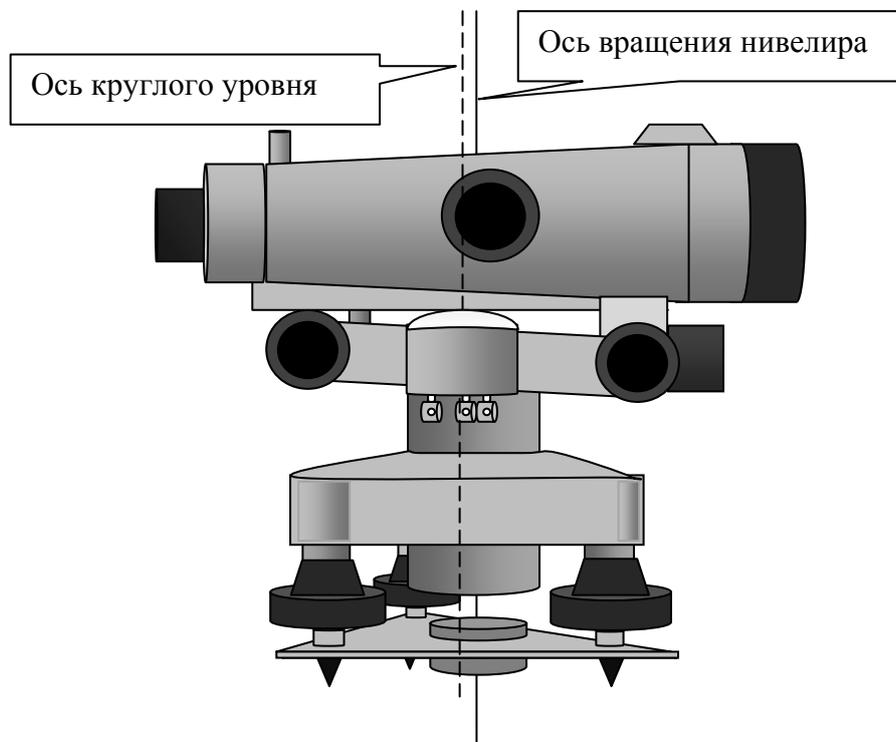


Рис. 68. Параллельность осей круглого уровня и оси вращения нивелира

Поверка выполняется аналогично тому, как круглый уровень приводится в рабочее положение.

– С помощью подъемных винтов пузырек круглого уровня приводится в нуль-пункт.

– Поворачиваем верхнюю часть нивелира на 180° и если пузырек остается в нуль-пункте, то условие поверки выполнено.

Если пузырек отошел от центра, то выполняем юстировку:

– Исправительными винтами уровня перемещаем пузырек к центру на половину его отклонения (рис. 69).

– Подъемными винтами приводим его в нуль-пункт.

Для контроля поверку повторяют.

Перед каждой последующей поверкой предварительно приводят по круглому уровню ось нивелира в вертикальное положение. Для этого устанавливают подъемными винтами пузырек круглого уровня в центр кружка.

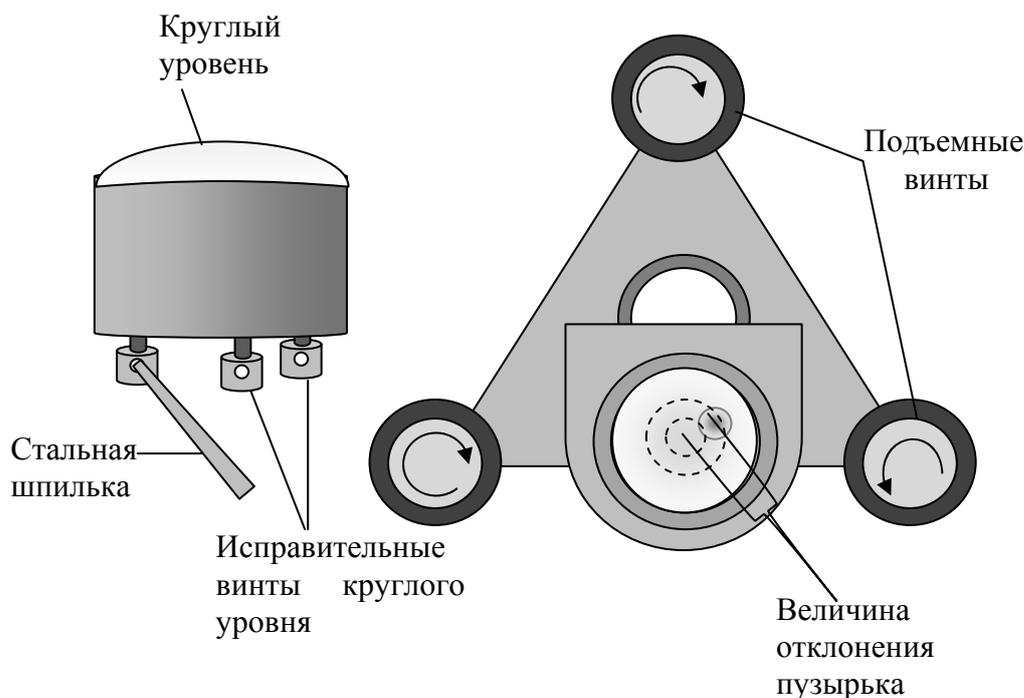


Рис.69. Схема юстировки круглого уровня

При вращении верхней части нивелира пузырек должен оставаться в нуль-пункте.

Поверка №2

Горизонтальная нить сетки нитей должна быть перпендикулярна оси вращения нивелира

Средняя нить сетки наводится на ясно видимую точку, расположенную в 25–30 метрах от нивелира, и наводящим винтом плавно вращают трубу.

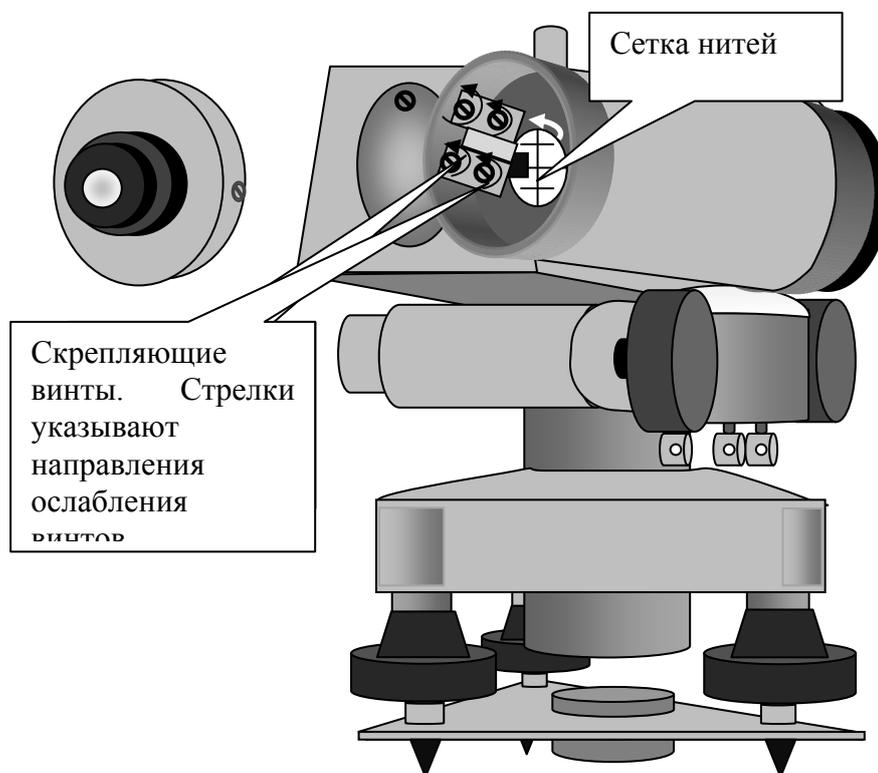


Рис. 70. Исправление вертикальности сетки нитей

Нить сетки не должна сходиться с выбранной точки. При несоблюдении этого условия необходимо ослабить винты, скрепляющие сетку с корпусом трубы и повернуть сетку в нужную сторону (рис.70). Для контроля поверку повторяют.

Поверка №3

Ось цилиндрического уровня должна быть параллельна визирной оси трубы

Поверка этого главного геометрического условия производится двойным нивелированием одной и той же линии с разных ее концов. Длина линии около 50 метров. Концы линии закрепляются кольшками.

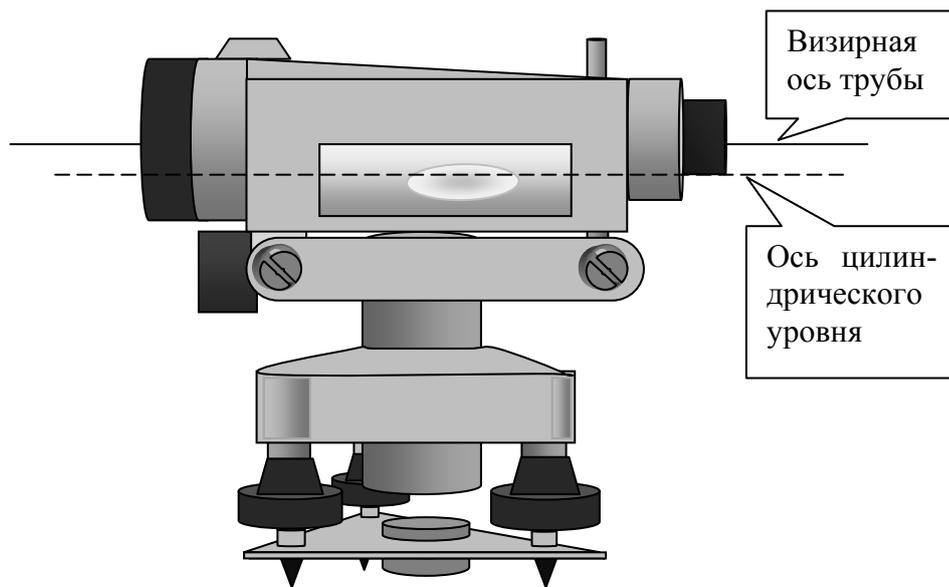


Рис. 71. Параллельность оси цилиндрического уровня и визирной оси трубы

Устанавливают нивелир в первой точке (точка А) так, чтобы окуляр находился над колышком. Приводим ось вращения нивелира в отвесное положение с помощью круглого уровня и измеряем высоту прибора.

В точке (В) устанавливаем рейку и берем по ней отсчет b_1 , предварительно элевационным винтом выведя пузырек цилиндрического уровня в нуль-пункт. Если визирная ось трубы и ось цилиндрического уровня не параллельны то, то в отсчет b_1 войдет ошибка X . Тогда h равно (рис.72 а):

$$h = i_1 - (b_1 - X).$$

Переносим нивелир в точку В, измеряем высоту прибора и наводим его на рейку установленную на точке А и делаем отсчет b_2 .

Превышение измеренное из точки В будет равно (рис. 72б):

$$h = (b_2 - X) - i_2.$$

Решая оба уравнения, получим:

$$X = [(b_1 + b_2) / 2] - [(i_1 + i_2) / 2].$$

Если X не превышает 4 мм, то исправление не производится.

В противном случае при помощи элевационного винта наводим среднюю нить на исправленный отсчет $b = b_2 - X$ и вертикальными исправительными винтами цилиндрического уровня совмещаем изображение концов пузырька (рис.73).

Например $X = 10$ мм, тогда $b_2 = 1750$, $b = 1750 - 10 = 1740$

После проведенных исправлений поверка повторяется.

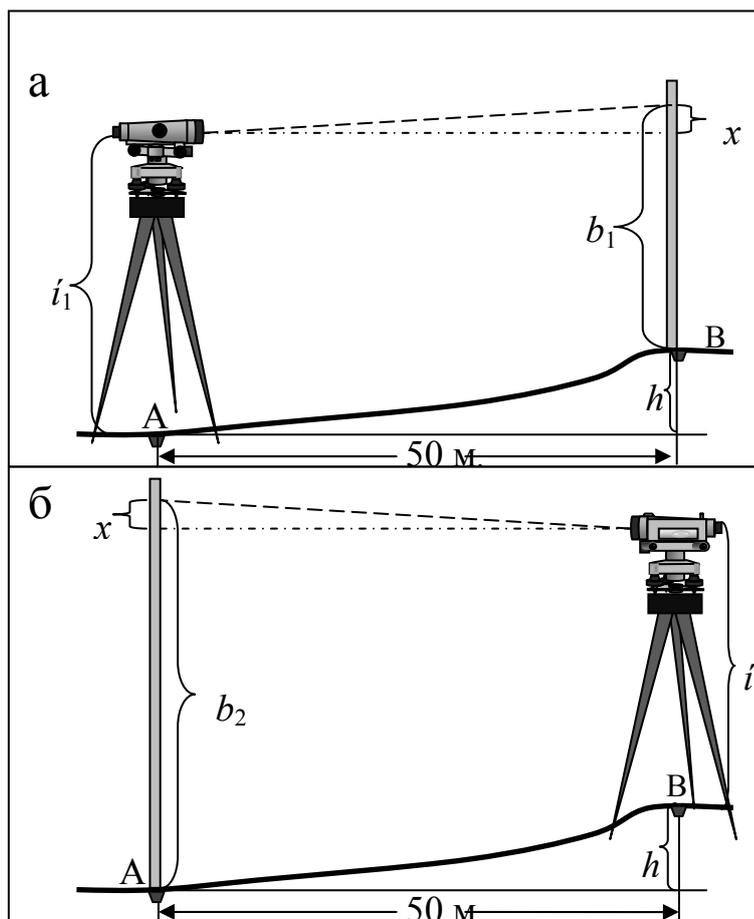


Рис. 72. Схема поверки оси цилиндрического уровня

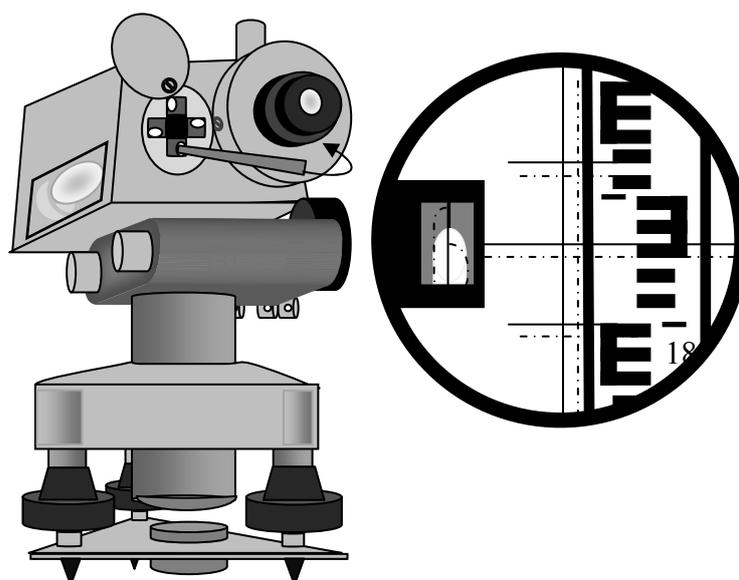


Рис.73. Исправления положения оси цилиндрического уровня.

3.11. Нивелиры с компенсаторами. Нивелир 4Н-2КЛ

Нивелир 4Н-2КЛ относится к точным нивелирам и предназначен для геометрического нивелирования III-IV классов. Он служит для определения разности высот точек на местности с помощью визирного луча, который автоматически устанавливается горизонтально. У нивелира имеется горизонтальный лимб 360° . В маркировке нивелира: К – наличие компенсатора; Л – наличие горизонтального лимба, 2 – два миллиметра – среднеквадратическая погрешность измерения превышений на 1 км двойного нивелирного хода.

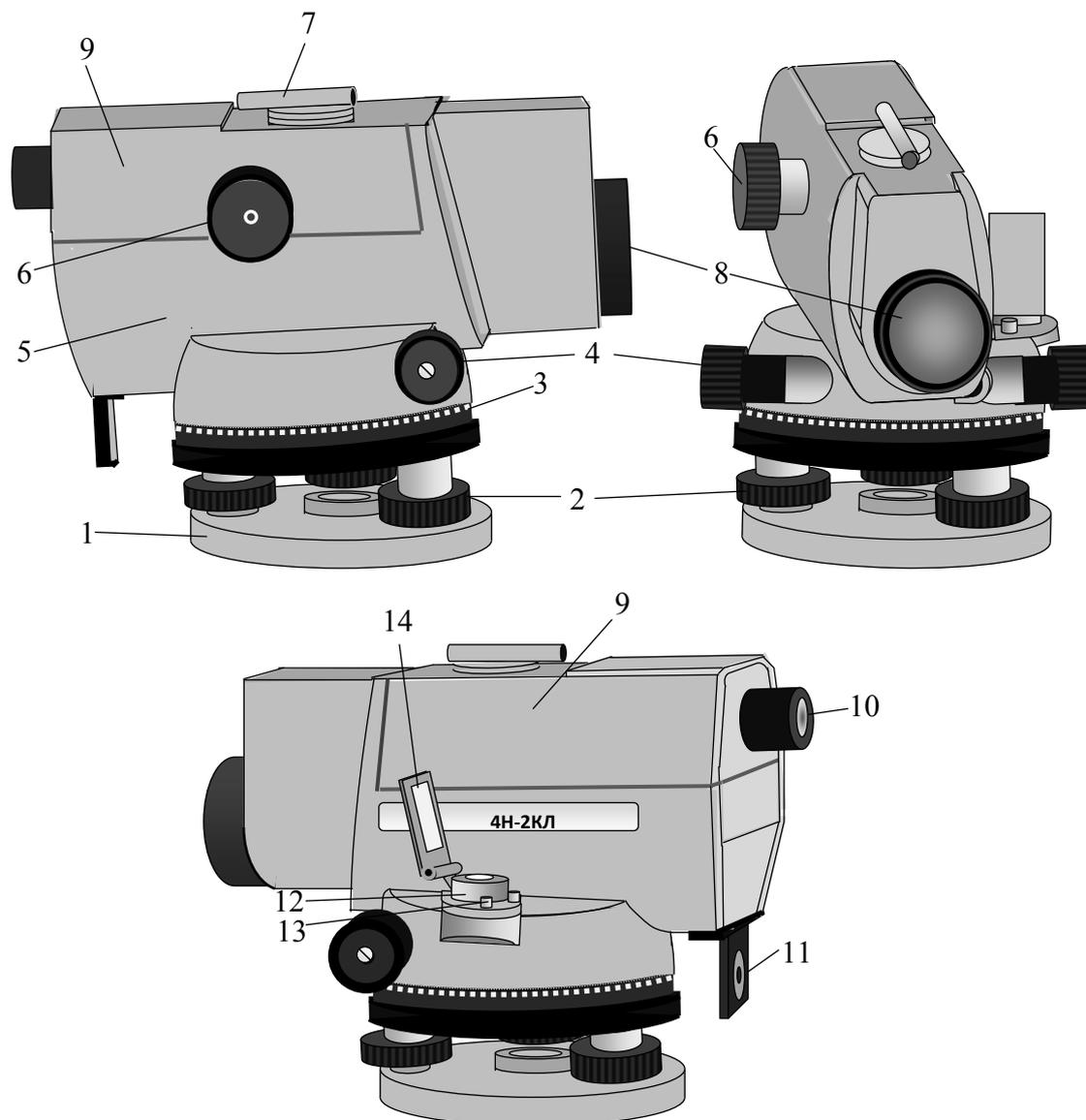


Рис. 74. Нивелир 4Н-2КЛ:

- 1 – подставка; 2 – подъемные винты; 3 – лимб горизонтального круга;
- 4 – наводящий винт; 5 – корпус нивелира; 6 – кремальера; 7 – визир;
- 8 – объектив; 9 – крышка; 10 – окуляр; 11 – лупа для снятия отсчетов с лимба;
- 12 – круглый уровень; 13 – юстировочный винт круглого уровня;
- 14 – зеркало уровня

Зрительная труба прямого изображения. Лимб позволяет измерять горизонтальные углы и переносить их на местность. Малые масса и размеры нивелира, а также его точность в сочетании с высокой надежностью и удобством в работе позволяет отнести его к наиболее высокопроизводительным и эффективным в эксплуатации современным геодезическим приборам. Температурный диапазон работы нивелира от, минус 40 до +50°C.

Предназначение большинства частей нивелира 4Н-2КЛ не отличается от их применения в нивелире Н-3, которые подробно описаны в предыдущих подразделах (пп. 3.8.2; 3.8.3). Отличительной особенностью нивелира 4Н-2КЛ, является наличие лимба горизонтального круга, который позволяет измерять горизонтальные углы со среднеквадратической погрешностью не более 0,1°. Поворот лимба можно осуществлять рукой. Отсчет по лимбу берется при помощи лупы. Наличие компенсатора позволяет автоматически привести визирную ось нивелира в горизонтальное положение, после выведения на середину пузырька круглого уровня. К нивелиру прилагается металлическая рейка, состоящая из трех секций. Длина каждой секции равна одному метру. Окраска нечетной секции имеет черный цвет, а четной красный. Секции соединяются винтами. Рейку можно удлинить до 5 метров за счет второго комплекта. Рейка имеет прямое изображение цифр. Длина рейки может изменяться под воздействием температуры. Поэтому при резком колебании температуры и при высоких отрицательных температурах необходимо вносить поправки в длину рейки.

3.12. Нивелир С330 SOKKIA

Как и нивелир 4Н-2КЛ имеет компенсатор и лимб горизонтального круга. Нивелир С330 SOKKIA имеет прямое изображение. Лимб горизонтального круга позволяет измерять горизонтальные углы и переносить их на местность

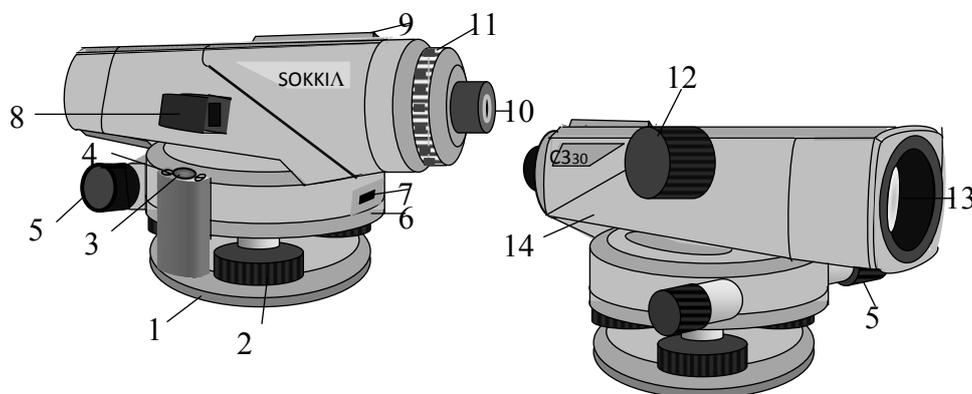


Рис.75. Нивелир С330 SOKKIA:

- 1 – подставка; 2 – подъемный винт; 3 – круглый уровень; 4 – юстировочный винт круглого уровня; 5 – наводящий винт; 6 – горизонтальный круг; 7 – индекс горизонтального круга; 8 – зеркало; 9 – визир; 10 – окуляр; 11 – кожух юстировочных винтов сетки нитей; 12 – кремальера; 13 – объектив; 14 – корпус

3.13. Поверки и юстировки нивелиров с компенсаторами

Поверка круглого уровня

Поверка осуществляется аналогично тому, как осуществляется поверка круглого уровня нивелира Н-3 (поверка №1; пп.3.8.4). Аналогичным образом осуществляется и юстировка, с учетом конструкции приборов (Положения и способов поворота юстировочных винтов).

Поверка сетки нитей

Поверка сетки нитей для нивелира 4Н-2КЛ производится аналогично поверке №2 нивелира Н-3 (пп.3.8.4). Для нивелира С330 поверка осуществляется следующим образом:

– Прибор устанавливается посередине между точками *A* и *B* и берутся отсчеты по рейкам a_1 и b_1 (рис.76).

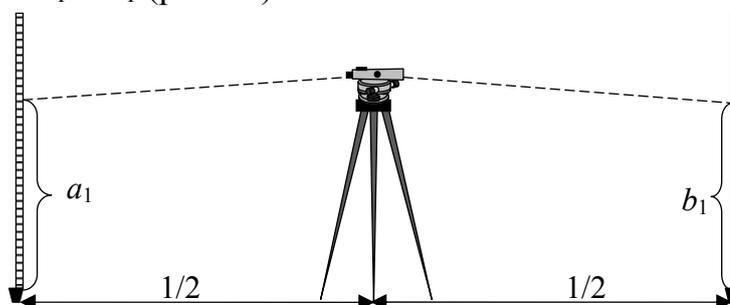


Рис. 76. Схема поверки сетки нитей

– Прибор устанавливается на расстоянии 2 метров от точки *A* (между точками *A* и *B*) и берутся отсчеты a_2 и b_2 (рис.77).

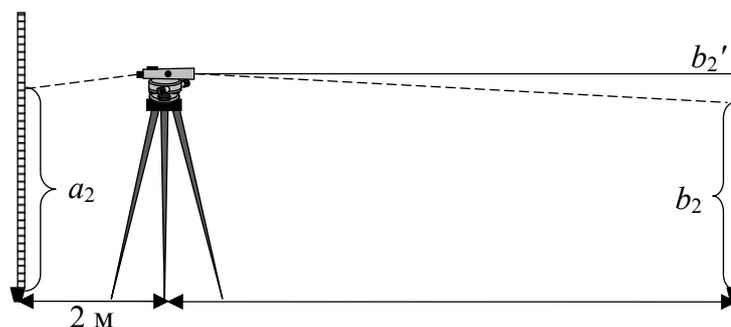


Рис. 77. Схема поверки сетки нитей

- Зрительная труба остается направленной на переднюю рейку.
- Вычисляем по формуле: $b_2' = a_2 - (a_1 - b_1)$.
- Если $b_2' = b_2$ юстировка не требуется.
- Если разница между b_2' и b_2 значительна, выполняем юстировку.

– Снимаем защитный кожух 11 (рис.72) и с помощью шпильки закручиваем или ослабляем юстировочные винты, в зависимости от знака разности b_2' и b_2 .

– Определяем новое значение разности b_2' и b_2 и в случае необходимости повторяем юстировку.

Поверка компенсатора

Поверка компенсатора для каждого типа нивелиров отличается друг от друга, что отражено в инструкциях по применению приборов.

Остальные поверки приборов менее значительны и производятся индивидуально для каждого типа прибора согласно инструкции прилагаемой к каждому прибору.

3.14. Лазерные нивелиры. Нивелир НЛ30

Нивелир НЛ30 предназначен для измерения превышений, построения горизонтальной и вертикальной плоскости и контроля точности высотного положения конструкций при инженерно-геодезических работах в строительстве. Он относится к классу строительных лазерных приборов средней точности.

Дополнительно нивелир можно использовать:

– При геодезических разбивочных работах, построении проектных отметок на строительных конструкциях и поверхности земли.

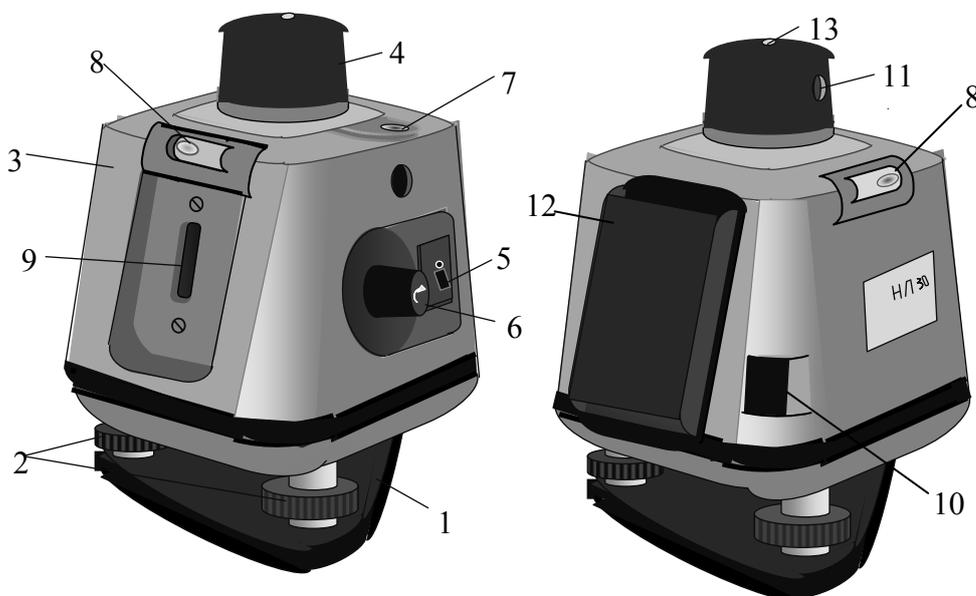


Рис.78. Нивелир НЛ30:

1 – подставка; 2 – подъемные винты; 3 – корпус; 4 – головка нивелира;
5 – переключатель; 6 – рукоятка; 7 – круглый уровень; 8 – цилиндрические уровни; 9 – цилиндрический уровень; 10 – экстрактор – 11 – отверстие выхода горизонтального лазерного луча; 12 – аккумуляторная батарея; 13 – отверстие выхода вертикального лазерного луча

– При проведении строительно-монтажных работ как внутри помещений, так и снаружи.

– Нивелирования по горизонтали полов, потолков.

– Построение опорных и разметочных линий для установки шкафов, батарей, сантехники, установки стен и перегородок под прямым углом и т.д.

Прибор излучает красный лазерный луч в двух взаимно перпендикулярных направлениях. Один из лучей, вращаясь, образует видимую лазерную плоскость, второй луч проецирует видимую ортогональную линию.

3.14.1. Принцип работы

В металлическом корпусе 3 (рис.78) установлен полупроводниковый красный лазер. Излучаемый лазером луч, проходя через призму, расположенную в головке нивелира 4, разделяется на два взаимно перпендикулярных луча. При вращении головки, осуществляемой с помощью электродвигателя, луч, перпендикулярный оси вращения описывает плоскость. Второй луч, направленный вдоль оси вращения, остается неподвижным. Скорость вращения плавно регулируется от 0 до 500 об/мин с помощью рукоятки 6. Включение-выключение осуществляется переключателем 5. В верхней части корпуса расположен круглый уровень 7, предназначенный для предварительной установки нивелира в горизонтальное положение. Помимо круглого уровня в верхней части корпуса расположены два цилиндрических уровня 8, служащие для точной установки луча в горизонтальное положение. На боковой поверхности корпуса расположен цилиндрический уровень 9, предназначен для горизонтирования осевого лазерного луча. Установка батареи 12 на корпус нивелира производится с помощью экстрактора 10. Подъемными винтами 2 корпус нивелира наклоняется относительно подставки 1 для выведения пузырьков уровней в среднее положение. Подставка крепится на штатив с помощью отверстия с резьбой.

3.14.2. Приемник FR11

Приемник (рис.79) предназначен для быстрого точного определения лазерной плоскости на любом удалении от нивелира.

На лицевой стороне расположена фотоприемная линейка 1, регистрирующая прохождение лазерного луча. Включение-выключение осуществляется трехпозиционным переключателем 3. Нажатие клавиши с одной риской включает приемник в режиме акустического сопровождения индикации.

Нажатие на клавишу с двумя рисками включает приемник в режиме без акустического сопровождения. При включении и появлении на индикаторе 2 надписи «ON», приемник готов к работе. При пересечении приемником лазерной плоскости, высвечивается одна из стрелок 4 (верхняя или нижняя). Перемещая приемник в направлении стрелки, необходимо добиться ее погасания и высвечивания горизонтальной черты 5. В таком положении лазерный луч проходит точно по белой черте 6 и выемкам (реперам 7) на боковых сторонах приемника. Звуковое дублирование индикации предназначено для работы в условиях недостаточной освещенности и недоступном положении приемника. При нахождении точного положения лазерной плоскости раздается много тональный сигнал соответствующий свечению черты 6. Под крышкой 9 находится элемент питания.

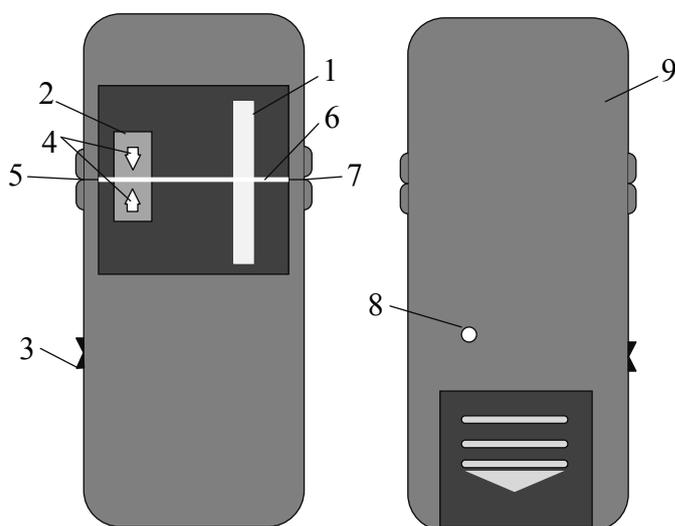


Рис. 79. Приемник FR11:

1 – фотоприемная линейка; 2 – индикатор; 3 – переключатель; 4 – стрелки; 5 – лазерная плоскость; 6 – белая черта; 7 – репер – 8; резьбовое отверстие; 9 – крышка

На обратной стороне приемника имеется резьбовое отверстие 8, служащее для крепления к адаптеру (рис.80), который в свою очередь крепится к нивелирной рейке.

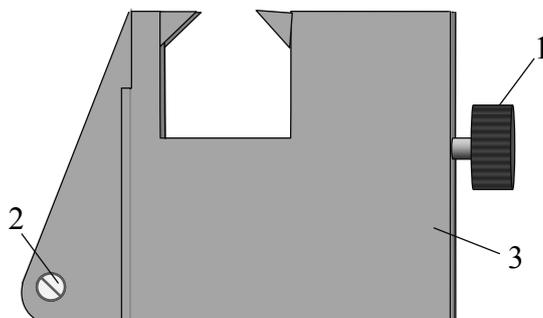


Рис. 80. Адаптер FC12:

1 – винт для крепления к рейке; 2 – винт для крепления приемника; 3 – корпус

3.14.3. Нивелирная рейка TN14

Нивелирная четырех секционная телескопическая рейка предназначена для определения превышений с использованием приемника FR11. Длина рейки в разложенном состоянии составляет 4 метра, к верхней части которой с помощью адаптера крепится приемник. Отсчеты снимаются по шкалам выдвигаемых секций, точкой отсчета служит торцовая часть нижестоящей секции.

3.14.4. Подготовка нивелира к работе и порядок работы

Подготовка нивелира к работе производится в следующей последовательности:

- Нивелир устанавливается на штатив и с помощью круглого уровня производится его предварительное горизонтирование.
- С помощью подъемных винтов пузырьки цилиндрических уровней выводятся на середину.
- Нивелир включается с помощью переключателя и вращением рукоятки, добиваемся необходимой скорости вращения головки.

Построение проектных отметок

На расстоянии 30 метров от нивелира построение отметок возможно без приемника:

Первый способ без вращения головки нивелира. Вращая головку рукой, лазерный луч наводится на рабочую поверхность и в центре его проекции делается отметка.

При втором способе устанавливается такая скорость вращения, чтобы на рабочей поверхности была отчетливо видна непрерывная проекция проекции лазерного луча. Отметка делается посередине линии проекции.

Для получения гарантированной точности, а при расстоянии более 30 метров необходимо использование приемника.

Измерение превышений по рейке

Данный способ определения превышений, аналогичен определению превышением способом из середины, с той лишь разницей, что отсчет по рейке берется только по одной стороне и с помощью приемника, который подает сигнал при прохождении лазерного луча.

3.14.5. Поверки и юстировки нивелира НЛ30

Проверка круглого уровня выполняется следующим образом:

- Нивелир устанавливается на штатив.

– С помощью подъемных винтов на середину выводятся пузырьки цилиндрических уровней.

– Пузырек круглого уровня должен оставаться в нуль пункте.

– Если пузырек круглого уровня вышел за пределы нуль пункта, то юстировочными винтами он выводится на середину.

Отклонение осевого лазерного луча от горизонтальной плоскости (параллельность оси цилиндрического уровня и оси нивелира) проверяется двойным нивелированием с концов линии длиной 15 метров. Если смещение пузырька цилиндрического уровня превышает 0.5 деления, то оно исправляется юстировочными винтами.

Остальные поверки, сроки и порядок их выполнения, описаны в инструкциях, которые прилагаются к каждому прибору при его продаже.

4. ОПРЕДЕЛЕНИЕ КООРДИНАТ И УГЛОВ ОРИЕНТИРОВАНИЯ ПО ТОПОГРАФИЧЕСКИМ КАРТАМ. ОПРЕДЕЛЕНИЕ АБСОЛЮТНЫХ ОТМЕТОК ТОЧЕК. ПОСТРОЕНИЕ ПРОФИЛЯ ПО КАРТЕ

4.1. Оформление листа топографической карты

Стороны листа карты являются отрезками меридианов и параллелей и образуют внутреннюю рамку этого листа, имеющего форму трапеции.

В каждом углу рамки карты указывается его долгота и широта.

Например: координаты юго – западного угла карты (рис. 81) равны: широта $54^{\circ}37'30''$, долгота $31^{\circ}45'$.

Рядом с внутренней рамкой, расположена минутная рамка, деления которой соответствуют 1 минуте широты и долготы (см. рис. 81). Точками между минутной и внешней рамками обозначены 10 секундные интервалы.

Между минутной и внутренней рамкой подписаны ординаты вертикальных и абсциссы горизонтальных линий координатной (километровой) сетки. Надписи 6420, 6421 означают, что ординаты находятся в 6-й зоне проекции Гаусса – Крюгера. Цифры 420 и 421 меньше 500 (линия осевого меридиана 6 зоны), свидетельствуют о том, что лист расположен к западу от осевого меридиана.

Долгота осевого меридиана вычисляется по формуле

$$L = 6^{\circ} N_{\text{з}} - 3^{\circ} = 33^{\circ},$$

где $N_{\text{з}}$ – номер зоны.

Над северной стороной рамки подписывается номенклатура листа карты, а в разрывах минутной и внешней рамок указывается номенклатура четырех смежных листов того же масштаба (см. рис.81).

Под серединой южной стороны рамки подписываются численный масштаб, вычерчивается соответствующий ему линейный масштаб, а также указывается высота сечения рельефа и выносятся график заложения.

Под юго-западным углом рамки, в пояснительной записке указываются данные о склонение магнитной стрелки δ , величина сближения меридианов γ и величина угла между северным направлением километровых линий и магнитным меридианом.

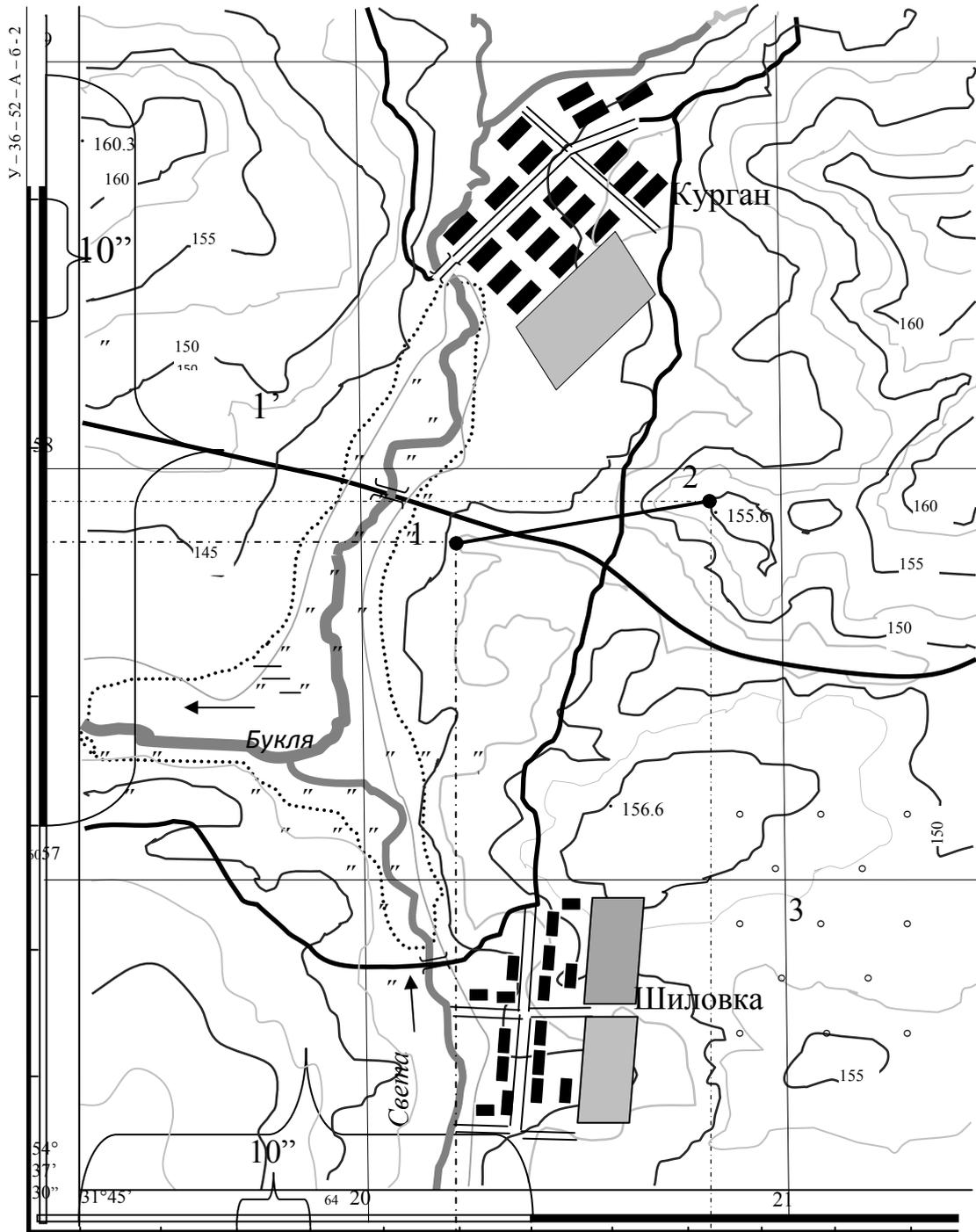


Рис.81. Фрагмент топографической карты 1:10000 масштаба

Пример пояснительной записки.

Склонение на 2000 г. Восточное $6^{\circ}00'$. Среднее сближение меридианов западное $0^{\circ}58'$. При прикладывании буссоли (компаса) к вертикальной линии координатной сетки среднее отклонение магнитной стрелки восточное $6^{\circ}58'$.

Годовое изменение склонения восточное $0^{\circ}02'$.

Поправка в дирекционный угол при переходе к магнитному азимуту минус $6^{\circ}58'$.

В дополнение к этому, взаимное расположение истинного, осевого и магнитного меридианов показано на специальном графике (рис. 82).

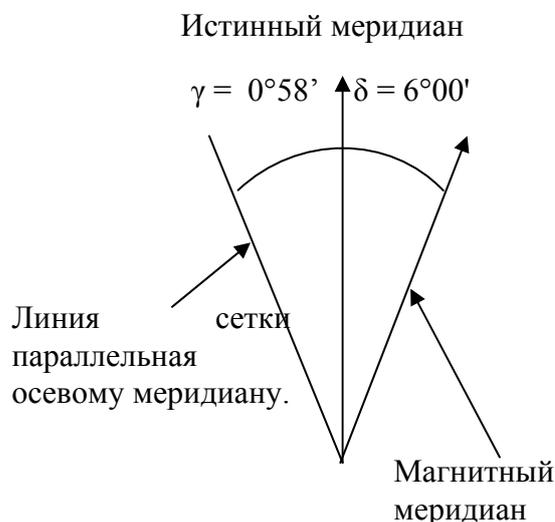


Рис.82. Соотношение между осевым, истинным и магнитным меридианами

4.2. Определение геодезических и прямоугольных координат по топографической карте

На топографической карте 1:10000 масштаба, студенты выносят две точки, которые соединяют между собой сплошной линией (положение точек задается преподавателем). Определяются геодезические и прямоугольные координаты этих точек (см. пп.1.2.1 и 1.2.2.).

4.2.1. Пример определения геодезических координат

Геодезические координаты (широту и долготу) точки определяют следующим образом. Например: для определения широты и долготы точки 1, проводят линии параллельные нижней границе рамки и истинному меридиану, параллельному вертикальной оси рамки (см. рис.81, штрих пунктирные линии). Секунды определяются на глаз, деля 10 секундный отрезок. Например: на рисунке 77, геодезическая широта точки 1 равна:

$$B_1 = 54^{\circ}37'30'' + 53'' = 54^{\circ}38' 23''.$$

Геодезическая долгота равна:

$$L_1 = 31^{\circ}45' + 49'' = 31^{\circ}45'49''.$$

В случае необходимости более точного определения координат точки, можно поступить следующим образом. Линия, проведенная параллельно нижней границе рамки делит десятисекундный интервал на две части (рис. 83).

Измеряем расстояние от нижней точки до прямой $d = 14$ мм. Расстояние между двумя точками $10''$ интервала $D = 46$ мм. Тогда приращение координаты по широте ΔB находим по формуле

$$\Delta B = 50' + (d/D) 10'' = (14/46)10'' = 53.04''.$$

Геодезическую широту точки 1 определяем по формуле:

$$B_1 = B_0 + \Delta B = 54^\circ 37' 30'' + 53.04'' = 54^\circ 38' 23.04'',$$

где B_0 – геодезическая широта юго-западного угла карты (рис.77).

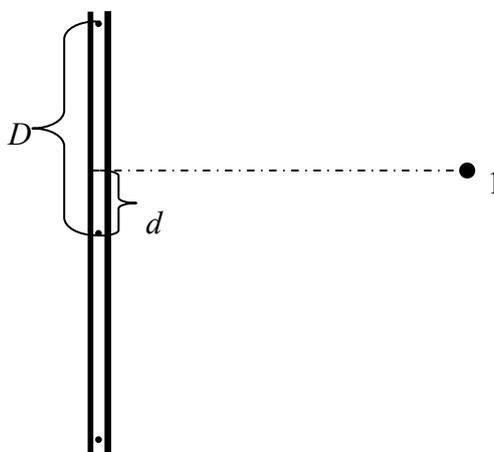


Рис.83. Схема определения геодезической широты с повышенной точностью

Аналогичным образом определяем долготу точки 1, а также геодезические координаты других точек.

4.2.2. Пример определения прямоугольных координат

Определение прямоугольных координат по топографической карте производится в следующей последовательности. Определяем координаты юго западного угла трапеции километровой сетки (рис.81), в котором находится точка 1:

$$X_0 = 6057 \text{ км}; Y_0 = 6420 \text{ км}.$$

Из точки 1 опускаем перпендикуляры на линии сетки трапеции. С помощью циркуля измерителя и поперечного масштаба тщательно их измеряем. Полученные расстояния являются приращениями координат по осям X и Y (рис.84).

$$\Delta X_1 = -114 \text{ м}, \Delta Y_1 = 222 \text{ м}.$$

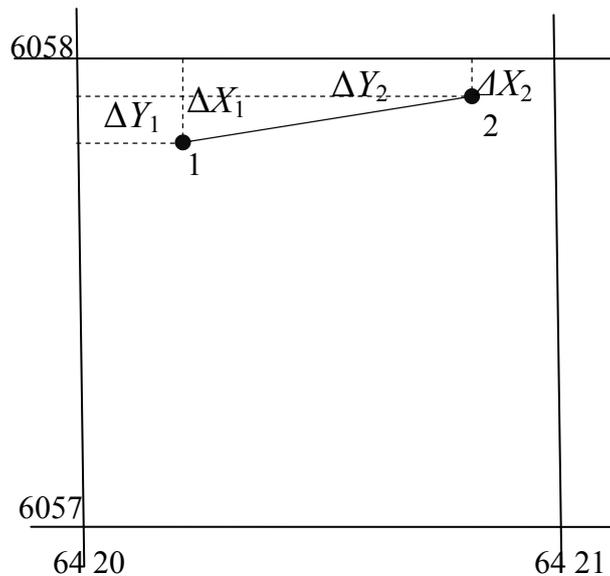


Рис.84. Определение прямоугольных координат по топографической карте

Если точка находится севернее (выше) линии координатной сетки то приращение координат по оси X имеет знак плюс, а если южнее, то знак минус.

Если точка находится восточнее (правее) линии координатной сетки, то приращение координат по оси Y имеет знак плюс, а если западнее, то знак минус.

Координаты точки 1 находим по формулам:

$$X_1 = X_0 + \Delta X = 6058000 - 180 = 6057820 \text{ м};$$

$$Y_1 = Y_0 + \Delta Y = 6420000 + 225 = 6420225 \text{ м}.$$

Координаты точки 2 равны:

$$X_2 = X_0 + \Delta X = 6058000 - 80 = 6057920 \text{ м};$$

$$Y_2 = Y_0 + \Delta Y = 6420000 + 837 = 6420837 \text{ м}.$$

Т а б л и ц а 16

Номер точки	Геодезические координаты		Прямоугольные координаты	
	Широта B	Долгота L	X	Y
1	54°38'23"	31°45'49"	6057886	6420222
2	54°38'25"	31°46'25"	6057968	6420828

4.3. Определение углов ориентирования по топографической карте

По топографической карте студенты определяют дирекционный угол направления 1-2, румб этого направления, а также используя данные о величинах склонения магнитной стрелки и сближения меридианов, определяют истинный и магнитный азимуты направления 1-2.

4.3.1. Определение дирекционного угла по топографической карте

Пусть требуется определить дирекционный угол направления 1-2. Для решения этой задачи продолжаем линию 1-2 до пересечения с ближайшей вертикальной линией километровой сетки.

Приложив к точке пересечения нуль транспортира (рис.85), отсчитываем угол по часовой стрелке от северного направления линии километровой сетки. Например: дирекционный угол, показанный на рис. 81 равен $82^{\circ}30'$.

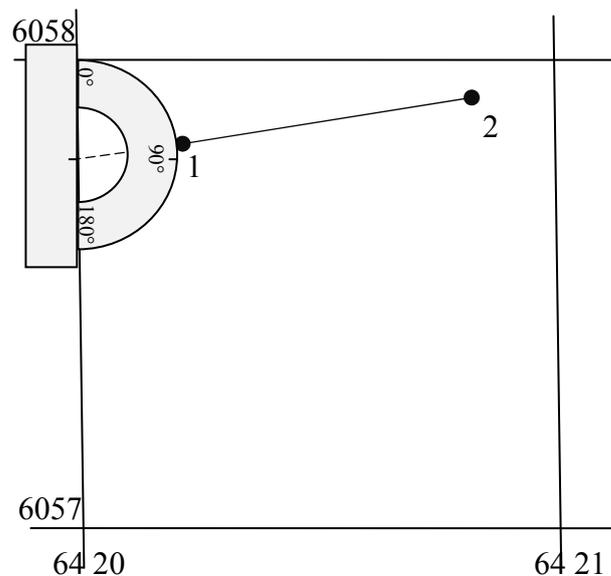


Рис.85. Определение дирекционных углов по топографической карте

Используя данные о величине склонения магнитной стрелки и величине сближения меридианов, подписанных в нижнем Юго-Западном углу карты и схемы расположения осевого, истинного и магнитного меридианов (см. рис.79), определяем величину истинного меридиана и магнитного азимута.

$$A_m = \alpha_{1-2} + \gamma - \delta = 82^{\circ}30' + (-0^{\circ}58') - (+6^{\circ}00') = 82^{\circ}30' - 0^{\circ}58' - 6^{\circ}00' = 75^{\circ}32';$$

$$A_{ист} = \alpha + \gamma = 82^{\circ}30' + (-0^{\circ}58') = 81^{\circ}32'.$$

Обратный дирекционный угол направления 1–2 (т.е. направления 2–1) будет равен:

$$\alpha_{2-1} = \alpha_{1-2} \pm 180^\circ = 82^\circ 30' + 180^\circ = 262^\circ 30'.$$

Румб направления 1-2 равен дирекционному углу, так как дирекционный угол отвечает 1 четверти, поэтому: $r_{1-2} = \text{СВ } 82^\circ 30'$ Данные вносим в табл. 17.

Т а б л и ц а 17

Определение углов ориентирования

Направление	Дирекционный угол	Истинный азимут	Магнитный азимут	Румб
1-2	82°30'	81°32'	75°32'	СВ 82°30'

4.4. Определение отметок точек по топографической карте. Построение продольного профиля по линии 1-2

Для определения отметок точек по топографической карте, необходимо знать, высоту сечения рельефа (на карте на рис.81 горизонтالي проведены через 2,5 метра), направление ската и отметки горизонталей.

Например, на рис.86 показан фрагмент топографической карты. Требуется определить абсолютные отметки точек 1; 2 и построить продольный профиль по линии 1-2. Обе точки лежат на горизонталях, следовательно, их отметки равны отметкам горизонталей. $H_1 = 147,5$ м. $H_2 = 155$ м.

Часто требуется определить отметку точки лежащей между двух горизонталей. Для примера возьмем точку 3. Через точку 3 проводим кратчайшее расстояние между двумя смежным горизонталями. Измеряем расстояние d от младшей горизонтали до точки 3 и замеряем расстояние D между горизонталями (рис.86). Отметка точки 3 равна:

$$H_3 = H_0 + [(d/D) \cdot (145 - 142.5)] = 142.5 + [(1.4 / 1.7) \cdot 2.5] = 144.56 \text{ м,}$$

где H_0 – отметка младшей горизонтали между которыми расположена точка 3; d – расстояние в сантиметрах от младшей горизонтали до точки 3; D – расстояние между горизонталями; 2,5 – высота сечения рельефа.

Определяем превышение между точками 1 и 2:

$$h_{1-2} = H_2 - H_1 = 155 - 147,5 = 7,5 \text{ м.}$$

Расстояние между точками 1 и 2 равно $d_{1-2} = 640$ м. Тогда уклон по линии 1 – 2 будет равен:

$$i_{1-2} = h_{1-2} / d_{1-2} = 7,5 / 640 = 0,0117.$$

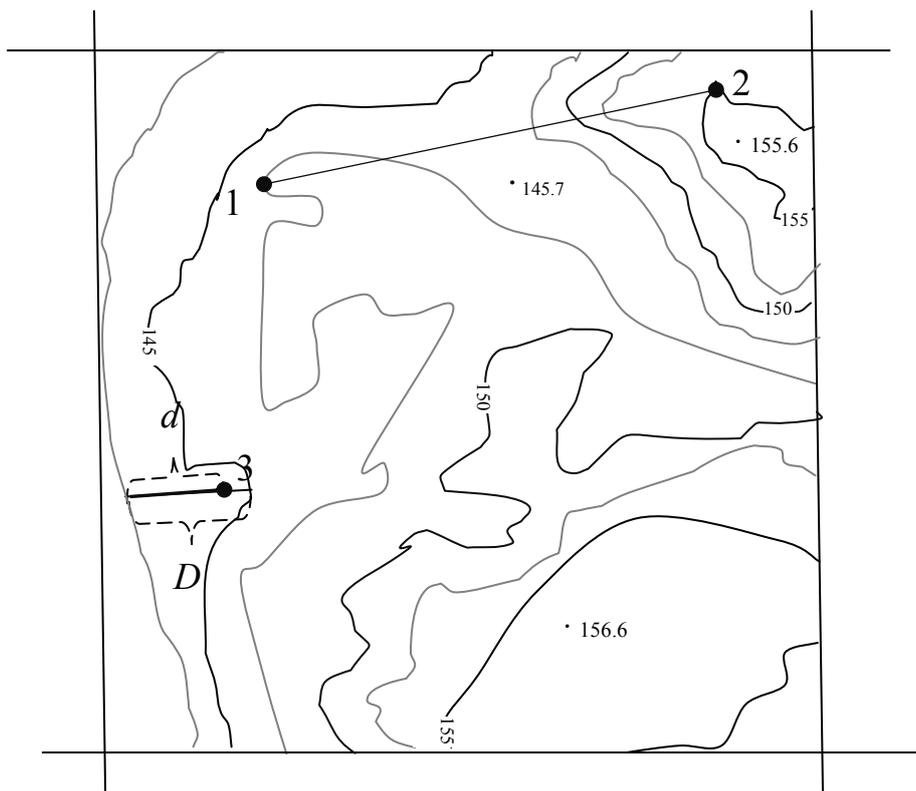


Рис. 86. Определение отметок точек по горизонталям

4.4.1. Построения продольного профиля по заданному направлению

Построение профиля по линии 1–2 начинаем с определения на ней положения горизонталей, т.е. горизонтали переносятся на линию 1–2. Затем линия 1–2 разворачивается в горизонтальное положение, и определяются абсолютные отметки крайних точек 1;2 (см. рис. 86). Профиль строится в 1:10000 в горизонтальном масштабе и для выразительности в 1:1000 в вертикальном масштабе. Все необходимые для построения профиля данные заносятся в графы (сетки профиля), расположенные в нижней части профиля. На листе миллиметровой бумаги строим графы расстояний и отметок (рис. 87). Сетка профиля строится таким образом, что бы верхняя граница верхней графы совпала с утолщенной линией миллиметровки. Начало профиля также выбирается на утолщенной линии, в 5–7 сантиметрах от края листа. Верхняя граница сетки профиля совпадает с линией условного горизонта, которая выбирается таким образом, что бы наименьшая отметка горизонтали была на 4 сантиметра выше линии условного горизонта. Определяем отметку условного горизонта. Например: наименьшей горизонталью, пересекающей линию 1–2, является горизонталь, имеющая отметку 147,5 метров. Линия условного горизонта на 4 см. ниже отметки 147,5 метров. В 1:1000 масштабе это соответствует 40 метрам. Следовательно, линия условного горизонта равна: $147,5 - 40 = 107,5$ мет-

ров. Для удобства отсчетов принимаем линию условного горизонта равную 100 метрам.

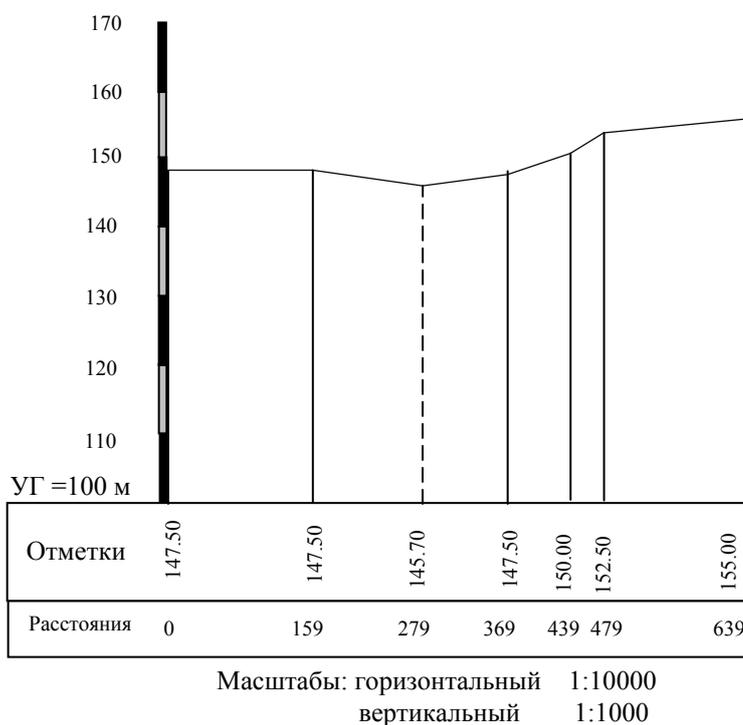


Рис. 87. Профиль по линии 1-2

Из точек пересечения линии профиля и горизонталей восстанавливаем перпендикуляры, на которых откладываем в масштабе 1:1000 разницу между отметкой горизонтали и отметкой условного горизонта. Полученные точки соединяем между собой. В результате получается рельеф местности по линии 1-2.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Золотова, Е.В. Геодезия с основами кадастра [Текст] / Е.В.Золотова, Р.Н.Скогорева. – М: Академический Проект; Трикста, 2011. – 413 с.
2. Неумывакин, Ю.К. Практикум по геодезии [Текст] / Ю.К.Неумывакин. – М.: КолосС, 2008. – 318 с.
3. Перфилов, В.Ф. Геодезия [Текст] / В.Ф. Перфилов, Р.Н. Скогорева, Н.В. Усова. – М.: Высшая школа, 2006. – 350 с.
4. Поклад, Г.Г. Геодезия [Текст] / Г.Г. Поклад, С.П. Гриднев. – М.: Академический проект, 2008. – 592 с.
5. Условные знаки М 1:10000 [Текст]. – М.: Геостройизыскания, 2000.
6. Федотов, Г.А. Инженерная геодезия [Текст]: учебник / Г.А. Федотов. – М.: Высш.шк., 2009.
7. Хаметов, Т.И. Практикум по инженерной геодезии [Текст]: учебное пособие / Т.И. Хаметов, Э.К. Громада, Э.К. Харьковская, Е.П. Тюкленкова. – 2е изд., доп. – Пенза: ПГАСА, 2003. – 241 с.

Электронные внутри вузовские издания:

8. Пономаренко, В.В. Мультимедийный курс лекций по геодезии [Электронный ресурс] /В.В. Пономаренко. – Пенза: ПГУАС, 2013.
9. Пономаренко, В.В. Теодолит 4Т30 [Электронный ресурс]: мультимедийное, учебно-методическое пособие / В.В.Пономаренко, К.В.Краснов, М.С.Загарина. – Пенза: ПГУАС, 2011.
10. Пономаренко, В.В. Нивелир Н-3 [Электронный ресурс]: мультимедийное, учебно-методическое пособие / В.В. Пономаренко, К.В.Краснов, М.С. Загарина. – Пенза: ПГУАС, 2011.
11. Пономаренко, В.В. Составление плана теодолитной съемки [Электронный ресурс]: мультимедийные методические указания к РГР №1 /В.В. Пономаренко. – Пенза: ПГУАС, 2010.
12. Пономаренко В.В. Вертикальная планировка. Составление плана земляных масс [Электронный ресурс]: мультимедийные методические к РГР №2 /В.В. Пономаренко. – Пенза: ПГУАС, 2010.

ОГЛАВЛЕНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ	3
ВВЕДЕНИЕ	6
1. ФОРМА И РАЗМЕРЫ ЗЕМЛИ, ЭЛЛИПСОИД ВРАЩЕНИЯ, ГЕОИД, СИСТЕМЫ КООРДИНАТ, УГЛЫ ОРИЕНТИРОВАНИЯ, МАСШТАБЫ. ПРЯМАЯ И ОБРАТНАЯ ГЕОДЕЗИЧЕСКИЕ ЗАДАЧИ...7	
1.1. Форма и размеры земли	7
1.2. Геодезические и прямоугольные координаты	9
1.3. Ориентирование линий. Азимуты, магнитные азимуты, дирекционные углы и румбы.....	12
1.4. Масштабы	15
1.5. Прямая и обратная геодезические задачи	18
2. ТОПОГРАФИЧЕСКИЕ СЪЕМКИ. КАРТОГРАММА ЗЕМЛЯНЫХ МАСС	21
2.1. Составление топографического плана участка. Теодолитная съемка.....	21
2.2. Вертикальная планировка. Составление плана земляных масс	48
3. ИЗУЧЕНИЕ ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ ПРИБОРОВ.....	56
3.1. Классификация теодолитов	56
3.2. Технические теодолиты. Теодолит 4Т30П. Устройство, поверки и юстировки.....	56
3.3. Точные теодолиты	67
3.4. Электронные теодолиты. Электронный теодолит Vega ТЕО – 5В/20В.....	72
3.5. Измерение углов и дальномерных расстояний.....	79
3.6. Электронные тахеометры	83
3.7. Электронный тахеометр 3Та5Р	83
3.8. Электронный тахеометр TOPCON GTS-102N.....	86
3.9. Классификация нивелиров.....	96
3.10. ТЕХНИЧЕСКИЙ НИВЕЛИР Н-3	97
3.11. Нивелиры с компенсаторами. Нивелир 4Н-2КЛ	105
3.12. Нивелир С330 SOKKIA.....	106
3.13. Поверки и юстировки нивелиров с компенсаторами.....	107
3.14. Лазерные нивелиры. Нивелир НЛ30.....	108
4. ОПРЕДЕЛЕНИЕ КООРДИНАТ И УГЛОВ ОРИЕНТИРОВАНИЯ ПО ТОПОГРАФИЧЕСКИМ КАРТАМ. ОПРЕДЕЛЕНИЕ АБСОЛЮТНЫХ ОТМЕТОК ТОЧЕК. ПОСТРОЕНИЕ ПРОФИЛЯ ПО КАРТЕ.....	113
4.1. Оформление листа топографической карты	113

4.2. Определение геодезических и прямоугольных координат по топографической карте	115
4.3. Определение углов ориентирования по топографической карте ...	118
4.4. Определение отметок точек по топографической карте. Построение продольного профиля по линии 1-2	119
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК	122

Учебное издание

Пономаренко Вячеслав Витальевич
Хаметов Тагир Ишмуратович

ГЕОДЕЗИЯ
Учебное пособие

В авторской редакции
Верстка Н.А. Сазонова

Подписано в печать 30.06.15. Формат 60×84/16.
Бумага офисная «Снегурочка». Печать на ризографе.
Усл. печ. л. 7,21. Уч.-изд. л. 7,75. Тираж 180 экз.
Заказ № 267.



Издательство ПГУАС.
440028, г.Пенза, ул. Германа Титова, 28.