

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

---

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

**Е.С. Денисова, В.В. Пономаренко**

# **ГЕОДЕЗИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ЛЕСОЗАГОТОВИТЕЛЬНЫХ ПРОИЗВОДСТВ**

Рекомендовано Редсоветом университета в качестве учебного пособия  
для студентов, обучающихся по направлению подготовки  
35.03.02 «Технология лесозаготовительных  
и деревоперерабатывающих производств»

Пенза 2016

УДК 528.4:630\*31  
ББК 26.1+65.34  
ДЗЗ

Рецензенты: главный геодезист ООО «Ангارد-Строй» В.В. Еремин;  
кандидат технических наук, доцент  
кафедры «Землеустройство и геодезия» Е.П. Тюкленкова (ПГУАС)

**Денисова Е.С.**

ДЗЗ      Геодезическое обеспечение лесозаготовительных производств: учеб. пособие по направлению подготовки 35.03.02 «Технология лесозаготовительных и деревоперерабатывающих производств» / Е.С. Денисова, В.В. Пономаренко. – Пенза: ПГУАС, 2016. – 128 с.

Обобщены общие сведения по геодезическим работам при ведении лесозаготовительных и лесоустроительных производствах, с использованием геодезических приборов и навыками работы с топографическими картами (планами).

Учебное пособие подготовлено на кафедре «Землеустройство и геодезия» и предназначено для студентов, обучающихся по направлению подготовки 35.03.02 «Технология лесозаготовительных и деревоперерабатывающих производств», при изучении дисциплины «Геодезическое обеспечение лесозаготовительных производств».

© Пензенский государственный университет  
архитектуры и строительства, 2016

© Денисова Е.С., Пономаренко В.В., 2016

## ПРЕДИСЛОВИЕ

Учебное пособие состоит из четырех глав. В первой главе излагаются основные положения геодезии, понятия о формах и размерах земли, во второй – рассмотрены основные инженерные задачи, решаемые на планах (картах), в третьей – работа с геодезическими приборами, в четвертой рассмотрены геодезические работы при лесоустройстве.

Цель данного учебного пособия, при изучении специальной дисциплины «Геодезическое обеспечение лесозаготовительных производств», 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 при лесозаготовительном производстве, а так же получение теоретических знаний по прикладным основам геодезии при выполнении лесозаготовительных работах.

В результате изучения учебного пособия студент должен:

1. **Знать:** требования к качеству планово-картографического материала, способы, приемы и современные технические средства выполнения инженерно-геодезических работ при лесозаготовительном производстве.

2. **Уметь:** оценивать качество планово-картографического материала и учитывать погрешности при решении инженерных задач на планах (картах), работать с геодезическими приборами, выбирать оптимальные методы определения площадей земельных участков.

3. **Владеть:** знаниями в таком объеме, чтобы в условиях развития современных геодезических технологии, был способен к переоценке накопленного опыта, анализа своих возможностей и приобретению новых знаний в области геодезического обеспечения лесозаготовительных производств.

Учебное пособие «Геодезическое обеспечение лесозаготовительных производств» направлено на формирование следующих компетенций:

– готовность применять в практической деятельности принципы рационального использования природных ресурсов и защиты окружающей среды;

– способность организовать и контролировать технологические процессы на лесозаготовительных, лесотранспортных и деревоперерабатывающих производствах в соответствии с поставленными задачами.

Изучение данного пособия поможет студентам более углубленно освоить теоретические аспекты учебной дисциплины.

## ВВЕДЕНИЕ

История геодезии начинается за много веков до нашей эры. Геодезические работы проводились в древнем Египте, Греции, Риме.

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

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

**инженерную геодезию** – 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.

**фототопографию** – 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.

Геодезические знания необходимы при проектировании и создании различных инженерных сооружений, при проведении научных исследований, при осуществлении обороны страны, при добыче полезных ископаемых, при организации и ведении сельского и лесного хозяйств. То есть там, где работы связаны с необходимостью изменять поверхность Земли.

Для успешного решения многих лесохозяйственных задач, наряду со знаниями по лесоводству, таксации, механизации, лесным культурам, экономике и организации лесного хозяйства, нужны и геодезические знания. Проведение лесоустройства, восстановление границ землепользований, отвод участков леса под рубку, строительство лесовозных дорог, создание лесных культур, полезащитное лесоразведение, мелиорация земель, охрана леса от пожаров и т.п. требуют от лесовода умения пользоваться картами, планами, выполнять геодезические расчёты, осуществлять перенос в натуру проектов и производить съёмку лесных площадей.

# Глава 1. ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ ГЕОДЕЗИИ. ЗЕМЛЯ ЕЕ ФОРМА И РАЗМЕРЫ

## 1.1. Виды планово-картографических материалов

Для проведения геодезических работ при лесозаготовительных процессах и создания документации используются различные картографические материалы. К ним относятся:

- топографические карты различных масштабов;
- топографические планы;
- цифровые модели местности;
- электронные карты (планы).

Термин *карта* появился в средние века в эпоху возрождения и происходит от латинского слова «charta» (лист бумаги), производного от греческого слова хартес (бумага из папируса).

*Топографической картой* называют уменьшенное, обобщенное изображение поверхности Земли построенное на плоскости в картографической проекции. Топографическая карта содержит сведения об опорных геодезических пунктах, рельефе, гидрографии, растительности, грунтах, хозяйственных и культурных объектах, дорогах, коммуникациях, границах и других объектах местности. Полнота содержания и точность топографических карт позволяют решать технические задачи.

Топографическая карта – географическая карта универсального назначения, на которой подробно изображена местность.

*Элементы карты* – это ее составные части, включающие само картографическое изображение, легенду и зарамочное оформление. Важнейший элемент всякой карты – легенда, т.е. система использованных на ней условных обозначений и текстовых пояснений к ним. Для топографических карт составлены специальные таблицы условных знаков. Они стандартизированы и обязательны к применению на всех картах соответствующего масштаба. Картографическое изображение строится на математической основе, элементами, которой на карте являются координатные сетки, масштаб и геодезическая основа. С математической основой тесно связана и компоновка карты, т.е. взаимное размещение в пределах рамки самой изображаемой территории, название карты, легенды, дополнительных карт и других данных. Вспомогательное оснащение карты облегчает чтение и пользование ею. Оно включает различные картометрические графики (например: графики уклонов), схемы изученности картографируемой территории и использованных материалов, разнообразные справочные сведения. К дополнительным данным относятся карты-врезки, фотографии, диаграммы, графики, профили, текстовые и цифровые данные. Они не принадлежат непосредственно картографическому

изображению или легенде, но тематически связаны с содержанием карты, дополняют и поясняют его.

При построении карты предполагается, что поверхность земли сначала наносится на глобус, а затем с его поверхности переносится на плоскость. Этот перенос сводится к переносу параллелей и меридианов с глобуса на плоскость, называемой картографической сеткой, внутри которой наносятся контуры местности и рельеф.

Математический закон построения картографической сетки на плоскости называется картографической проекцией. Существенным отличием карты от плана является закономерное изменение масштаба карты от точки к точке, тогда как на плане масштаб постоянен. На карте имеется направление (вдоль одного из меридианов или параллелей где масштаб постоянен), такой масштаб называется главным и равен масштабу глобуса. В остальных частях карты масштаб отличается от главного и называется частным.

Общегеографические карты масштаба 1:300000 и крупнее называются топографическими. Карты масштаба 1:100000 и крупнее получают в результате съемки местности.

Все географические карты в зависимости от масштабов условно подразделяются на следующие типы:

- топографические планы – до 1:5 000 включительно;
- крупномасштабные топографические карты – 1:10 000; 1:25 000; 1:50 000;
- среднемасштабные топографические карты – 1:100 000; 1:200 000;
- мелкомасштабные топографические карты – 1:1 000 000.

Чем меньше знаменатель численного масштаба, тем крупнее масштаб. Планы составляют в крупных масштабах, а карты – в мелких. В картах учитывается «шарообразность» Земли, а в планах – нет. Из-за этого планы не должны составляться для территорий площадью свыше 400 км<sup>2</sup> (то есть участков земли крупнее 20×20 км).

Наиболее подробно географические объекты и их очертания изображаются на крупномасштабных (топографических) картах. При уменьшении масштаба карты подробности приходится исключать и обобщать. Отдельные объекты заменяются их собирательными значениями. Отбор и обобщение становятся очевидными при сравнении разномасштабного изображения населённого пункта, который в масштабе 1:10 000 дается в виде отдельных строений, в масштабе 1:50 000 – кварталами, а в масштабе 1:100 000 – пунсоном. Отбор и обобщение содержания при составлении географических карт называется картографической генерализацией. Она имеет целью сохранить и выделить на карте типичные особенности изображаемых явлений в соответствии с назначением карты.

Оформление листа топографической карты. В основе разграфки и номенклатуры карт лежит Международная карта мира масштаба 1:1 000 000, листы которой образуют 4° ряды по параллелям и 6° колонны – по меридианам. Колонны нумеруются от 180° меридиана. Ряды обозначаются заглавными буквами латинского алфавита от экватора к югу и северу, начиная с буквы А. Колонны нумеруются арабскими цифрами с запада на восток. Первая колонна начинается со 180° меридиана.

Номенклатура листа масштаба 1:1 000 000 состоит из буквы ряда и номера колонны. Для карты южного полушария после номенклатуры записывается «Ю. П.».

Номенклатура и разграфка топографических карт более крупных масштабов строится следующим образом. Каждый лист карты масштаба 1:1 000 000 делится на 4 листа карты масштаба 1:500 000 (обозначается заглавными, русскими буквами: А, Б, В, Г), или на 36 листов масштаба 1:200 000 (обозначается римскими цифрами: I, II ... XXXVI), или на 144 листа масштаба 1:100 000 (обозначается арабскими цифрами от 1 до 144).

Разграфка карты масштаба 1:1 000 000 на карты масштаба 1:300 000 делается делением листа 1:1 000 000 на 9 частей, которые обозначаются римскими цифрами (I – IX), и выносятся вперед номенклатуры. Лист 1:100 000 (20" по широте и 30" по долготе) делится меридианами и параллелями на 4 листа масштаба 1:50 000, которые обозначаются заглавными русскими буквами: А, Б, В, Г. Лист масштаба 1:50 000 делится на 4 листа 1:25 000 (обозначаются строчными русскими буквами: а, б, в, г). Карта масштаба 1:25 000 делится на 4 листа масштаба 1:10 000 (обозначаются арабскими цифрами: 1, 2, 3, 4). Пример номенклатуры карты масштаба 1:10 000: [N-37-4-Б-а-3].

*Номенклатура карт* – система обозначения отдельных листов карты. Существует два вида разграфки: прямоугольная и международная.

*Прямоугольная разграфка* производится простым делением картографического изображения страны на листы прямоугольной формы.

В *международной разграфке* карт рамками листов служат линии меридианов и параллелей карты масштаба 1:1 000 000 с размерами 4° по широте и 6° по долготе. При разграфке по этой системе северное и южное полушария делятся на 60 колонн, обозначенных цифрами, и на 22 ряда, обозначенных буквами латинского алфавита.

Карты масштаба 1:500 000 представляют собой 1/4 листа карты масштаба 1:1 000 000 и обозначаются русскими буквами А, Б, В, Г. Листы карты масштаба 1:200 000 представляют собой 1/36 листа карты масштаба 1:1 000 000 и обозначаются римскими цифрами. Листы карты масштаба 1:100 000 представляют собой 1/144 листа карты масштаба 1:1 000 000 и обозначаются арабскими цифрами.

Недостаток этой системы – смена линий размеров северной и южной рамок листов карт в зависимости от географической широты. По мере удаления от экватора листы приобретают вид всё более узких полос, вытянутых вдоль меридианов. Поэтому топографические карты всех масштабов от  $60^\circ$  до  $76^\circ$  северной и южной широт кажутся раздвоенными по долготе, а в пределах от  $76^\circ$  до  $84^\circ$  – расчлененными по долготе листа.

Номенклатуры сдвоенных, строенных и расчлененных листов содержат обозначения всех отдельных листов.

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. 1) 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. 1).

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:  $L = 6^\circ N - 3^\circ = 33^\circ$ , где  $N$  – номер зоны.

Вдоль западной и восточной сторон рамки выписаны абсциссы горизонтальных линий километровой сетки. Величина абсциссы, например: 6057 указывает, что данная параллель находится в 6057 километрах к северу от экватора (см. рис. 1.).

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



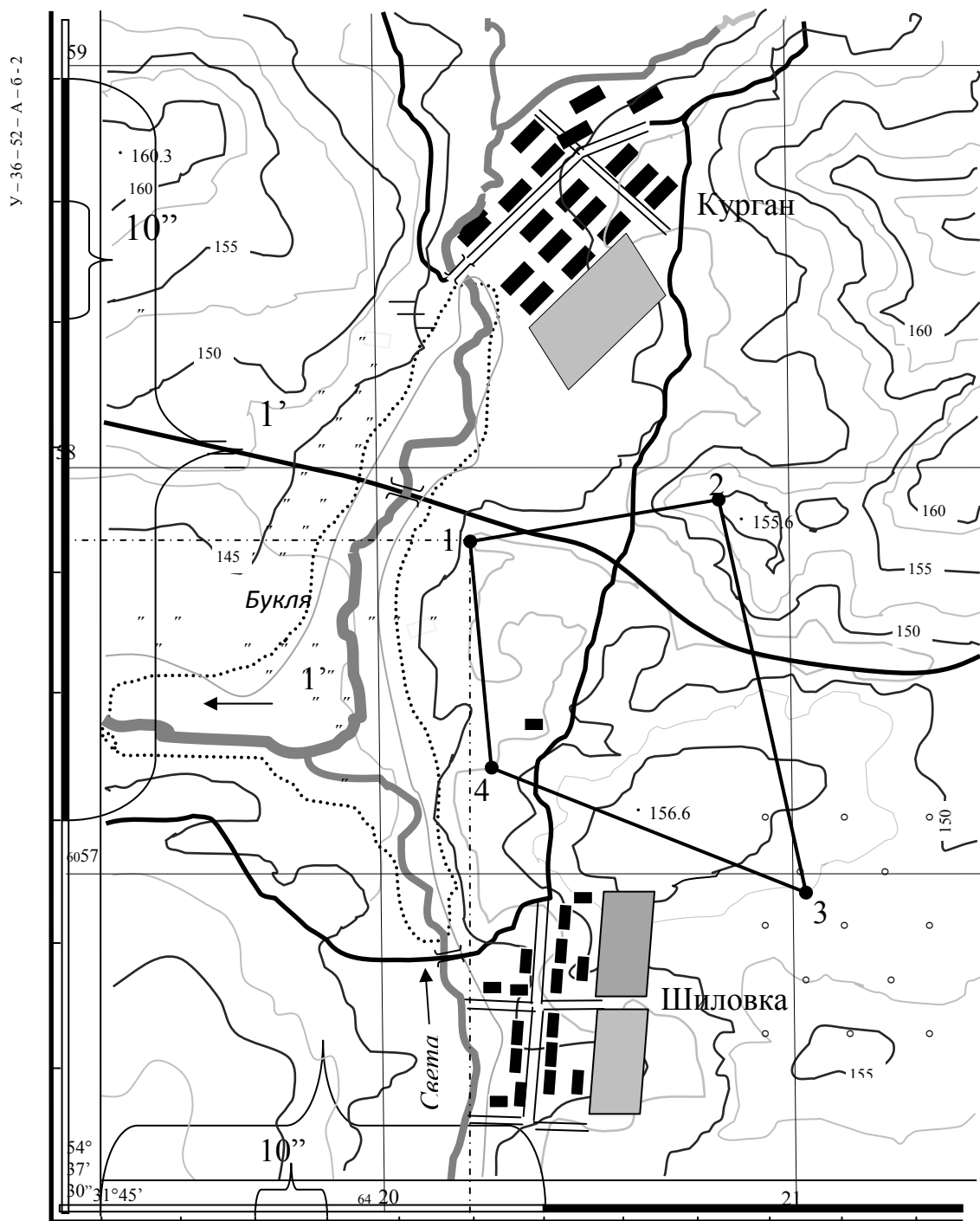


Рис.1. Фрагмент топографической карты 1:10000 масштаба

Под серединой южной стороны рамки подписываются численный масштаб, вычерчивается соответствующий ему линейный масштаб, а также указывается высота сечения рельефа и выносится график заложения. Под юго-западным углом рамки, в пояснительной записке указываются данные о склонение магнитной стрелки  $\delta$ , величина сближения меридианов  $\gamma$  и величина угла между северным направлением километровых линий и

магнитным меридианом. В дополнение к этому, взаимное расположение истинного, осевого и магнитного меридианов показано на специальном графике (рис. 2).

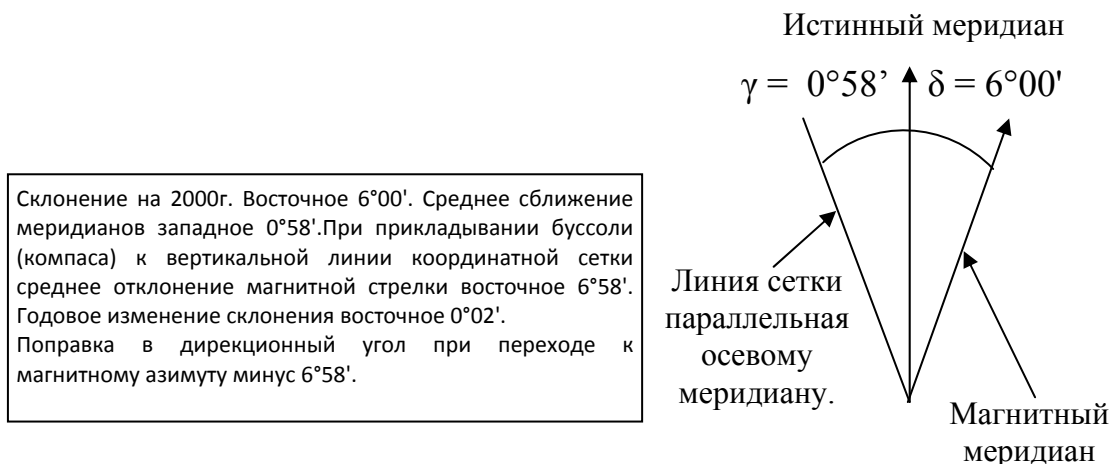


Рис.2. Соотношение между осевым, истинным и магнитным меридианами

*Топографический план* (от лат. planum – плоскость) – крупномасштабный чертеж, изображающий в условных знаках на плоскости (в масштабе 1:10 000 и крупнее) небольшой участок земной поверхности, построенный без учета кривизны уровенной поверхности и сохраняющий постоянный масштаб в любой точке и по всем направлениям.

Топографические планы получают проведением различных видов съемок: теодолитной, мензульной, тахеометрической, аэрокосмической, фототеодолитной, нивелирной.

Для получения планов небольших участков местности, занимающих площади в несколько сотен и тысяч гектаров, применяют теодолитную, мензульную или тахеометрическую съемку.

Планы значительных по площади территорий получают аэрокосмической фотосъемкой. По картам и планам детально изучают местность, производят ориентирование на местности, а также различные измерения (координат, длин линий, площадей) и расчеты. Также измерения и расчеты служат основой для проведения геодезических работ, особенно на начальных стадиях и применяются для «грубого» контроля в процессе их проведения.

В настоящее время при геодезических работах землеустройства большое применение находят цифровые модели местности и электронные карты.

*Цифровая модель местности (ЦММ)* – цифровая модель, содержащая информацию об объектах местности и ее характеристиках. Эта информация подразделяется на:

– метрическую информацию – геодезические пространственные координаты характерных точек рельефа и ситуации;

– синтаксическую информацию для описания связей между точками – границы зданий, лесов, пашни, водоемов, дороги, водораздельные и водосливные линии, направления скатов между характерными точками на склонах и т.п.;

– семантическую информацию, характеризующую свойства объектов – технические параметры инженерных сооружений, геологическая характеристика грунтов, данные о деревьях в лесных массивах и т.п.;

– структурную информацию, описывающую связи между различными объектами – отношения объектов к какому-либо множеству: отдельные пункты железнодорожной линии, здания и сооружения населенного пункта, строения и конструкции соответствующих производств и т.п.;

– общую информацию – название участка, система координат и высот, номенклатура.

*Элементарное звено ЦММ* – точечный объект, который, как правило, формируют, по результатам геодезических, фотограмметрических картометрических работ, а также по соответствующим сведениям других источников информации, например Единого государственного реестра.

Более сложный объект может быть представлен (как совокупность точечных объектов) в виде линейных, условно-линейных, площадных, а также комплексных объектах. Формируют их на основе собранной метрической и семантической информации, содержащиеся в его описании в соответствии с установленной системой классификации и кодирования.

Один из основных методов отображения пространственных данных, сформированных в виде ЦММ, представления соответствующих сведений в виде электронной карты (плана).

*Электронная карта* – цифровая картографическая модель, сформированная на машинном носителе с использованием программных и технических средств (ГИС) в принятой проекции, системе координат и высот, условных знаках, предназначенных для отображения, анализа и моделирования, а также решения информационных и расчетных задач по данным о местности и обстановке.

Цифровые топографо-геодезические электронные карты могут быть представлены в виде растровых электронных карт (планов) и векторных цифровых карт (планов).

*Растровые электронные планы (карты)* – электронные планы (карты), картографическая информация которых представлена в виде матрицы, ее элементами являются коды цветов картографического изображения. Растровые электронные планы (карты) создаются путем сканирования традиционных топографических материалов или растеризацией векторных цифровых моделей местности. Растровые материалы могут быть черно-

белыми, полутоновыми и цветными. Основной характеристикой растрового изображения является его плотность, измеряемая обычно в точках на дюйм (*dpi*).

*Векторные электронные планы (карты)* – электронные планы (карты), картографическая информация которых представлена в виде последовательности векторов. Семантическая информация у векторных электронных планов (карт) может не определяться (отсутствовать). Векторные электронные планы (карты) создаются на основе автоматизированных методов (передача информации с электронных накопителей геодезических приборов) или путем сканирования графического изображения традиционных планов и их последующей векторизации.

*Точечный объект электронной карты* – объект, местоположение которого описывается координатами одной точки. *Линейный объект электронной карты* – объект, метрика которого описывает положение осевой линии объекта. *Площадной объект электронной карты* – объект, метрика которого описывает положение границ объектов.

## 1.2. Понятие о детальности и полноте планово-картографического материала

Планы и карты, полученные в результате различных видов съемок, имеют не одинаковую детальность и полноту.

Под детальностью понимают степень подобия изображения на плане (карте) всех изгибов и извилин контуров ситуации и рельефа. При отсутствии детальности говорят, что изображение ситуаций и рельефа на плане (карте) обобщено. Обобщение (генерализация) происходит при дешифрировании фотоматериалов, рисовке рельефа и при выполнении наземных съемок.

Под полнотой понимают степень насыщенности плана объектами местности, изображение которых на плане необходимо и при данном масштабе и высоте сечения рельефа, возможно.

Хорошей детальностью и полнотой обладают планы (карты), получаемые методами аэрофотосъемки (космической) съемки. Меньшей детальностью и полнотой обладают планы (карты), получаемые другими видами съемок, т.к. качество их изготовления зависит от внимания и производственного опыта исполнителя.

Важной характеристикой карты (плана) является точность. Под точностью карты (плана) понимают степень соответствия пространственного положения точек местности с их изображением на карте (плане).

Детальность и полнота планов зависят от детальности и полноты абрисов.

Под точностью плана (карты) понимают величину средней квадратической погрешности  $m_t$  положения контурной точки на плане относительно ближайшего пункта главного геодезического обоснования съемки (контурная точка – точка объекта).

Погрешность положения точки (пункта)  $m_t$  является двумерной и определяется формулой:

$$m_t = \sqrt{m_x^2 + m_y^2}$$

где  $m_x$  и  $m_y$  – погрешности координат точки (т.е. погрешности положения точки по осям координат).

Если  $m_x = m_y = m_k$  (т.е. точность положения точки приближенно характеризуется кругом погрешностей, а не эллипсом, что точнее), тогда:

$$m_t = m_k \sqrt{2} \quad \text{и} \quad m_k = m_t / \sqrt{2},$$

где  $m_k$  – средняя квадратическая погрешность координат точки.

Числовые значения средних квадратических погрешностей положения контурных точек  $m_t$  на плане для различных объектов приведены в табл. 1.

Т а б л и ц а 1

**Значения средних квадратических погрешностей положения точек**

Наименование объекта	$m_t$ , см
1	2
Углы капитальных построек, оград, центры колодцев и точки других постоянных точек	0,02; 0,03
Точки пересечения асфальтированных дорог, кварталов сельских населенных пунктов, канав	0,04; 0,05
Точки границ пашни, пересечения грунтовых дорог, лесных просек и других малоизменчивых объектов	0,06; 0,1
Точки границ леса, кустарника, луговой растительности урезом воды рек, а также других изменчивых объектов	0,11; 0,15

Для характеристики детальности и полноты может применяться величина называемая информативной плотностью топографического плана (карты)  $Q$ , которая равна:

$$Q = \frac{R_O}{R_M}$$

где  $R_O$  – информативность топографической карты или плана (инф. ед/га);

$R_M$  – масштабообразующая информационная емкость топографической карты плана (инф. ед./га).

Под характеристикой  $R_O$  информативности топографического плана понимают достаточное для потребителя количество информации позволяющей выполнить конкретную землеустроительную задачу. Для вычисления  $R_O$ , инф. ед/га используют формулу:

$$R_O = KN + 1,2n$$

где  $K$  – число информационных единиц, зависящее от минимальной площади земельного участка  $P$  ( $m^2$ ), который отображен на плане или карте,  $K$  принимается равным 3,0; 2,7; 2,5; 2,3 и 1,8 инф. ед. соответственно для площадей земельных участков 1, 5, 10, 20 и  $100m^2$ ;

$N$  – среднее число участков на плане (карте);

$n$  – среднее число объектов местности, показанных масштабными и внесмасштабными условными знаками.

Значение масштабообразующей информационной емкости  $R_M$  для топографических планов и карт в масштабах 1: 500, 1: 1000, 1: 2000, 1: 5000 и 1:10000 соответственно составляют 500, 300, 110, 30 и 10 инф. ед/га.

Считается, что если информативная плотность топографического плана больше единицы, то многие необходимые объекты местности не выражены в данном масштабе плана (карты). Информативную плотность топографического плана можно применять как критерии обоснования выбора масштаба топографического плана для его использования в конкретных практических целях.

## 1.3 Картографические условные знаки

### 1.3.1. Классификация условных знаков

На картах и планах изображение объектов местности (ситуации) представлено в картографических условных знаках. *Картографические условные знаки* – система символических графических обозначений, применяемая для изображения на картах различных объектов и явлений, их качественных и количественных характеристик. Условные знаки иногда также называют «легенда карты».

Для удобства чтения и запоминания многие условные знаки имеют начертания, напоминающие вид изображаемых ими местных предметов сверху или сбоку. Например, условные знаки заводов, нефтяных вышек, отдельно стоящих деревьев, мостов по своей форме сходны с внешним видом перечисленных местных предметов.

Картографические условные знаки принято делить на масштабные (контурные), внесмасштабные и пояснительные (рис. 3). В некоторых учебниках в отдельную группу выделяют линейные условные знаки.

*Масштабными (контурными)* знаками называют условные знаки, применяемые для заполнения площадей объектов, выражающихся в масштабе плана или карты. По плану или карте можно определить при помощи такого знака не только местоположение объекта, но его размеры и очертания.

Границы площадных объектов на плане могут быть изображены сплошными линиями разного цвета: черным (здания и сооружения, ограды, дороги и т.д.), голубым (водохранилища, реки, озера), коричневым (естественные формы рельефа), светло-розовым (улицы и площади в населенных пунктах) и т. д. Точечный пунктир применяется для границ сельскохозяйственных и естественных угодий местности, границ насыпей и выемок у дорог. Границы просек, тоннелей и некоторых сооружений обозначаются простым пунктиром. Заполняющие знаки внутри контура располагаются в определенном порядке.

<i>Масштабные (контурные)</i>		<i>Внемасштабные</i>	
	Лес		Отдельно стоящее дерево
	Кустарник		Межевой знак
	Сенокос		Естественные источники
	Залежи		Мельница
	Огород	<i>Пояснительные</i>	
	Пашня		9 — средняя высота деревьев, м 0,15 — средняя толщина деревьев, м 3 — расстояние между деревьями, м
			40 — длина моста, м 6 — ширина проезжей части, м 10 — грузоподъемность, т
			30 — ширина реки, м 1,5 — глубина реки, м п — грунт дна (песок)
			
			
			
			

Рис. 3. Типы условных знаков

*Линейные условные знаки* (разновидность масштабных условных знаков) применяются при изображении объектов линейного характера – дорог, линий электропередачи, границ и т. п. Местоположение и плановое очертание оси линейного объекта изображаются на карте точно, но их ширина значительно преувеличивается. Например, условный знак шоссе на картах масштаба 1:100 000 преувеличивает ее ширину в 8 – 10 раз.

Если объект на плане (карте) не может быть выражен масштабным знаком из-за своей малости, то применяется внемасштабный условный

знак, например, межевой знак, отдельно растущее дерево, километровый столб и др. Точное положение объекта на местности показывает главная точка немасштабного условного знака. Главная точка находится:

- у знаков симметричной формы – в центре фигуры (рис. 4);
- у знаков с широким основанием – в середине основания (рис. 5);
- у знаков, имеющих основание в виде прямого угла, – в вершине угла (рис. 6);
- у знаков, представляющих собой сочетание нескольких фигур, – в центре нижней фигуры (рис. 7).

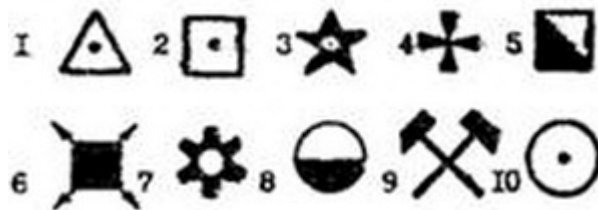


Рис. 4. Знаки симметричной формы:

1 – пункты геодезической сети; 2 – точки съёмочной сети, закрепленные на местности центрами; 3 – астрономические пункты; 4 – церкви; 5 – заводы, фабрики и мельницы без труб; 6 – электростанции; 7 – водяные мельницы и лесопилки; 8 – склады горючего и газгольдеры; 9 – шахты и штольни действующие; 10 – нефтяные и газовые скважины без вышек

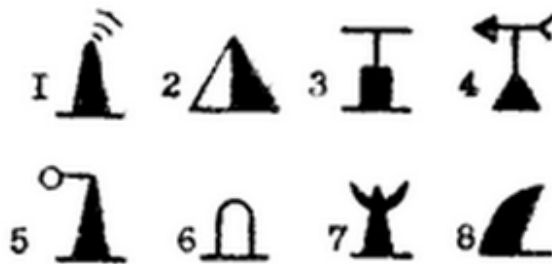


Рис. 5. Знаки с широким основанием:

1 – заводские и фабричные трубы; 2 – терриконы; 3 – телеграфные и радиотелеграфные конторы и отделения, телефонные станции; 4 – метеорологические станции; 5 – семафоры и светофоры; 6 – памятники, монументы, братские могилы, туры и каменные столбы высотой более 1 м; 7 – буддийские монастыри; 8 – отдельно лежащие камни



Рис. 6. Знаки, имеющие основание в виде прямого угла:

1 – ветряные двигатели; 2 – бензоколонки и заправочные станции; 3 – ветряные мельницы; 4 – постоянные знаки речной сигнализации; 5 – отдельно стоящие лиственные деревья; 6 – отдельно стоящие хвойные деревья



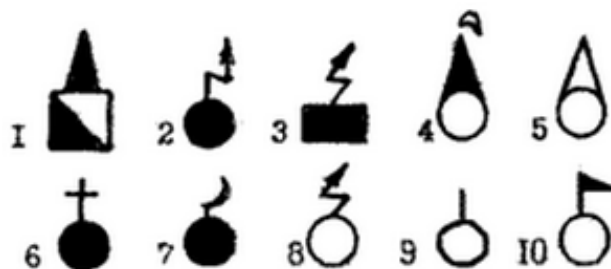


Рис. 7. Знаки, представляющие собой сочетание нескольких фигур:  
 1 – заводы, фабрики и мельницы с трубами; 2 – будки трансформаторные;  
 3 – радиостанции и телецентры; 4 – нефтяные и газовые вышки; 5 – сооружения башенного типа; 6 – часовни; 7 – мечети; 8 – радиомачты и телевизионные мачты; 9 – печи для обжига извести и древесного угля; 10 – мазары, суборганы (культовые сооружения)

Объекты, выраженные внемасштабными условными знаками, служат хорошими ориентирами на местности.

Пояснительные условные знаки (рис. 8, 9) применяются в сочетании с масштабными и внемасштабными; они служат для дополнительной характеристики местных предметов и их разновидностей. Например, изображение хвойного или лиственного дерева в сочетании с условным знаком леса показывает преобладающую в нем породу деревьев, стрелка на реке указывает направление ее течения, поперечные штрихи на условном знаке железной дороги показывают количество путей.

	Моста: М - металлический 10 - высота, м; 80 - длина, м; 8 - ширина, м; 60 - грузоподъемность, т
	Шоссе: 8 - ширина покрытия, м; 10 - ширина всей дороги, м; А - материал покрытия (асфальт)
	Реки: 0,5 - направление и скорость течения, м/с

Рис. 8. Пояснительные условные знаки моста, шоссе, реки



Рис. 9. Характеристики древостоев:  
 В числителе дроби – средняя высота деревьев в метрах, в знаменателе – средняя толщина стволов, справа от дроби – среднее расстояние между деревьями

На картах помещаются подписи собственных названий населенных пунктов, рек, озер, гор, лесов и других объектов, а также пояснительные подписи в виде буквенных и цифровых обозначений. Они позволяют получить дополнительные сведения о количественной и качественной характеристике местных предметов и рельефа. Буквенные пояснительные подписи чаще всего даются в сокращенном виде согласно установленному перечню условных сокращений.

Для более наглядного изображения местности на картах каждая группа условных знаков, относящаяся к однотипным элементам местности (растительный покров, гидрография, рельеф и т. п.), печатается краской определенного цвета.

### 1.3.2. Условные знаки местных предметов

Населенные пункты на топографических картах масштабов 1:25 000 – 1:100 000 показывают все (рис. 10). Рядом с изображением населенного пункта подписывается его название: города – прописными буквами прямого шрифта, а населенного пункта сельского типа – строчными буквами более мелкого шрифта. Под названием населенного пункта сельского типа указывается число домов (если известно), а при наличии в них районного и сельского Советов – их сокращенная подпись (РС, СС).

Названия городских и дачных поселков печатают на картах прописными буквами наклонного шрифта. При изображении населенных пунктов на картах сохраняют их внешние очертания и характер планировки, выделяют главные и сквозные проезды, промышленные предприятия, выдающиеся здания и другие постройки, имеющие значение ориентиров.

Широкие улицы и площади, изображающиеся в масштабе карты, показывают масштабными условными знаками в соответствии с их действительными размерами и конфигурацией, другие улицы – условными немасштабными знаками, главные (магистральные) улицы выделяются на карте более широким просветом.

Наиболее подробно населенные пункты изображаются на картах масштабов 1:25 000 и 1:50 000. Кварталы с преобладающими огнестойкими и неогнестойкими строениями закрашиваются соответствующим цветом. Строения, расположенные на окраинах населенных пунктов, показываются, как правило, все.

Изображение кварталов	
	Кварталы с преобладанием огнестойких строений
	Кварталы с преобладанием неогнестойких строений
	Разрушенные и полуразрушенные кварталы
	Непроезжие участки улиц (показываются только на карте масштаба 1:25000)
Изображение отдельных строений	
	Выдающиеся огнестойкие строения (показываются только на картах масштабов 1:25000 и 1:50000).
	Жилые и нежилые строения
Подписи названий населенных пунктов	
МОСКВА	Столица России и столицы иностранных государств с населением свыше 1000000 жителей. Города с населением свыше 1000000 жителей.
ТОРЖОК	Города с населением от 10000 до 50000 жителей
ВАРНЯЙ	Города с населением менее 2000 жителей.

Рис. 10. Населенные пункты

На карте масштаба 1: 100000 в основном сохраняется изображение всех магистральных улиц, промышленных объектов и наиболее важных предметов, имеющих значение ориентиров. Отдельные постройки внутри кварталов показываются только в населенных пунктах с весьма разреженной застройкой, например, в поселках дачного типа.

При изображении всех других населенных пунктов постройки объединяются в кварталы и заливаются черной краской, огнестойкость построек на карте 1:100 000 не выделяется.

*Отдельные местные предметы*, имеющие значение ориентиров, наносятся на карту наиболее точно. К числу таких местных предметов относятся различные вышки и башни, шахты и штольни, ветряные двигатели, церкви и отдельно расположенные постройки, радиомачты, памятники, отдельные деревья, курганы, скалы-останцы и т. п. Все они, как правило, изображаются на картах условными немасштабными знаками, а некоторые сопровождаются сокращенными пояснительными подписями. Например, подпись «шах. уг.» при знаке шахты означает, что шахта каменноугольная.

		<p>Заводские и фабричные трубы</p>
		<p>Нефтяные и газовые вышки</p>
		<p>1) Телевизионные башни (508 – высота башни в метрах); 2) радиомачты, телевизионные и радиорелейные мачты (50-высота мачты в метрах)</p>
		<p>Капитальные сооружения башенного типа</p>

Рис. 11. Отдельные местные предметы (начало)

		<p>Вышки легкого типа</p>
<p>1</p>  <p>25</p>  <p>15</p> <p>2</p>		<p>Терриконы» отвалы (25 и 15 – высоты в метрах):</p> <p>1) выражающиеся в масштабе карты;</p> <p>2) не выражающиеся в масштабе карты</p>
		<p>Будки трансформаторные</p>
		<p>Ветряные двигатели</p>
		<p>Водяные мельницы и лесопильни</p>
 <p>изв.</p>		<p>Печи для' обжига извести, древесного угля</p>

Рис. 11. Отдельные местные предметы (продолжение)

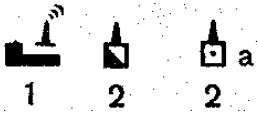

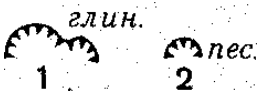
	Заводы, фабрики и мельницы с трубами	
	Заводы, фабрики и мельницы без труб	1) Выражающиеся в масштабе карты; 2) не выражающиеся в масштабе карты
	Места добычи полезных ископаемых открытым способом	

Рис. 11. Отдельные местные предметы (окончание)

Дорожная сеть на топографических картах изображается полно и подробно. Железные дороги показывают на картах все и подразделяют по количеству путей (одно-, двух- и трехпутные), по ширине колеи (нормальные и узкоколейные) и состоянию (действующие, строящиеся и разобранные). Особыми условными знаками выделяют электрифицированные железные дороги. Количество путей обозначается перпендикулярными к оси условного знака дороги черточками: три черточки – трехпутная, две – двухпутная, одна – однопутная.

На железных дорогах показывают станции, разъезды, платформы, депо, путевые посты и будки, насыпи, выемки, мосты, туннели, семафоры и другие сооружения. Собственные названия станции (разъездов, платформ) подписывают рядом с их условными знаками. Если станция расположена в населенном пункте или поблизости от него и имеет одинаковое с ним название, то подпись ее не дается, а подчеркивается название этого населенного пункта. Черный прямоугольник внутри условного знака станции указывает расположение вокзала относительно путей: если прямоугольник расположен посередине, значит, пути проходят по обеим сторонам вокзала.

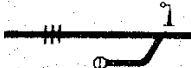



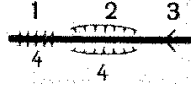
В условных знаках 1963 г.	В условных знаках 1959 г.	
		Трехпутные железные дороги, семафоры и светофоры, поворотные круги
		Двухпутные железные дороги станции
		1) насыпи; 2) выемки (4 – высота или глубина в метрах); 3) участки с большими уклонами – более 0,020 (только в горных районах)

Рис. 12. Железнодорожные станции и сооружения

Условные знаки платформ, блок-постов, будок и туннелей сопровождаются соответствующими сокращенными подписями (пл., бл. п., Б, тун.). Рядом с условным знаком туннеля, кроме того, помещается его численная характеристика в виде дроби, в числителе которой указываются высота и ширина, а в знаменателе – длина туннеля в метрах.

Шосейные и грунтовые дороги при изображении на картах подразделяют на дороги с покрытием и без покрытия. К дорогам с покрытием относятся автострады, усовершенствованные шоссе, шоссе и улучшенные грунтовые дороги. На топографических картах показывают все имеющиеся на местности дороги с покрытием. Ширину и материал покрытия автострад и шоссе подписывают непосредственно на их условных знаках. Например, на шоссе подпись 8(12)А означает: 8 – ширина покрытой части дороги в метрах; 12 – ширина дороги от канавы до канавы; А – материал покрытия (асфальт). На улучшенных грунтовых дорогах, как правило, дается только подпись ширины дороги от канавы до канавы. Автострады, усовершенствованные шоссе и шоссе выделяются на картах оранжевым цветом, улучшенные грунтовые дороги – желтым или оранжевым цветом.

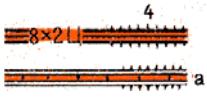


	<p>Автострады: 8 – ширина одной полосы в метрах, 2 – количество полос, Ц – материал покрытия (Ц – цементобетон, А – асфальтобетон); насыпи (4 – высота насыпи в метрах)</p>
	<p>Усовершенствованные шоссе: 8 – ширина покрытой части; 10 – ширина всей дороги от канавы до канавы в метрах, А – материал покрытия (А – асфальтобетон, Ц – цементобетон, Бр – брусчатка, Кл – клинкер), выемки (5 – глубина выемки в метрах)</p>
	<p>Шоссе: 5 – ширина покрытой части) 8 – ширина всей дороги от канавы до канавы в метрах; Б – материал покрытия (Б – булыжник, Г – гравий, К – камень колотый, Шл – шлак, Щ – щебень); обсадки</p>

Рис 13. Шосейные и грунтовые дороги

На топографических картах показывают не имеющие покрытия грунтовые (проселочные), полевые и лесные дороги, караванные пути, тропы и зимние дороги. При наличии густой сети дорог более высокого класса некоторые второстепенные дороги (полевые, лесные, грунтовые) на картах масштабов 1:200 000, 1:100 000, а иногда и 1:50 000, могут быть не показаны.

Участки грунтовых дорог, проходящие через заболоченные места, выстланные по деревянным лежням связками хвороста (фашинами) и засыпанные затем слоем земли или песка, называют фашинными участками дорог. Если на таких участках дорог вместо фашин сделан настил из бревен (жердей) или просто насыпь из земли (камней), то их называют соответственно гатями и греблями. Фашинные участки дорог,

гати и гребли на картах обозначают черточками, перпендикулярными к условному знаку дороги.

На шоссейных и грунтовых дорогах показывают мосты, трубы, насыпи, выемки, посадки деревьев, километровые столбы и перевалы (в горных районах).

Мосты изображают на картах различными по начертанию условными знаками в зависимости от материала (металлические, железобетонные, каменные и деревянные); при этом выделяют двухъярусные, а также подъемные и разводные мосты. Особым условным знаком выделяют мосты на плавучих опорах. Рядом с условными знаками мостов, имеющих длину 3 м и более, и расположенных на дорогах (кроме автострад и усовершенствованных шоссе), подписывают их численную характеристику в виде дроби, в числителе которой указывают длину и ширину моста в метрах, а в знаменателе – грузоподъемность в тоннах. Перед дробью указывают материал, из которого построен мост, а также высоту моста над уровнем воды в метрах (на судоходных реках). Например, подпись рядом с условным знаком моста (рис. 14) означает, что мост каменный (материал постройки), в числителе – длина и ширина проезжей части в метрах, в знаменателе – грузоподъемность в тоннах.

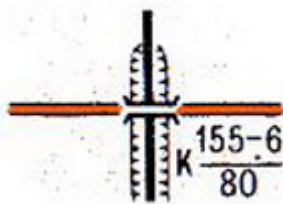


Рис. 14. Путепровод над железной дорогой

При обозначениях мостов на автострадах и усовершенствованных шоссе даются только их длина и ширина. Характеристика мостов длиной менее 3 м не дается.

### 1.3.3. Гидрография (водные объекты)

На топографических картах показывают прибрежную часть морей, озера, реки, каналы (канавы), ручьи, колодцы, источники, пруды и другие водоемы. Рядом с ними подписывают их названия. Чем крупнее масштаб карты, тем подробнее изображаются водные объекты.

Озера, пруды и другие водоемы показывают на картах, если их площадь составляет 1 мм<sup>2</sup> и более в масштабе карты. Водоемы меньших размеров показывают лишь в засушливых и пустынных районах, а также в тех случаях, когда они имеют значение надежных ориентиров.

Реки, ручьи, каналы и магистральные канавы на топографических картах показывают все. При этом установлено, что на картах масштабов



1:25 000 и 1:50 000 реки шириной до 5 м, а на картах масштаба 1:100 000 – до 10 м обозначают одной линией, более широкие реки – двумя линиями. Каналы и каналы шириной 3 м и более изображают двумя линиями, шириной менее 3 м – одной.

Ширину и глубину рек (каналов) в метрах подписывают в виде дроби: в числителе – ширина, в знаменателе – глубина и характер грунта дна. Такие подписи помещаются в нескольких местах на протяжении реки (канала).

Скорость течения рек (м/с), изображаемых двумя линиями, указывают в середине стрелки, показывающей направление течения. На реках и озерах подписывают также высоту уровня воды в межень по отношению к уровню моря (отметка урезов воды).

	Подписи названий судоходных рек и каналов
	Озера: 1) пресные; 2) соленые; 3) горько-соленые
	<p>Отметка урезов воды</p> <p>Стрелки, показывающие направление течения рек (0,2 – скорость течения в м/сек)</p> <p>Характеристика рек и каналов: 170—ширина, 1,7 – глубина в метрах, П – характер грунта дна (П – песчаный, Т – твердый, В – вязкий, К – каменистый)</p> <p>Броды: 1,2 – глубина, 180 – длина в метрах, Т – характер грунта, 0,5 – скорость течения в м/сек</p> <p>Перевозы</p> <p>Паромы: 195 – ширина реки; 4x3 – размеры парома в метрах; 8 – грузоподъемность в тоннах</p>

Рис. 15. Гидрография

На реках и каналах показывают плотины, шлюзы, паромы (перевозы), броды и дают соответствующие им характеристики.

Колодцы обозначают кружками синего цвета, рядом с которыми помещается буква К или подпись арт. к. (артезианский колодец).

Наземные водопроводы показывают сплошными линиями синего цвета с точками (через 8 мм), а подземные – прерывистыми линиями.

Чтобы легче отыскать и выбрать по карте источники водоснабжения в степных и пустынных районах, главные колодцы выделяют более крупным условным знаком. Кроме того, при наличии данных слева от условного знака колодца дается пояснительная подпись отметки уровня земли, справа – глубины колодца в метрах и скорости наполнения в литрах за час.

#### 1.3.4. Почвенно-растительный покров

Почвенно-растительный покров изображают на картах обычно масштабными условными знаками. К ним относятся условные знаки лесов, кустарников, садов, парков, лугов, болот и солончаков, а также условные знаки, изображающие характер почвенного покрова: пески, каменистая поверхность, галечники и т. п. При обозначении почвенно-растительного покрова часто применяют сочетание условных знаков. Например, для того чтобы показать заболоченный луг с кустами, контуром обозначают участок, занимаемый лугом, внутри которого помещают условные знаки болота, луга и кустов.

Контурные участки местности, покрытых лесом, кустарником, а также контурные болот, лугов обозначают на картах точечным пунктиром. Если границей леса, сада или другого угодья служит линейный местный предмет (канавы, забор, дорога), то в этом случае условный знак линейного местного предмета заменяет собой пунктир.

Лес, кустарники. Площадь леса внутри контура закрашивают зеленой краской. Порода дерева показывают значком лиственного, хвойного дерева или их сочетанием, когда лес смешанный. При наличии данных о высоте, толщине деревьев и густоте леса указывается его характеристика пояснительными подписями и цифрами. Например, подпись обозначает, что в данном лесу преобладает хвойная порода деревьев (сосна), их средняя высота 25 м, средняя толщина 30 см, среднее расстояние между стволами деревьев 4 м. При изображении на карте просек указывают их ширину в метрах.

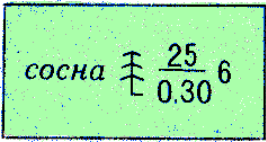
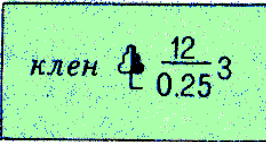
	<p>Хвойные леса (ель, пихта, сосна, кедр, лиственница и др.)</p>
	<p>Лиственные леса (дуб, бук, клен, береза, осина и др.)</p>

Рис. 16. Растительный покров (начало)

	Смешанные леса
	Характеристика древостоя в метрах: в числителе – высота деревьев, в знаменателе – толщина, справа от дроби – расстояние между деревьями
	Узкие полосы леса и защитные лесонасаждения (2 – средняя высота деревьев в метрах)
	Небольшие площади леса, не выражающиеся в масштабе карты
	Отдельные рощи, не выражающиеся в масштабе карты: 1) хвойные; 2) лиственные; 3) смешанные
	Отдельно стоящие деревья, имеющие значение ориентиров: 1) хвойные; 2) лиственные
	Отдельные деревья, не имеющие значения ориентиров
	Низкорослые (карликовые) леса
	Поросль леса, лесные питомники и молодые посадки леса высотой до 4 м (2 – средняя высота деревьев в метрах)
	Буреломы
	1) Редкие леса (редколесье) 2) редкий низкорослые леса
	1) Горелые и сухостойные леса 2) вырубленные леса

Рис. 16. Растительный покров (продолжение)

	<p>Просеки в лесу шириной 20 м и более – на карте 1:25000, 40 м и более – на карте 1:50000, 60 м и более – на карте 1:100000 ; линии электропередачи по просекам</p>
	<p>Прочие просеки в лесу (4 – ширина просеки в метрах); 22, 23 – номера лесных кварталов</p>
	<p>Лесные дороги по просекам</p>
	<p>Линии связи по просекам (5 – ширина просеки в метрах)</p>
	<p>Границы по просекам</p>
	<p>Кустарники: 1) отдельные кусты и группы кустов; 2) сплошные заросли</p>
	<p>Порода кустарников: 1) хвойные; 2) лиственные (0,8 – средняя высота кустарника в метрах)</p>
	<p>Узкие полосы кустарников и живые изгороди</p>
	<p>Колючие кустарники (сплошные заросли)</p>
	<p>Ягодные сады (смородина, малина и другие ягодные кустарники)</p>
	<p>1) Луговая растительность (высотой менее 1 м), 2) высокотравная растительность</p>
	<p>Камышовые и тростниковые заросли</p>
	<p>1) Степная (травянистая) растительность; 2), полукустарники (полынь, терескен и др.)</p>

Рис. 16. Растительный покров (окончание)

Площади, покрытые порослью леса (высота до 4 м), сплошным кустарником, лесные питомники внутри контура на карте заполняют соответствующими условными знаками и закрашивают бледно-зеленой краской. На участках сплошных кустарников, при наличии данных, специальными значками показывают породу кустарника и подписывают его среднюю высоту в метрах.

Болота изображают на картах горизонтальной штриховкой синего цвета с разделением их по степени проходимости в пешем порядке на проходимые (прерывистая штриховка), труднопроходимые и непроходимые (сплошная штриховка). Проходимыми принято считать болота глубиной не более 0,6 м; глубину их на картах обычно не подписывают.

	<p>Болотанепроходимые и труднопроходимые (1,8 – глубина болота в метрах)</p>	<p>Растительный покров болот: 1) травянистый; 2) моховой; 3) камышовый и тростниковый</p>
	<p>Болота проходимые (0,6 – глубина болота в метрах)</p>	

Рис. 17. Болота

Глубина труднопроходимых и непроходимых болот подписывается рядом с вертикальной стрелкой, указывающей место промера. Труднопроходимые и непроходимые болота показываются на картах одинаковым условным знаком.

Солончаки на картах показывают вертикальной штриховкой синего цвета с разделением их на проходимые (прерывистая штриховка) и непроходимые (сплошная штриховка).

На топографических картах, по мере умельчения их масштаба, однородные топографические условные знаки объединяются в группы, последние – в один обобщённый знак и т.д. В целом, систему данных обозначений можно представить в виде усечённой пирамиды, в основании которой лежат знаки для топографических планов масштаба 1:500, а на вершине – для обзорно-топографических карт масштаба 1:1 000 000.

### 1.3.5. Цвета топографических условных знаков

Цвета топографических условных знаков едины для карт всех масштабов. Штриховые знаки угодий и их контуров, строений, сооружений, местных предметов, опорных пунктов и границ печатаются при издании чёрным цветом, элементов рельефа – коричневым; водоёмы, водотоки, болота и ледники – синим (зеркало вод – светло-синим);

площади древесно-кустарниковой растительности – зелёным (карликовые леса, стланики, кустарники, виноградники – светло-зелёным), кварталы с огнестойкими строениями и шоссе – оранжевым, кварталы с неогнестойкими строениями и улучшенные грунтовые дороги – жёлтым.

Наряду с топографическими условными знаками для топографических карт установлены условные сокращения собственных названий политико-административных единиц (например, Луганская область – Луг.) и пояснительных терминов (например, электростанция – эл.-ст., юго-западный – ЮЗ, рабочий посёлок – р. п.).

### 1.3.6. Надписи на топографических планах и картах

Кроме условных знаков, на топографических планах и картах присутствуют различные надписи. Они составляют важный элемент содержания, поясняют изображаемые объекты, указывают их качественные и количественные характеристики, служат для получения справочных сведений.

По своему значению надписи являются:

- собственными названиями географических объектов (городов, рек, озёр и др.);
- частью условного знака (огород, пашня);
- условными знаками и собственными названиями одновременно (подписи названий городов, объектов гидрографии, рельефа);
- пояснительными подписями (озеро, гора и т. д.);
- пояснительным текстом (передают сведения об отличительных особенностях объектов, конкретизируют их характер и назначение) (рис. 18).

Надписи на картах выполняются различными шрифтами, отличающимися рисунком букв. На картах могут использоваться до 15 различных шрифтов. Рисунок букв каждого шрифта имеет элементы, присущие только данному шрифту, что основывается на знании особенностей различных шрифтов.

Для групп родственных объектов применяются определенные шрифты. Например, для названий городов используются шрифты прямого начертания, для названий объектов гидрографии – курсивные шрифты и т. д. Каждая надпись на карте должна хорошо читаться.

В расположении надписей собственных названий имеются отличительные особенности. Названия населенных пунктов располагают с правой стороны контура параллельно северной или южной стороне рамки карты. Это положение наиболее желательно, но не всегда выполнимо. Названия не должны закрывать изображения других объектов и помещаться в рамке

карты, поэтому необходимо располагать названия слева, сверху и снизу от контура населенного пункта.

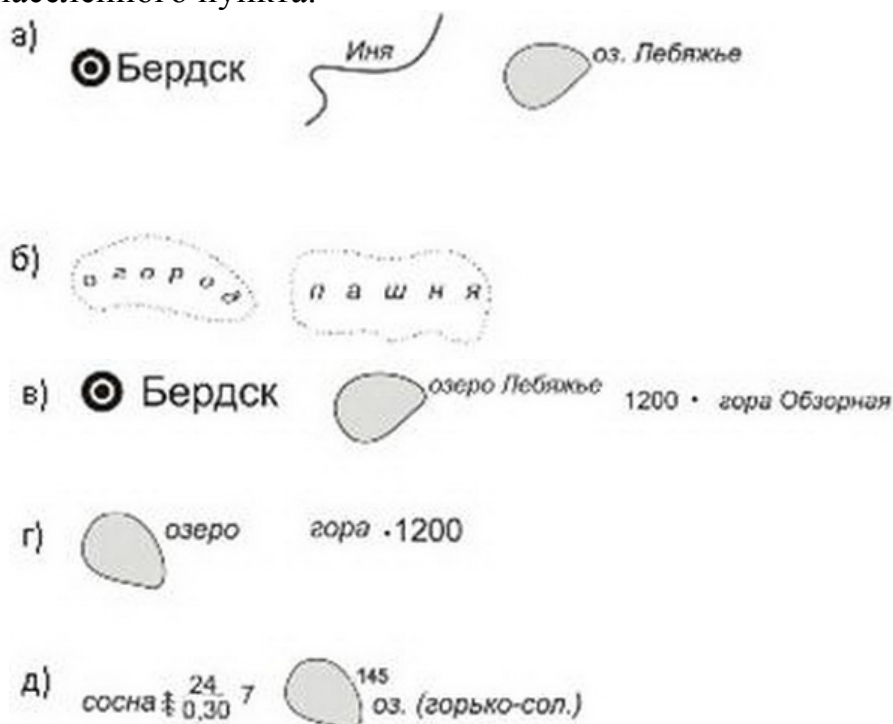


Рис. 18. Примеры надписей на картах

Названия площадных объектов располагают внутри контуров, так чтобы подпись равномерно была распределена по всей площади объекта. Название реки располагают параллельно ее руслу. В зависимости от ширины реки, надпись помещают внутри или вне контура. Крупные реки принято подписывать несколько раз: у истоков, на характерных изгибах, при слиянии рек и т. д. При впадении одной реки в другую надписи названий располагают так, чтобы не возникало сомнения в названии рек. До слияния подписывают главную реку и приток, после слияния – обязательно название главной реки.

При расположении надписей расположенных не горизонтально особое внимание обращается на их читаемость. Придерживаются следующего правила: если вытянутый контур, вдоль которого должна быть помещена надпись, расположен с северо-запада на юго-восток, то надпись располагают сверху вниз, если контур тянется с севера-востока на юго-запад, то надпись располагают снизу вверх.

Названия морей и крупных озер располагают внутри контура бассейнов по плавной кривой, в направлении их протяженности и симметрично берегам. Надписи небольших озер располагают как надписи населенных пунктов.

Названия гор помещают по возможности справа от вершины гор и параллельно южной или северной рамке. Названия горных хребтов,

песчаных образований и пустынь подписывают в направлении их протяженности.

Пояснительные надписи располагают параллельно северной стороне рамки.

Числовые характеристики располагают в зависимости от характера передаваемых ими сведений. Число домов в поселках сельского типа, отметки высот земной поверхности и урезов воды подписывают параллельно северной или южной стороне рамки. Скорость течения реки, ширина дорог и материал их покрытия располагают вдоль оси объекта.

Располагать надписи следует в наименее загруженных местах картографического изображения, чтобы не возникало сомнения, к какому объекту они относятся. Надписи не должны пересекать слияния рек, характерные детали рельефа, изображения объектов, имеющих значения ориентиров.

### **Контрольные вопросы**

1. Что такое условные знаки?
2. Какие виды условных знаков вы знаете?
3. Какие объекты изображаются на картах масштабными условными знаками?
4. Какие объекты изображаются на картах внемасштабными условными знаками?
5. Для каких целей служит главная точка внемасштабного условного знака?
6. В каком месте внемасштабного условного знака располагается главная точка?
7. В каких целях применяют цветовое оформление карт?
8. В каких целях применяют пояснительные подписи и цифровые обозначения на картах?

### **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 ДІ-Правна 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. 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. 3, измеренное расстояние равно 65 метров.

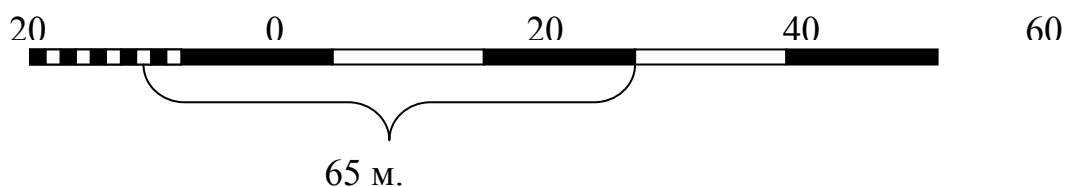


Рис. 19. Определение расстояния с помощью линейного масштаба

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:

А) 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).

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

В). Основание крайнего левого квадрата делим на десять частей ( $n$ ). Так же делим линию параллельную основания в верхней части квадрата на десять частей (рис.20).

Г). 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 (рис. 20). Эти линии называются трансверсальями.

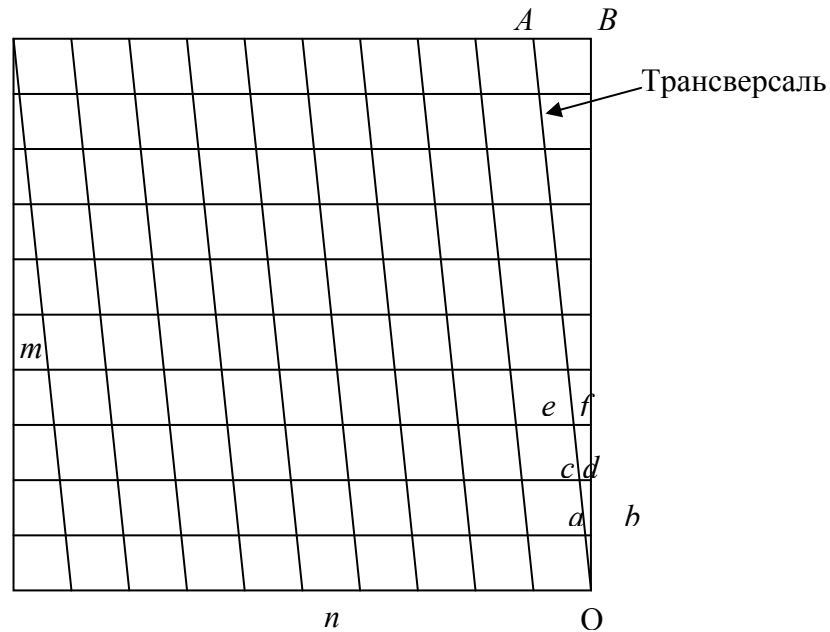


Рис. 20. Деления левого крайнего квадрата поперечного масштаба

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 пим. 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.

Применение поперечного масштаба производится в следующей последовательности:

- а) циркулем измерителем замеряем заданное расстояние на плане;
- б) 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;
- в) 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.21).

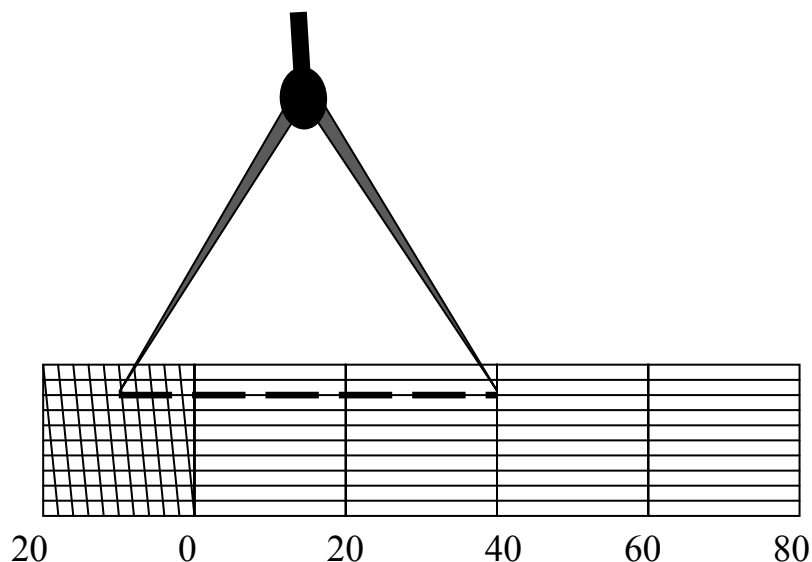


Рис. 21. Определение длины линии с помощью поперечного масштаба

Например: определяемое расстояние в 1:1000 масштабе (см. рис. 21) равно 49,6 м.

### Контрольные вопросы

1. Дайте определение понятия карта.
2. Чем план отличается от карты ?
3. Что такое масштаб?
4. Какие виды масштабов вы знаете? Чем они отличаются?
5. Чему равна точность масштаба?
6. Определите длину отрезка на карте 1:5000 масштаба, если расстояние на местности равно 275 метрам.
7. Определить длину линии АБ на плане масштаба 1:5000, если на плане масштаба 1: 1000 длина линии равна 20 мм. Определить длину линии на местности.
8. Длина отрезка АВ на карте равна 6см.,а на местности 1,5 км. Определить масштаб карты.
9. Определить площадь прямоугольного футбольного поля, если на плане 1:1000 масштаба стороны поля равны 12×7 см.
10. Какой вид масштаба позволяет измерить расстояние по карте с максимальной точностью.
11. Как строится линейный масштаб.
12. Почему поперечные масштабы, которые гравированы на металлических пластинах, называются сотенными?

## 1.5. Системы координат

В геодезических построениях принимаются различные системы координат. Умение определять координаты точек по топографической карте является необходимым требованием для инженера.

Традиционно этапные результаты решения планетарных задач геодезии выдавались потребителям в виде системы геодезических параметров Земли. Создано несколько таких систем. В нашей стране это Параметры Земли 1977, 1985, 1990 гг., сокращенно ПЗ-77, ПЗ-85, ПЗ-90, созданные Топографической службой Вооруженных Сил. В США – Мировые геодезические системы (World Geodetic System) 1960, 1966, 1972 и 1984 годов, сокращенно WGS-60, WGS-66, WGS-72 и WGS-84, созданные Картографическим управлением Министерства обороны США, преобразованным в 1996 году в Национальное управление по съемкам и картографированию (National Imagery and Mapping Agency, сокращенно NIMA).

Для определения местности объектов на земной поверхности используют системы: пространственных прямоугольных координат; геодезических координат; плоских прямоугольных геодезических координат; нормальных высот. Эти системы координат связаны с системой геодезических параметров, называемой «Параметры Земли» (ПЗ). Она включает в себя:

- фундаментальные астрономические и геодезические постоянные; параметры общего земного эллипсоида; систему координат;
- характеристики модели гравитационного поля Земли;
- элементы трансформирования между ПЗ и национальной референцной системой координат.

Начальное положение координатных осей ПЗ устанавливали по результатам обширных многолетних астрономических и геодезических измерений и по мере их совершенствования на протяжении многих лет постоянно уточняли.

Параметры Земли 1990 года (ПЗ-90) – государственная геоцентрическая система координат, использующаяся в целях геодезического обеспечения орбитальных полётов и решения навигационных задач (в частности, для обеспечения работы глобальной навигационной спутниковой системы ГЛОНАСС). Параметры Земли ПЗ-90 заменили предыдущие наборы ПЗ-77 и ПЗ-85 и является альтернативой WGS84.

Существует уточнённая версия – ПЗ-90.02, представляющая собой систему «взаимосогласованных геодезических параметров, включающих фундаментальные геодезические постоянные, параметры общеземного эллипсоида, параметры гравитационного поля Земли, общеземную систему координат и параметры её связи с другими системами координат по

состоянию на 1 января 2002 года». Версия ПЗ-90.11 основана на Международной земной системе координат.

За отсчетную поверхность в ПЗ-90.02 и ПЗ-90.11 принят общеземной эллипсоид со следующими основными геометрическими характеристиками:

- большая полуось равна  $6\,378\,136 \pm 1$  м;
- сжатие эллипсоида составляет  $1/298,25784 \pm 0,001$ ;
- центр эллипсоида совмещён с началом геоцентрической системы координат.

Мировая геодезическая система 1984 года (WGS-84), созданная в США по материалам наблюдений более чем 30-ти искусственных спутников земли, считается лучшей из зарубежных систем геодезических параметров Земли (с учетом ее модернизаций, проведенных в последние годы). Определяющими фундаментальными геодезическими постоянными системы WGS-84 являются:

- большая полуось общего земного эллипсоида  $a = 6378137,0$  м;
- геоцентрическая гравитационная постоянная  $fM$ , значение которой (с учетом атмосферы) было принято равным  $398600,4418 \times 10^{-9}$ ;
- нормированный второй зональный гармонический коэффициент  $C20 = -484164,953 \times 10^{-9}$ ;
- угловая скорость вращения Земли  $\omega = 7292115,0 \times 10^{-11}$  рад/с.

Первоначальная реализация WGS-84 основывалась на наблюдениях начала 80-х годов. С развитием GPS были предложены новые методы определения местоположения, точность которых существенно превышала точность WGS-84.

Теоретическое задание системы геодезических параметров Земли «Мировая геодезическая система», в дальнейшем названная «WGS-84», построена на таких же принципах, как и система ПЗ-90. В месте с тем, между ними имеются существенные различия: взаимное несоответствие их начал координат и направлений координатных осей (рис. 22).

На рис.22 показаны две системы пространственных прямоугольных координат: первая  $X_1, Y_1$  и  $Z_1$  с началом в точке  $O_1$  и вторая  $X_2, Y_2$  и  $Z_2$  в точке  $O_2$ .

Начало этих систем смещено относительно друг друга вдоль координатных осей на величины  $X_0, Y_0$  и  $Z_0$ . При этом координатные оси второй системы развернуты относительно первой на углы поворота  $\omega_x, \omega_y, \omega_z$ . Параметры  $X_0, Y_0, Z_0, \omega_x, \omega_y, \omega_z$  и коэффициент  $m$  (масштабный коэффициент), характеризующий соотношение масштабов двух систем, называют элементами трансформирования.

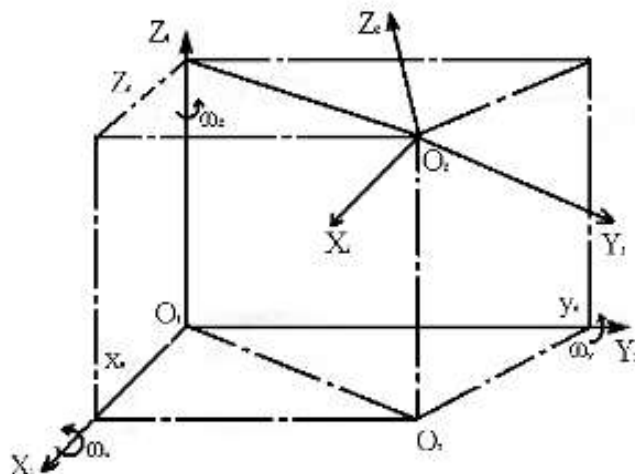


Рис. 22. Параметры связи двух пространственных систем прямоугольных координат

Численные значения элементов трансформирования между системами координат равны:  $X0 = -1,08 \pm 0,2\text{м}$ ;  $Y0 = -0,27 \pm 0,2\text{м}$ ;  $Z0 = 0,9 \pm 0,3\text{м}$ ;  
 $\Omega_x = 0''$ ;  $\omega_y = 0''$ ;  $\omega_z = (-0,16 \pm 0,01)''$ ;  $m = (-0,12 \pm 0,6) - 610$

### 1.5.1. Пространственные прямоугольные координаты

Начало *пространственных прямоугольных координат* либо определяется под условием совмещения с центром масс Земли (в общеземных системах), либо находится вблизи от него (в референчных системах).

Ориентировка оси  $Z$  в каждой системе координат выполняется с учетом ориентировки средней оси вращения Земли. При установлении системы среднего полюса, в том числе и полюса в Системе Международного условного начала (МУН), не накладываются условия прохождения средней оси вращения через центр масс Земли, поэтому и в референчных и в общеземных системах оси  $Z$  не совпадают со средней осью вращения, а параллельны ей. Плоскость  $XOY$  перпендикулярна оси  $Z$  и средней оси вращения Земли (рис.23). Плоскость  $XOZ$  выбирается под условием ее параллельности плоскости начального астрономического меридиана. Благодаря названным условиям устанавливается взаимная связь между земными и звездными системами координат, применяемыми в геодезии. Оси  $Z$  не совпадают и не параллельны оси Мира, поэтому в установлении этой связи участвуют координаты мгновенного полюса относительно среднего полюса. Ось  $Z$  пересекает поверхность Земли в двух точках, которые являются геодезическими полюсами. Плоскость  $XOZ$  пересекает поверхность Земли по линии, называемой начальным геодезическим меридианом, а плоскость  $XOY$  – по линии, которая является геодезическим экватором.

Начала разных систем координат по-разному расположены относительно Земли, т. е. относительно ее центра масс, поэтому в разных системах координат геодезические полюсы, начальные геодезические меридианы и экваторы на земной поверхности разные. В общеземных системах эта разница невелика и вызвана тем, что совмещение начал этих систем с центром масс Земли и ориентирование осей выполняется не безошибочно.

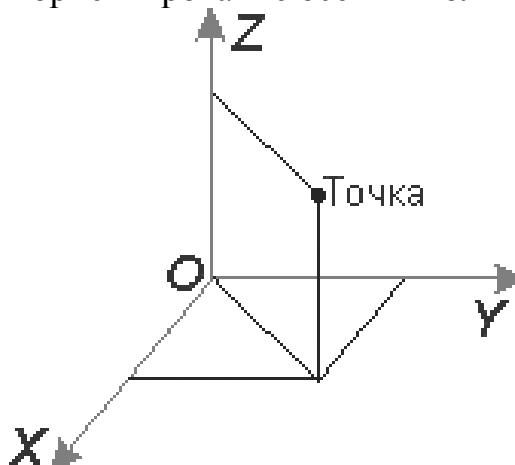


Рис. 23. Пространственные прямоугольные координаты

Положение любой точки задается тремя пространственными координатами:

- абсциссой  $X$ ;
- ординатой  $Y$ ;
- аппликатой  $Z$ .

### 1.5.2. 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. 24).

Положение точки на эллипсоиде задается пересечением параллели и меридиана. Меридиан задается геодезической долготой ( $L$ ), а параллель геодезической широтой ( $B$ ) (рис. 25).

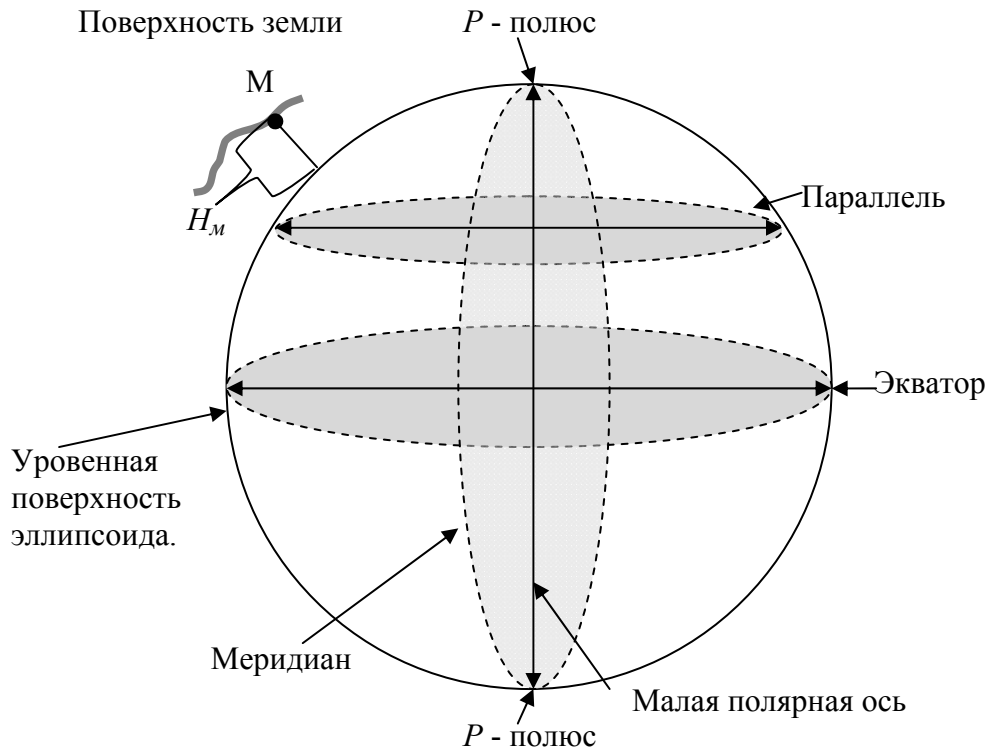


Рис. 24. Определение геодезических координат

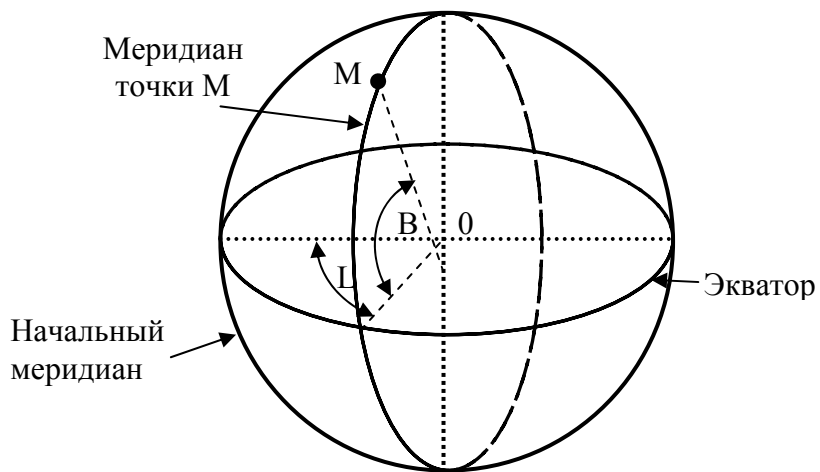


Рис. 25. Геодезические координаты: широта ( $B$ ) и долгота ( $L$ )

*Геодезическая широта  $B$*  – это острый угол, образованный нормалью к поверхности эллипсоида, проведенной через точку на поверхности земли, и плоскостью экватора.



*Геодезической долготой*  $L$  – называется двугранный угол между плоскостью гринвичского (начального) меридиана и плоскостью меридиана проходящей через данную точку. Геодезические широты бывают северные и южные и изменяются от  $0^\circ$  (на экваторе) до  $90^\circ$  (на земных полюсах).

Геодезические долготы бывают западные и восточные и изменяются от  $0^\circ$  (на Гринвичском меридиане) до  $180^\circ$  (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 Крондштадского футштока, близко совпадающий с уровнем Балтийского моря. Таким образом, точка  $M$  в геодезической системе имеет координаты  $B_M; L_M; H_M$  (см. рис. 24, 25).

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.

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.1 штрих пунктирные линии). Секунды определяются на глаз, деля 10 секундный отрезок.

Так на рис. 1, геодезическая широта равна:

$$B_1 = 54^\circ 37' 30'' + 53'' = 54^\circ 38' 23'',$$

а 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. 26). Измеряем расстояние от нижней точки до прямой  $d = 14$  мм. Расстояние между двумя точками 10" интервала  $D = 46$  мм.

Тогда приращение координаты по широте  $\Delta B$  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 (см. рис.1).

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

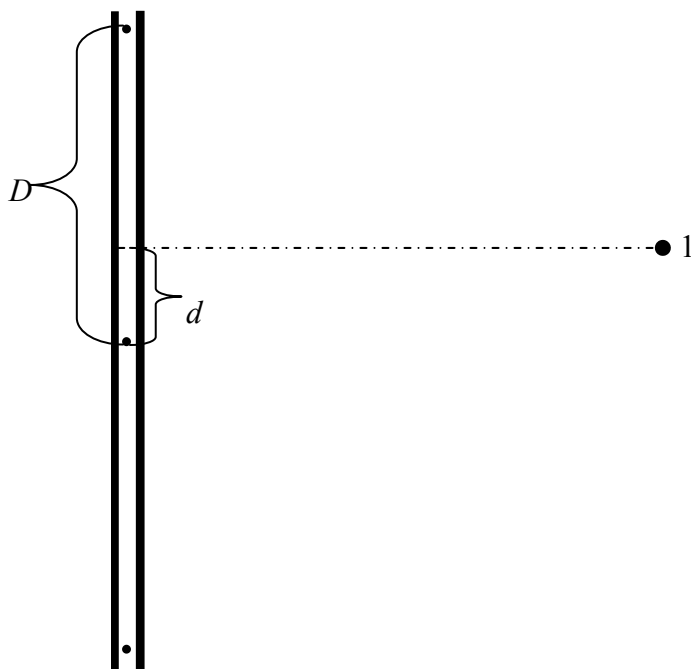


Рис. 26. Схема определения геодезической широты с повышенной точностью

### 1.5.3. 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 (рис. 27).

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.

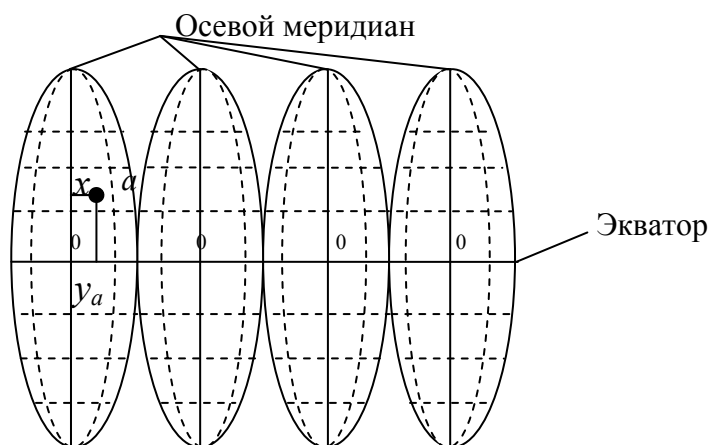


Рис. 27. Изображение зон в проекции Гаусса – Крюгера

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.

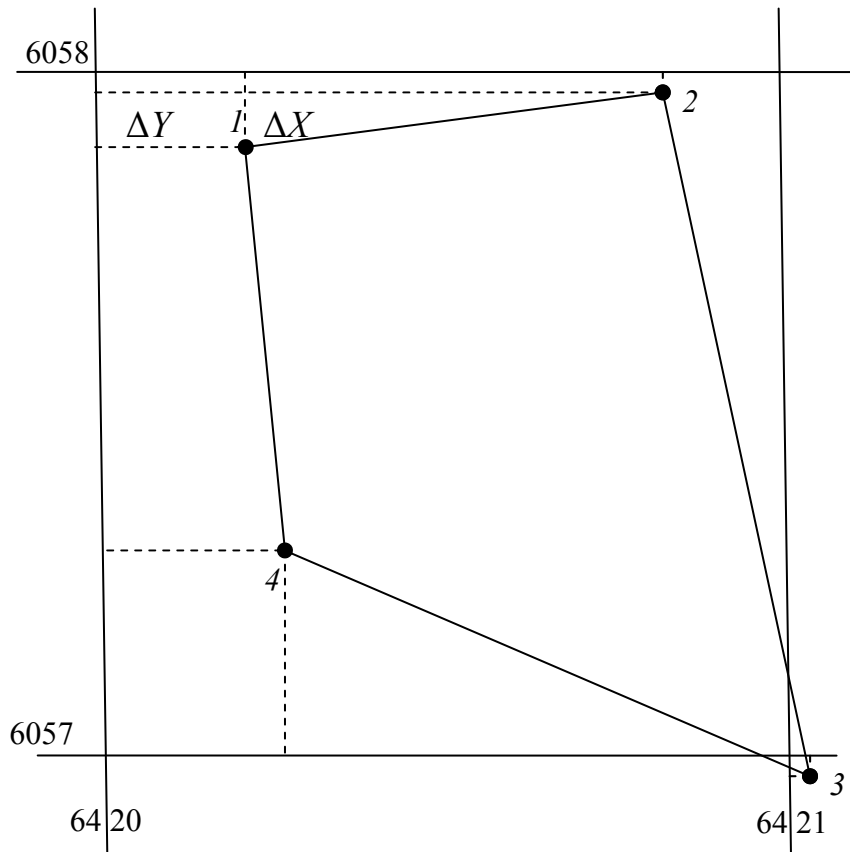


Рис. 28. Определение прямоугольных координат по топографической карте

Определение прямоугольных координат по топографической карте производится в следующей последовательности.

1. Определяем координаты юго-западного угла трапеции километровой сетки (см. рис.1), в котором находится точка 1:  $X_0 = 6057\text{км}$ ;  $Y_0 = 6420\text{км}$ .

2. Из точки 1 опускаем перпендикуляры на линии сетки трапеции. С помощью циркуля измерителя и поперечного масштаба тщательно осям их измеряем. Полученные расстояния являются приращениями координат по  $X$  и  $Y$  (рис. 28).  $\Delta X_1 = -114\text{м}$ ,  $\Delta Y_1 = 222\text{ м}$ .

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:

$$X_1 = X_0 + \Delta X = 6058000 - 114 = 6057886 \text{ м.}$$

$$Y_1 = Y_0 + \Delta Y = 6420000 + 222 = 6420222 \text{ м.}$$

### Контрольные вопросы

1. Назовите системы координат применяемые в геодезии.
2. Что такое геодезическая широта?
3. Что такое геодезическая долгота?
4. Дайте определение термину геодезическая высота.
5. Почему система высот называется Балтийской?
6. На какую величину (в среднем) различаются геодезическая и астрономическая системы координат?
7. Какие искажения возникают при переносе земной поверхности с эллипсоида на плоскость?
8. Как различаются проекции по характеру искажений?
9. На чем основана проекция Гаусса–Крюгера?
10. Что такое осевой меридиан?
11. Как нумеруются зоны в проекции Гаусса–Крюгера?
12. Как меняются искажение длин сторон и площадей в проекции Гаусса–Крюгера?
13. В каких случаях применяется плоская Декартова система координат?
14. Как влияет кривизна земли на искажение длин линий и значения абсолютных отметок в плоской системе координат?
15. Для чего применяется местная система координат?

## Глава 2. ОРИЕНТИРОВАНИЕ ЛИНИЙ. РЕШЕНИЕ ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ ЗАДАЧ НА ТОПОГРАФИЧЕСКОЙ КАРТЕ

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

### 2.1. Углы ориентирования

*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 меридианов и обозначается через  $\gamma$ . Направление истинного меридиана, вычисляется путем астрономических наблюдений. По этой причине прямой и обратный азимуты различаются не ровно на  $180^\circ$ , а на величину равную  $180^\circ \pm \gamma$ , где  $\gamma$  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.

Прямое измерение геодезического азимута выполняется транспортиром по ходу часовой стрелки от северного направления геодезического меридиана, проходящего через начальную точку, до заданного направления. Направление этого меридиана практически параллельно линиям, ограничивающим карту с запада на восток по внутренней рамке листа. Поэтому возможен параллельный перенос любой из них так, чтобы выбранная линия проходила через начальную точку.

Косвенное измерение геодезического азимута получают путем вычислений по формуле  $A = \alpha + \gamma$ , где  $\alpha$  – дирекционный угол заданной линии,  $\gamma$  – сближение меридианов в начальной точке этой линии.

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.

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  $\delta$ . Магнитный азимут равен:

$$A_m = A_{\text{ист.}} - \delta.$$

Магнитный азимут можно получить путем косвенных измерений по формуле:  $A_m = \alpha + \gamma - \delta$ , где  $\alpha$  – дирекционный угол заданного направления,  $\gamma$  – величина сближения меридианов,  $\delta$  – 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  $0^\circ$  (в районе Калининграда) до  $20^\circ$  (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 дирекционные углы отличаются ровно на  $180^\circ$ , т.е.  $\alpha_{\text{обр.}} = \alpha_{\text{пр.}} \pm 180^\circ$ . При определении дирекционного угла на местности необходимо знать значение истинного азимута и величину сближения меридианов  $\gamma$ , тогда  $\alpha = A_{\text{ист.}} + \gamma$ . Значение величины  $\gamma$  подписывается под южной стороной рамок топографических карт.

Измерение дирекционных углов по картам можно проводить как прямым (с помощью транспорта), так и косвенным способом (решая обратные геодезические задачи). Помимо дирекционных углов в геодезии пользуются румбами.

*Румб* – это острый угол, отсчитываемый от северного или южного конца меридиана по или против часовой стрелки, до заданного направления. 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  $0^\circ$  до  $90^\circ$ .

Соотношение дирекционных углов и румбов. Соотношение дирекционных углов и румбов показано на рис.29.

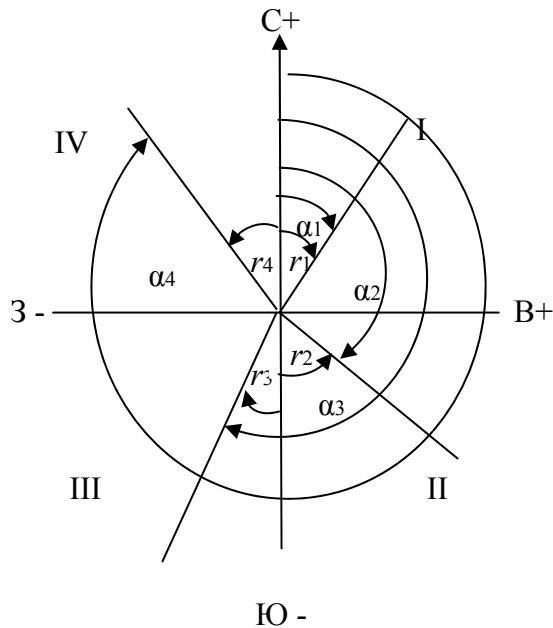


Рис. 29. Соотношение между дирекционными углами и румбами

Соотношения дирекционных углов и румбов, а также знаки приращения координат, показаны в табл. 2.

Т а б л и ц а 2

**Соотношение между дирекционными углами и румбами**

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



Пример определение углов ориентирования по топографическим картам. Пусть требуется определить направление линии 1–2. Для определения дирекционного угла продолжаем линию 1–2 до пересечения с ближайшей вертикальной линией километровой сетки. Приложив к точке пересечения нуль транспортира (рис.30), отсчитываем угол по часовой стрелке от северного направления линии километровой сетки.

Например: дирекционный угол, показанный на рисунке равен  $82^{\circ}30'$ . Используя данные о величине склонения магнитной стрелки и величине сближения меридианов, подписанных в нижнем Юго – Западном углу карты исхемы расположения осевого, истинного и магнитного меридианов (рис.2), определяем величину истинного меридиана и магнитного азимута:

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

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

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

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

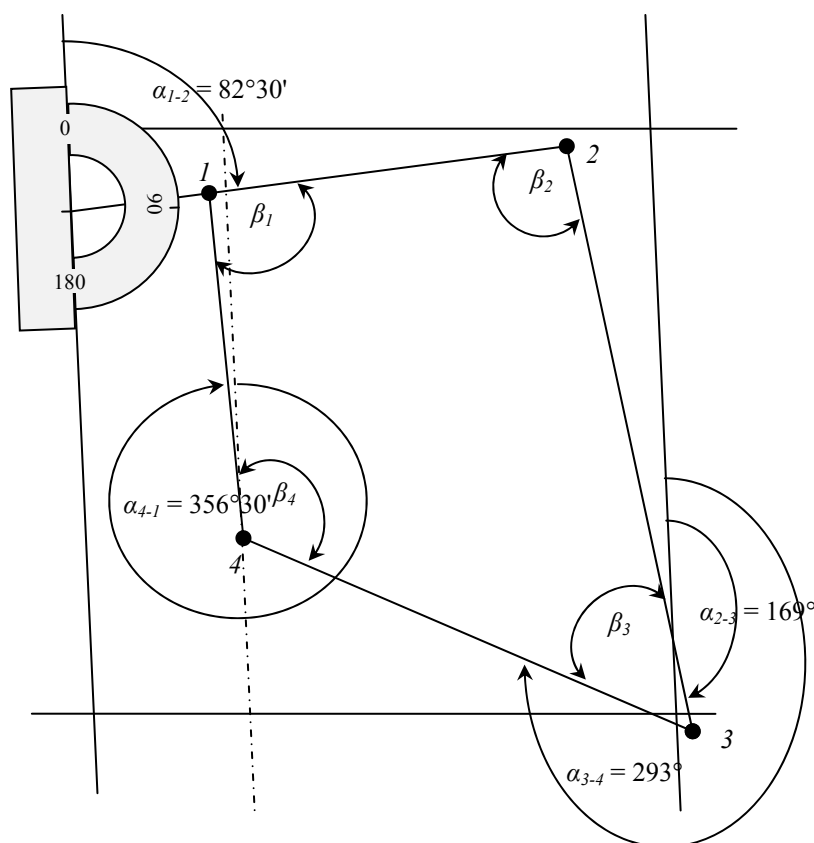


Рис.30. Определение дирекционных углов по топографической карте

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

Определяем дирекционные углы, магнитные и истинные азимуты, румбы последующих направлений.

Правильность измерения дирекционных углов можно проверить, замерив, внутренние углы четырехугольника, так как сумма внутренних углов этой фигуры можно определить по формуле:

$$\Sigma\beta = 180^{\circ}(n - 2) = 180^{\circ} (4-2) = 360^{\circ}$$

Внутренние углы можно вычислить через значения дирекционных углов. Из формулы  $\alpha_{\text{посл}} = \alpha_{\text{пред}} + 180^{\circ} - \beta$ ; где  $\alpha_{\text{посл}}$  – дирекционный угол последующего направления,  $\alpha_{\text{пред}}$  – дирекционный угол предыдущего направления,  $\beta$  – внутренний угол образованный этими направлениями (см. рис.29), получаем  $\beta = \alpha_{\text{пред}} + 180^{\circ} - \alpha_{\text{посл}}$ .

Например:

$$\beta_2 = \alpha_{1-2} + 180^{\circ} - \alpha_{2-3} = 82^{\circ}30' + 180^{\circ} - 169^{\circ} = 93^{\circ}30';$$

$$\beta_3 = \alpha_{2-3} + 180^{\circ} - \alpha_{3-4} = 169^{\circ} + 180^{\circ} - 293^{\circ} = 56^{\circ};$$

$$\beta_4 = \alpha_{3-4} + 180^{\circ} - \alpha_{4-1} = 293^{\circ} + 180^{\circ} - 356^{\circ}30' = 116^{\circ}30';$$

$$\beta_1 = \alpha_{4-1} + 180^{\circ} - \alpha_{1-2} = 356^{\circ}30' + 180^{\circ} - 82^{\circ}30' = 454^{\circ} - 360^{\circ} = 94^{\circ};$$

Если полученный угол больше  $360^{\circ}$ , то отнимаем  $360^{\circ}$ .

Определяем сумму внутренних углов:

$$\Sigma\beta = 93^{\circ}30' + 56^{\circ} + 116^{\circ}30' + 94^{\circ} = 360^{\circ}$$

Сумма вычисленных внутренних углов равна теоретической сумме, значит измерение дирекционных углов произведено, верно.

### Контрольные вопросы

1. Какие углы ориентирования линий применяются в геодезии?
2. Дайте определение азимута, дирекционного угла и румба?
3. Как соотносятся азимуты, магнитные азимуты, дирекционные углы?
4. Какой знак имеет западное склонение магнитной стрелки?
5. Какой знак имеет величина сближение меридианов, если ее склонение восточное?
6. Каково соотношение дирекционных углов и румбов в разных четвертях?
7. Как измеряется дирекционный угол по топографической карте.
8. Как соотносятся дирекционные и внутренние углы полигона?
9. Напишите формулу определения дирекционного угла последующего направления, если внутренний угол правый.
10. Напишите формулу определения дирекционного угла последующего направления, если внутренний угол левый.

## 2.2. Определение координат точек, дирекционных углов и длин сторон полигона аналитическим способом

### 2.2.1 Определение прямоугольных координат точек аналитическим способом

Координаты точек на топографическом плане, помимо графического способа, можно вычислить аналитическим способом (решая прямые геодезические задачи).

Для решения прямой геодезической задачи даны координаты первой точки ( $X_1$  и  $Y_1$ ), горизонтальное расстояние от первой до второй точки  $d_{1-2}$  и дирекционный угол  $\alpha_{1-2}$  линии 1-2 (рис.31). Требуется определить координаты точки 2 ( $X_2$  и  $Y_2$ ).

Из треугольника 1-2-3 находим приращения координат  $\Delta X$  и  $\Delta Y$ .

$$\Delta X = d_{1-2} \cos \alpha_{1-2}$$

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

Координаты точки 2 находим по формулам:

$$X_2 = X_1 + \Delta X$$

$$Y_2 = Y_1 + \Delta Y$$

Для определения координат точек 1, 2, 3, 4 решаем прямые геодезические задачи, беря за основу координаты точки 1 ( $X_1 = 6057886$  м;  $Y_1 = 6420222$  м) (см.табл.1), определенные графическим способом.

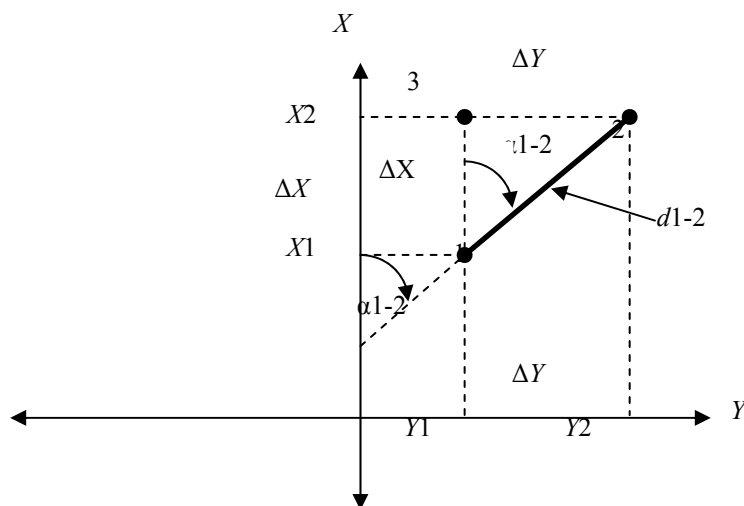


Рис.31. Прямая геодезическая задача

Находим приращения координат линии 1 – 2:

$$\Delta X_{1-2} = d_{1-2} \cdot \cos \alpha_{1-2} = 604,0 \text{ м} \cdot \cos 82^\circ 30' = 80,14 \text{ м.}$$

$$\Delta Y_{1-2} = d_{1-2} \cdot \sin \alpha_{1-2} = 614,0 \text{ м} \cdot \sin 82^\circ 30' = 608,75 \text{ м.}$$

При расчетах приращений координат достаточно взять значения метров, т.е. три или четыре последних цифры. 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:

$$X_2 = X_1 + \Delta X_{1-2} = 6057886 + 80,14 = 6057966,14 \text{ м.}$$

$$Y_2 = Y_1 + \Delta Y_{1-2} = 6420222 + 608,75 = 6420830,75 \text{ м.}$$

Разница между значениями координат точки 2 полученных аналитическим и графическим способами измерений составит:

$$X_{A2} - X_{Г2} = 6057966,14 - 6057968 = -1,86 \text{ м}$$

$$Y_{A2} - Y_{Г2} = 6420830,75 - 6420828 = 2,75 \text{ м}$$

Эта разница объясняется точностью измерений по карте, особенно при измерение углов транспортиром.

### 2.2.2 Определение дирекционных углов и длин линий аналитическим способом

Для определения длин линий и значений дирекционных углов решаем обратные геодезические задачи, используя значения координат точек, вычисленных аналитическим способом.

Для решения обратной геодезической задачи даны координаты точек 1 ( $X_1, Y_1$ ) и 2 ( $X_2, Y_2$ ). Требуется определить дирекционный угол ( $\alpha_{1-2}$ ) направления 1-2 и расстояние  $d_{1-2}$ .

Из треугольника 1-2-3 (рис.31), 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. Расстояние  $d_{1-2}$  определяем по формулам:

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

Находим приращения координат по формулам:

$$\Delta X_{1-2} = X_2 - X_1 = 6057966,14 - 6057885,68 = 80,46$$

$$\Delta Y_{1-2} = Y_2 - Y_1 = 6420830,75 - 6420222 = 608,75$$

где  $X_2, Y_2$ - координаты второй точки линии 1-2,  $X_1, Y_1$ - координаты первой точки линии 1-2.

Определяем тангенс румба направления 1-2.

$$\text{tgr}_{1-2} = \Delta Y_{1-2} / \Delta X_{1-2} = 608,75 / 80,46 = 7,5659,$$

что соответствует углу  $82.4707^\circ$  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  $0,6.47 \times 0,6 = 28'$ ;  $7 \times 0,6 = 4''$ , таким образом  $r_{1-2} = 82^\circ 28' 04''$

По знакам приращения координат определяем направление. Оба приращения имеют знак плюс, следовательно, направление 1-2 отвечает первой четверти, в которой дирекционный угол равен румбу.

Следовательно:  $\alpha_{1-2} = r_{1-2} = 82^\circ 28' 04''$

Определяем длину линии 1-2.

$$d_{1-2} = \Delta X_{1-2} / \cos \alpha_{1-2} = 80,46 / 0,131033 = 614,04 \text{ м.}$$

$$d_{1-2} = \Delta Y_{1-2} / \sin \alpha_{1-2} = 608,75 / 0,991378 = 614,04 \text{ м.}$$

$$d_{1-2 \text{ ср}} = 614,04 \text{ м.}$$

Длину линии можно определить по теореме Пифагора. По формуле:

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

### Контрольные вопросы

1. В чем смысл прямой геодезической задачи?
2. Что определяется при решении прямой геодезической задачи?
3. Напишите формулы определения приращений координат.
4. Как зависят знаки приращений координат от значения дирекционного угла?
5. На какую тригонометрическую функцию дирекционного угла умножается горизонтальное проложение, чтобы определить приращение по оси X?
6. На какую тригонометрическую функцию дирекционного угла умножается горизонтальное проложение, чтобы определить приращение по оси Y?
7. С чем связана разница в определении координат, графическим и аналитическим способами?
8. Напишите формулы определения координат последующей точки.
9. Определите знаки приращения координат второй четверти.
10. Определите знаки приращения координат четвертой четверти.
11. Какие вопросы решаются при решении обратной геодезической задачи?
12. Когда учитываются знаки приращения координат при решении обратной геодезической задачи?
13. Как определяются приращения координат при решении обратной геодезической задачи?
14. Какой угол ориентирования определяется при решении обратной геодезической задачи?
15. По каким формулам определяются горизонтальные проложения между точками?
16. С чем связана разница в определении дирекционных углов и горизонтальных проложений полученных, графическим и аналитическим способами?

17. В какой четверти находится заданное направление, если знаки приращения координат равны:  $\Delta X -$ ;  $\Delta Y +$ ?

18. Чему равен дирекционный угол если:  $\Delta X = - 354\text{м.}$ ;  $\Delta Y = 832\text{ м}$ ?

19. Чему равны знаки приращения координат, если дирекционный угол равен  $132^\circ$ ?

## 2.3 Измерение площадей участков земной поверхности

Измерение площадей широко применяется при проведении проектных и инженерно-геодезических работ, при отводе участков под строительство, подсчете объема земляных масс, объема водохранилищ и т.д. Измерение площадей может выполняться как непосредственно на местности, так и на планах и картах.

При определении площадей участков используются аналитический, графический, графо-аналитический и механический способы измерения.

### 2.3.1. Графо-аналитический способ

Применяется при измерении на планах и картах небольших участков с криволинейными очертаниями границ. Применение этого способа предусматривается для измерения замкнутых контуров, изображенных на планах или картах с помощью палетки. Палетка изготавливается на прозрачной основе: целлулоиде, плексигласе, восковке. Обычно используется два вида палеток: квадратная и параллельная.

*Измерение площадей с помощью квадратной палетки.* Квадратная палетка применяется для измерения площадей до  $2\text{ см}^2$ . Она представляет собой сеть квадратов от 1 до 2 миллиметров. Например: на изображенной палетке размер квадратов равен  $2 \times 2$  мм. Палетка накладывается на измеряемый участок, таким образом, чтобы его контур полностью поместился на палетке (рис. 32).

Площадь измеряется простым суммированием целых квадратов, находящихся внутри замкнутого контура, в квадратных миллиметрах. Доли квадратов, отсекаемых контуром, учитывают на глаз. Приняв во внимание численный масштаб карты, вычисляют площадь в гектарах или квадратных метрах.

При измерениях квадратной палеткой, можно рекомендовать студентам вынести контур измеряемой площади на прозрачную основу, а затем наложить ее на лист миллиметровой бумаги. Это сократит время измерений и повысит их точность.

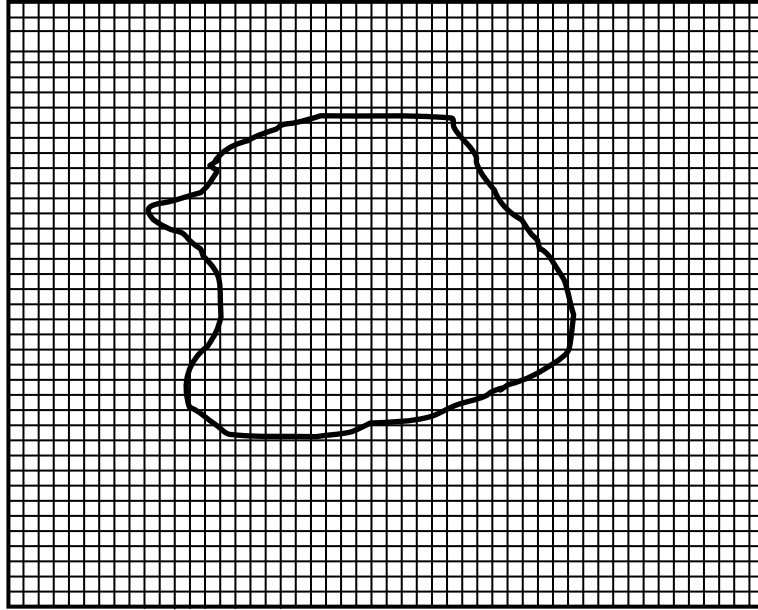


Рис.32. Измерение площади участка квадратной палеткой

*Измерение площадей с помощью параллельной палетки. Параллельная палетка применяется для измерения площадей до 10 см<sup>2</sup> (рис. 33).*

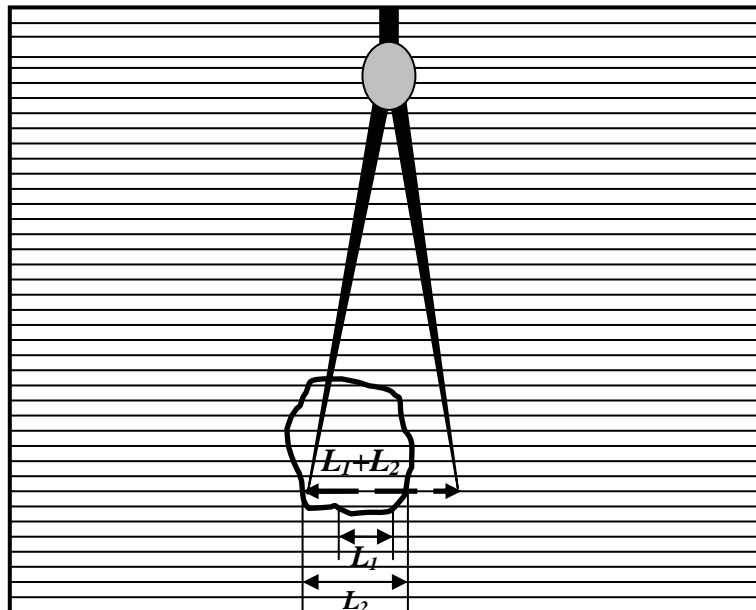


Рис. 33. Измерение площади с помощью параллельной палетки.

Для определения площади параллельной палеткой ее накладывают на план так, чтобы крайние точки контура участка находились посередине между линиями палетки.

В результате замкнутый контур разбивается на отдельные трапеции с высотой равной  $h = 2$  мм и средними линиями  $L_1, L_2, L_3, \dots, L_n$ . Площадь каждой трапеции равна  $S_{mp.} = L_i h$ .

Площадь всей фигуры равна сумме площадей трапеций. Измерения производятся следующим образом. Сумму расстояний постепенно набирают в раствор циркуля (см. рис.33). Общую длину измеренных отрезков определяют по поперечному масштабу, учитывая масштаб плана.

Общую длину, равную сумме всех отрезков умножаем на  $h$  и получаем искомую площадь.

$$L_{\text{общ.}} = L_1 + L_2 + L_3 \dots L_n; \quad S = L_{\text{общ.}} \cdot h$$

Когда измеряемая площадь больше допустимого значения, т.е. сумма длин измеряемых линий, больше максимального раствора циркуля, определяем по поперечному масштабу длины всех линий, находим их сумму и умножаем на  $h$ .

### 2.3.2. Аналитический способ

Если площадь измеряемого участка имеет прямоугольные формы, т.е. границы участка представлены прямыми линиями, а повороты между ними углами, то вычислить площадь участка можно используя простые геометрические фигуры. Например: четырехугольник 1-2-3-4 можно разделить на два треугольника. Площади, которых определяются по формуле:  $S_{\Delta} = \frac{1}{2} a \cdot h$  (рис. 34).

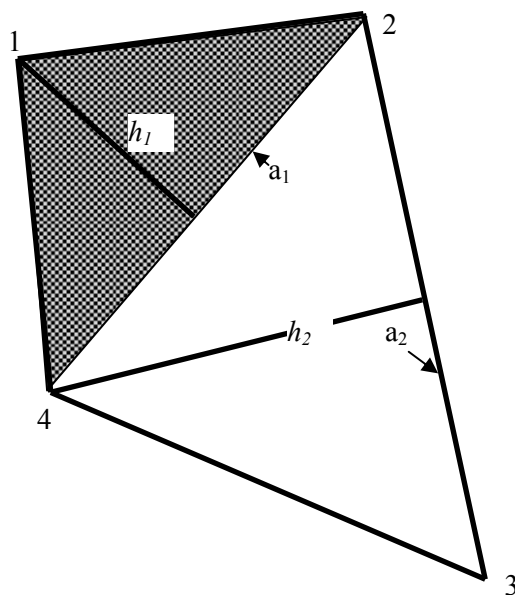


Рис.34. Определение площади четырехугольника аналитическим

Площадь треугольника 1-2-4 равна:  $S_{\Delta_{1-2-4}} = \frac{1}{2}(864 \cdot 412) = 177984 \text{ м}.$

Площадь треугольника 2-3-4 равна:  $S_{\Delta_{2-3-4}} = \frac{1}{2}(1000 \cdot 684) = 342000 \text{ м}.$

Площадь четырехугольника 1-2-3-4 равна сумме площадей треугольников.  $S_{1-2-3-4} = S_{\Delta_{1-2-4}} + S_{\Delta_{2-3-4}} = 177984 + 342000 = 519984 \text{ м} = 51,998 \text{ га}.$



Измерение площади полигона по прямоугольным координатам его вершин. Измерение площади полигона по плоским прямоугольным координатам его вершин также относится к аналитическому способу.

Определение площади производится по формулам:

$$S = \frac{1}{2} \sum x_i (y_{i+1} - y_{i-1});$$

$$S = \frac{1}{2} \sum y_i (x_{i-1} - x_{i+1});$$

где  $x_{i+1}$ ;  $y_{i+1}$  – координаты последующей точки;

$x_{i-1}$ ;  $y_{i-1}$  – координаты предыдущей точки.

По результатам вычислений заполняет табл. 2.

Т а б л и ц а 2

**Пример определения площади землепользования  
по координатам вершин полигона**

Номер вершины	Координаты вершин четырехугольника 1-2-3-4			
	$x_i$	$y_i$	$x_{i+1}$ $y_{i+1}$	$x_{i-1}$ $y_{i-1}$
1	1885,68	222	1 966,14 830,75	1310,75 257,16
2	1966,14	830,75	986,44 1021,18	1885,68 222
3	986,44	1021,18	1310,75 257,16	1 966,14 830,75
4	1310,75	257,16	1885,68 222	986,44 1021,18

Идентичность площадей четырехугольного полигона, полученных по двум формулам, свидетельствует о правильности выполненных расчетов.

### 2.3.3. Механический способ

Определить площадь замкнутого контура на плане или карте механическим способом можно с помощью средств измерений, которые называются планиметрами. Планиметром называется прибор, который путем обвода плоской фигуры любой формы определяет ее площадь. На практике применяются два вида планиметров: полярные и роликовые.

*Полярные планиметры.* Полярные планиметры делятся на планиметры с механическим и с электронным счетными устройствами (рис. 35). У полярных планиметров одна точка (полюс) во время измерения площади остается неподвижной. На металлическом ободке счетного ролика нанесены рифельные штрихи для фрикционного сцепления с поверхностью карты.

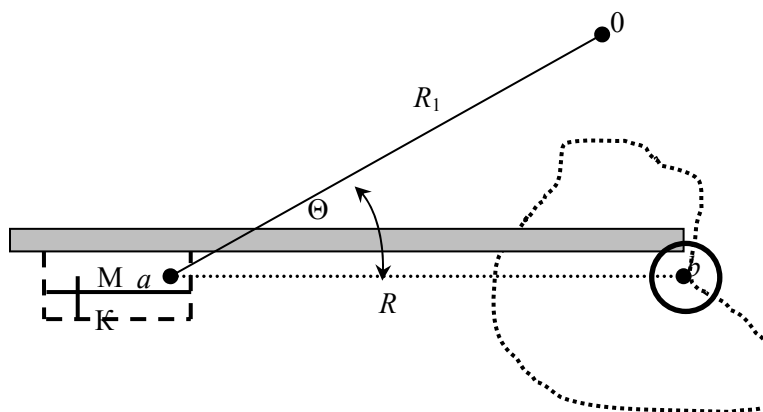


Рис. 35. Схема полярного планиметра:  
 0 – полюс; a – ось вращения рычагов; R<sub>1</sub> – полюсный рычаг;  
 b – обводной индекс; ab – ось обводного рычага; R – длина  
 обводного рычага; M – счетный механизм; K – плоскость

Площадь участка до 400 см<sup>2</sup> измеряют в следующей последовательности:

- а) устанавливают полюс планиметра вне контура участка;
- б) обводной индекс (b) устанавливается на исходной точке контура, положение которой отмечается, и берется отсчет по счетному приспособлению  $n_1$ ;
- в) контур плавно обводится, по часовой стрелке, с помощью обводного индекса, до исходной точки.
- г) по отсчетному устройству берется отсчет  $n_2$ . Разность отсчетов  $n = n_1 - n_2$  равна площади обведенной фигуры, выраженной в делениях планиметра.
- д) определяется цена деления планиметра по формуле:  $p = R\tau$ , где R – длина обводного рычага;  $\tau$  – деление планиметра равное 1:1000 деления окружности ободка счетного ролика.
- е) длина обводного рычага устанавливается с помощью верньера (нониуса) по шкале, нанесенной на металлической штанге планиметра.
- ж) определяется относительная цена деления планиметра по формуле:  $p' = p M^2$ , где M – знаменатель численного масштаба плана.
- з) определяем площадь контура по формуле  $S = np'$

*Определение площади с помощью роликовых планиметров.* Роликовые планиметры являются электронным средством измерения. Наиболее удобными в применении являются роликовые планиметры с микропроцессором, который позволяет быстро измерять с учетом масштаба плана или карты не только площади участков, но и длины линий, дуг и радиусы кругов.

Результаты измерения линий могут фиксироваться на дисплеях миллиметрах, сантиметрах, километрах, а площади – в квадратных метрах или гектарах.

Отличительной особенностью роликовых планиметров этого типа, является возможность подключения его к компьютеру для получения координат точек, с целью их дальнейшей обработки.

В данном пособии рассматривается электронный планиметр *PLANIX 7* (рис. 36), который относится к роликовым планиметрам с микропроцессором.

При определении площади планиметром *PLANIX 7* рекомендуется производить ее измерение не менее трех раз, так как площадь вычисленная, как среднее из нескольких замеров, наиболее приближена к истинному значению. Для этого, после каждого измерения площади, необходимо нажимать клавишу *END*, а после окончания измерений клавишу *AVER*. В результате получаем среднее значение площади из нескольких замеров.

Например: средняя величина площади четырехугольного полигона 1-2-3-4, полученная из трех замеров планиметром *PLANIX 7*, равна 520500 м<sup>2</sup> или 52,05 га.

Более подробно порядок работы с планиметром *PLANIX 7* описан в мультимедийном пособии «Измерение площадей по топографическим картам и планам» и в курсе лекций, с которыми можно ознакомиться в электронной библиотеке института и на кафедре «Землеустройство и геодезия» ПГУАС.

Наименование функциональных клавиш планиметра *PLANIX 7* показаны на рис. 37.

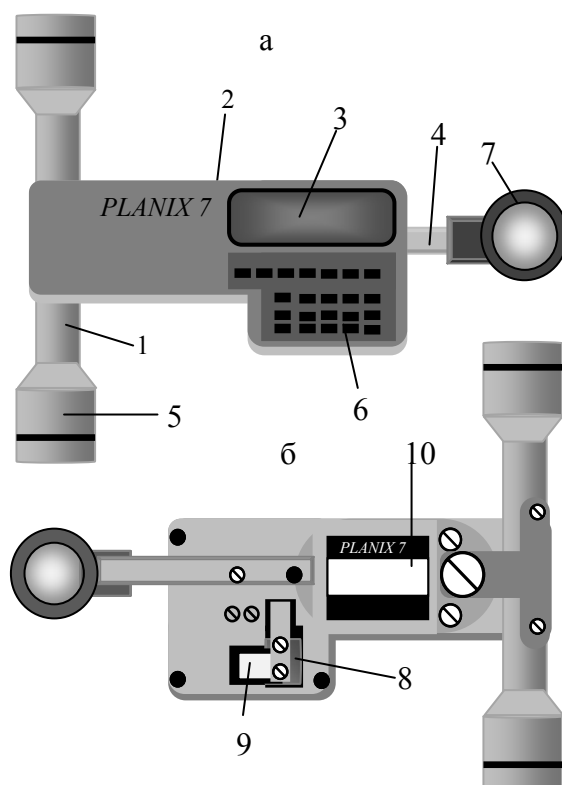


Рис. 36. Цифровой планиметр *PLANIX 7*:  
 а – вид спереди; б – вид сзади; 1 – роликовый механизм;  
 2 – разъем; 3 – экран; 4 – ручка трассера; 5 – ролик;  
 6 – функциональные клавиши; 7 – линза трассера;  
 8 – интегрирующее колесо; 9 – головка;  
 10 – аккумуляторная батарея

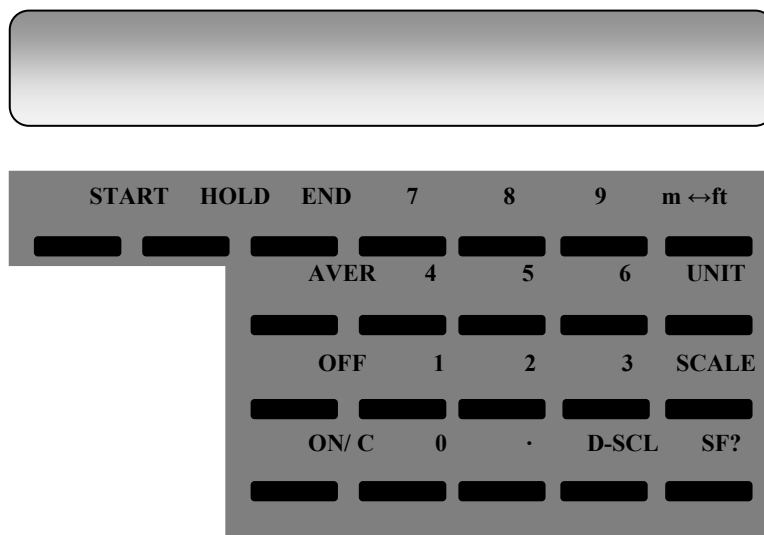


Рис.37. Функциональные клавиши.

Описание функциональных клавиш: 1. START – готовность к началу измерений. На экране дисплея отображается «0». 2. HOLD – удержание в памяти площади измеренной фигуры. При повторном нажатии клавиши HOLD можно продолжить измерение. С помощью этой клавиши производится накопление измерений. 3. END – используется для неоднократного измерения одной и той же площади. 4. AVER – каждое измерение сохраняется нажатием клавиши END и усредняется нажатием клавиши AVER. 5. ON/C – включение питания (очистка памяти). 6. OFF – выключение питания. 7. 0 – 9 – цифровые клавиши. 8. (м ↔ ft) – выбор метрической или английской системы единиц. 9. UNIT – отображение выбранных единиц измерений; см<sup>2</sup>, м<sup>2</sup>, км<sup>2</sup> в метрической системе измерений, и квадратных дюймов, квадратных футов и акров в Английской системе измерений. 10. SCALE – клавиша ввода масштаба. 11 - D – SCL - клавиша ввода двойного масштаба. 12. SF? – запрос масштабного коэффициента. Когда масштаб карты – 1/N и N сохранен в масштабе.

### Контрольные вопросы

1. Назовите основные способы измерения площадей.
2. Какие виды палеток, чаще всего применяются при измерении площадей?
3. Какими способами измеряются площади при использовании аналитического метода?
4. Приведите формулы, применяемые при определении площади участка по прямоугольным координатам его вершин.
5. Какие виды планиметров вы знаете?
6. Напишите формулу определения цены деления полярного планиметра?

7. Как определяется площадь полярным планиметром?
8. Назовите основные детали роликового планиметра PLANIX 7.
9. В какой последовательности определяется площадь участка планиметром PLANIX 7.
10. Для чего предназначена кнопка SCALE?
11. Как определить площадь участка, получив среднее из нескольких измерений?
12. Для чего служит клавиша HOLD?
13. Как определяется суммарная площадь нескольких участков?
14. Как определить площадь участка, внутри которого находится участок меньшего размера?

## 2.4 Точность положения контурных точек на планах. Точность изображения расстояний, направлений, площадей, превышений и уклонов на планах и картах

*Точность положения контурных точек на планах.* Точность планов разных видов съемок различна, что объясняется различием приборов и технологических процессов, применяемых на съемках.

Согласно многочисленным исследованиям погрешности положения точки для теодолитной, мензульной и аэрофотосъемки в масштабе 1:10000 примерно одинаковы и составляют 4 м, т.е. на плане 0,4 мм. Согласно Инструкции по топографическим съемкам для масштабов 1:500 – 1:10000 средние погрешности в положении на карте четких контуров и предметов местности относительно ближайших точек планового съемочного обоснования не должны превышать:

0,5 мм – при создании карт и планов равнинных и холмистых местностей;

0,7 мм – при создании карт местности с большими уклонами.

Некоторые исследователи замечают, что с укрупнением масштаба погрешности положения контурных точек на плане увеличиваются. Точность расплывчатых нечетких контуров, например, болот, достигает 10 м на местности, а положение контуров почвенных разновидностей – 40 м.

Копии планов обладают меньшей точностью по сравнению с оригиналом. Наиболее точна ксерокопия и копии, полученные фотомеханическим способом. Если копирование производится графическим или графомеханическим способами, то для сохранения точности копии на бумаге строят координатную сетку и все точки (границы, геодезические пункты) наносят на нее по координатам.

*Точность изображения расстояний.* Если отдельные точки на плане имеют погрешности, то и расстояния между ними будут определены с

погрешностями. Надо определить погрешность расстояния  $S$  между точкой 1 и точкой 2 с координатами  $X_1, Y_1$  и  $X_2, Y_2$ :

$$S^2 = (x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2$$

Возьмем полный дифференциал этого выражения ( $dS, dx_1, dy_1, dx_2, dy_2$ ) и получим при  $dS = m_s, dx_1 = m_{kx}, dy_1 = m_{ky}, m_{kx} = m_{ky} = m_k, m_t = m_k \sqrt{2}$ , что  $m_s = m_t$ , т.е. средняя квадратическая погрешность расстояния между точками на плане равна средней квадратической погрешности положения точки.

Средняя квадратическая погрешность определения расстояния между точками 1 и 2 при помощи измерителя и масштабной линейки с учетом точности плана получится по формуле:

$$m_{s_0} = \sqrt{m_t^2 + m_{\Gamma}^2}$$

где  $m_t$  – средняя квадратическая погрешность расстояний между точками 1 и 2;

$m_{\Gamma}$  – графическая погрешность (0,08 – 0,1 мм).

*Точность направлений.* Точность направления, характеризуемого азимутом (дирекционным углом) линии между двумя точками на плане (точками 1 и 2), зависит от погрешностей положения этих точек  $m_{x_1}, m_{y_1}$  и  $m_{x_2}, m_{y_2}$ .

Тогда дирекционный угол  $\alpha$  направления с точки 1 на точку 2 определим по формуле:

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1}$$

После дифференцирования, переходя к средним квадратическим погрешностям:

$$m_{k_1} = m_{x_1} = m_{y_1}, m_{k_2} = m_{x_2} = m_{y_2}, \\ m_{t_1} = m_{k_1} \sqrt{2} \text{ и } m_{t_2} = m_{k_2} \sqrt{2}$$

получим:

$$m_{\alpha}^2 = \frac{1}{2S^2} (m_{t_1}^2 + m_{t_2}^2)$$

Если же принять  $m_{t_1} = m_{t_2} = m_t$ , то  $m_{\alpha} = \frac{m_t}{S}$ , при этом  $m_{\alpha}$  выражена в радианной мере.

Если  $m_{\alpha}$  выразить в минутах, то  $m_{\alpha}^2 = \frac{1}{2} (m_{t_1}^2 + m_{t_2}^2) \left( \frac{3438'}{S} \right)^2$  и  $m_{\alpha} = \frac{m_t}{S} 3438'$ , т.е. погрешность дирекционного угла увеличивается с уменьшением расстояния между точками.

*Точность определения площадей контуров.* Погрешности положения контура вызывают погрешность его площади. Чтобы определить погрешность площади контура в зависимости от погрешностей положения поворотных точек этого контура, надо представить, что каждая такая точка определяется на плане независимо от других и ее положение характеризуется координатами  $x_i$  и  $y_i$  со средними квадратическими погрешностями  $m_{x_i}$  и  $m_{y_i}$ .

Зависимость площади контура от координат его поворотных точек можно представить формулой:

$$2P = \sum_{i=1}^n x_i (y_{i+1} - y_{i-1})$$

Для получения зависимости средних квадратических погрешностей площади от координат точек контура продифференцируем это выражение по всем переменным  $x_i$  и  $y_i$  и после преобразования получим:

$$m_p^2 = \frac{1}{8} \sum_{i=1}^n m_{t_i}^2 D_i^2$$

где  $D_i$  – диагонали.

Если участок близок к правильному многоугольнику с  $n$  вершинами, то:

$$m_p = S \sin \frac{\beta}{2} m_t \sqrt{n/2} = m_t \sqrt{\frac{P \sin 360^\circ}{n}}$$

– для прямоугольника  $m_p = m_t \sqrt{P} \sqrt{(1+k^2)/2k}$ ,

где  $k$  – отношение большей стороны к меньшей;

– для квадрата  $m_p = m_t \sqrt{P}$ , причем  $[m_p] = m^2$ ,  $[m_t] = m$ ,  $[P] = m^2$ .

Теперь для выражения  $m_p$  и  $P$  в гектарах на местности и  $m_t$  в сантиметрах на плане напишем:

$$m_p \text{ (га)} \cdot 1000 = \frac{m_t \text{ (см)}}{100} \cdot M \sqrt{P \text{ (га)} \cdot 10000}.$$

Тогда  $m_p \text{ (га)} = m_t \text{ (см)} \cdot \frac{M}{10000} \sqrt{P \text{ (га)}}$ , где  $M$  – знаменатель численного масштаба.

Из анализа формул следует, что погрешности площадей фигур значительно уменьшаются с увеличением числа точек фигуры и несколько увеличиваются с увеличением ее вытянутости  $k$ .

*Точность превышений и уклонов.* Превышения и уклоны линий между точками определяют по плану с горизонталями, изображающими рельеф местности. Точность изображения рельефа на плане обычно характеризуется средней квадратической погрешностью высоты точки, лежащей на

горизонталей, т.е. средней квадратической погрешностью положения горизонталей по высоте, которую можно охарактеризовать по формуле Коппе:

$$m_H = a + btgv$$

где  $a$  – величина, характеризующая точность определения точки земной поверхности по высоте;

$b$  – величина, характеризующая сдвиг точки в горизонтальной плоскости вследствие погрешностей определения планового положения станции и пикетов, интерполирования, проведения горизонталей;

$v$  – угол наклона.

Среднюю квадратическую погрешность превышения между точками 1 и 2 с высотами  $H_1$  и  $H_2$   $m_h = m_H \sqrt{2}$ . Если расстояние между точками мало, то величины  $H_1$  и  $H_2$  коррелированы и  $m_h = m_H \sqrt{2(1-r)}$ .

Средняя квадратическая погрешность уклона, определяемого по горизонталям плана, можно получить формул  $i = h/S$  и  $m_i = m_h/S$ , т.е. точность определения уклона снижается с уменьшением расстояния. Следовательно, уклон надо считать по возможно большему расстоянию.



## Глава 3. ГЕОДЕЗИЧЕСКИЕ ПРИБОРЫ

### 3.1. Точные и электронные теодолиты

При выполнении геодезических работ в различных отраслях народного хозяйства необходимо уметь использовать геодезические приборы: теодолиты, нивелиры. Для этого необходимо изучить:

- а. Устройство геодезических приборов.
- б. Способы измерения углов, расстояний, превышений.
- в. Поверки и юстировки геодезических приборов.

#### 3.1.1. Классификация теодолитов

По конструкции современные теодолиты подразделяются на: оптические, электронные и лазерные (электронный теодолит со встроенным лазером).

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.

#### 3.1.2. 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;

ЗТ5КП. Все эти теодолиты снабжены высококачественными трубами с увеличением  $27.5 - 30^x$ , в которых сетка нитей закреплена неподвижно.

*Теодолит ЗТ2КП.* Теодолит ЗТ2КП 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 ЗТ2КП (рис. 38) 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 16 (рис.39) прямого изображения, поворачивается на  $360^\circ$  вокруг горизонтальной оси и фокусируется вращением кремальеры (рис. 22). Вращением диоптрийного кольца окуляра устанавливается четкость изображения сетки нитей.

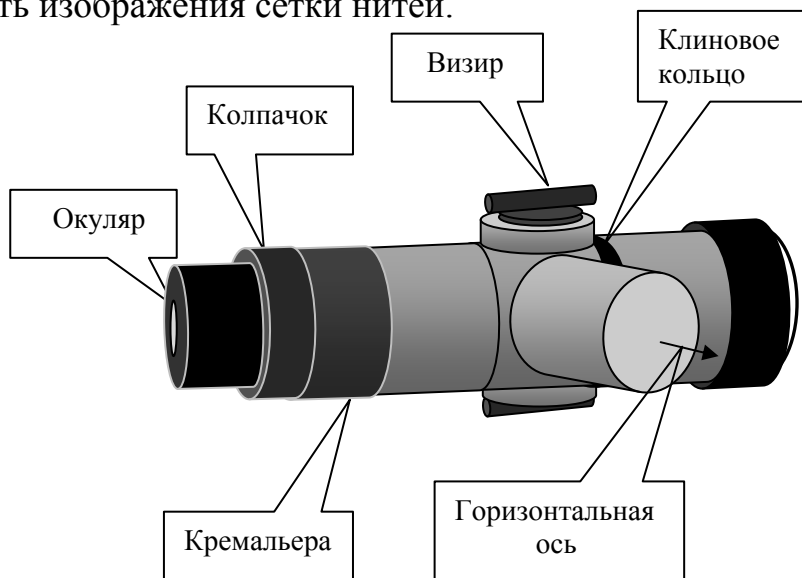


Рис.38. Схема устройства зрительной трубы теодолита

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 технических теодолитов (рассматриваются в следующем разделе), 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 18 (рис. 39) на 90°. При горизонтальном положении рукоятки в поле зрения микроскопа видно изображение штрихов горизонтального круга, а при вертикальном – вертикального круга, оттененных желтым цветом.

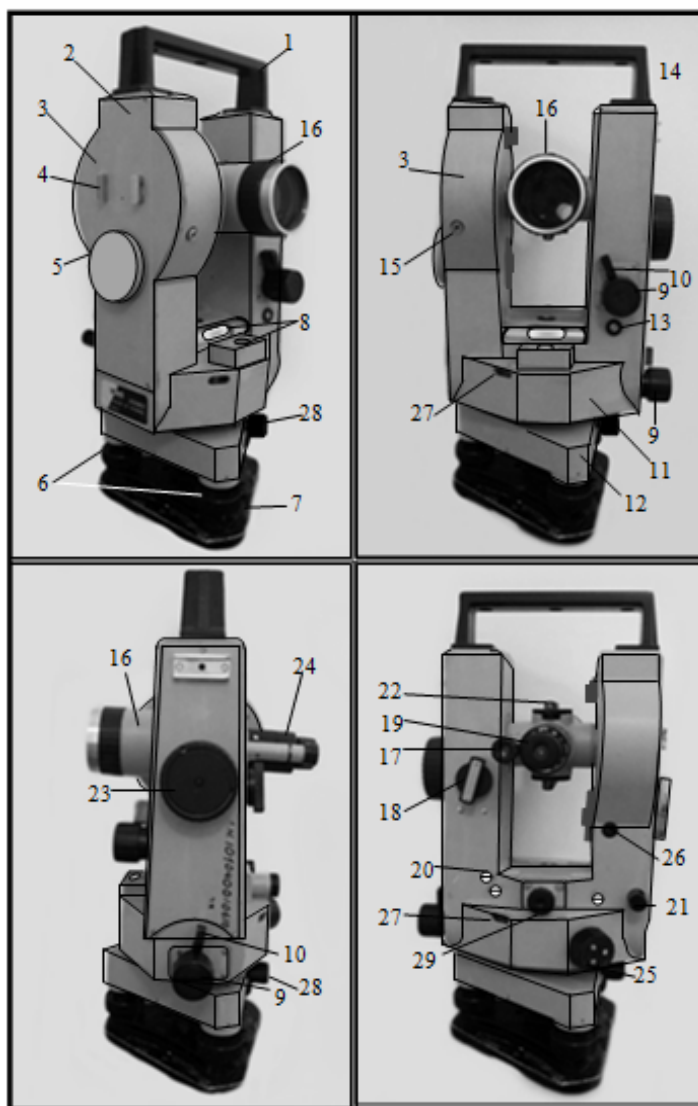


Рис. 39. Устройство теодолита 3Т2КП:

- 1 – ручка; 2–боковая крышка; 3– корпус вертикального круга; 4–упор;  
 5– Зеркало; 6–подъемные винты; 7–основание; 8 – уровни при алидаде;  
 9–наводящие винты; 10–закрепительные винты; 11–корпус горизонтального  
 круга; 12–подставка; 13;14;26–юстировочные винты; 15–штекерное гнездо;  
 16–зрительная труба; 17–окуляр микроскопа; 18–рукоятка переключателя;  
 19–микроскоп; 20–юстировочный винт; 21–установочный винт; 22–визир.  
 23–рукоятка микрометра; 24–колпачок; 25–рукоятка перевода лимба;  
 27–иллюминатор круга искателя; 28–наводящий винт лимба; 29–окуляр  
 оптического центра

Микрометр, расположенный под крышкой 2 (рис. 39), служит для измерения долей деления лимба. При вращении рукоятки микрометра 23 (рис. 39) изображение диаметрально противоположных штрихов лимба (рис. 40) перемещаются навстречу друг другу.

Отсчетный микроскоп 19 (рис. 39) расположен рядом со зрительной трубой. Качество изображения шкал микроскопа, устанавливается путем вращения диоптрийного кольца 17 (рис.39), а также поворотом и наклоном зеркала 5.

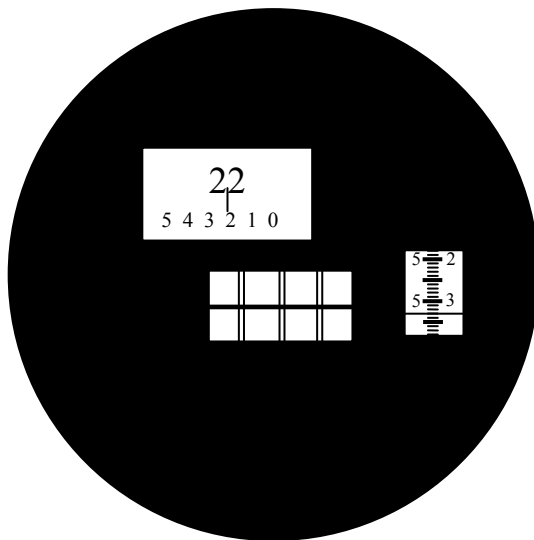


Рис. 40. Поле зрения микроскопа.  
Отсчет по горизонтальному кругу -  $22^{\circ}25'33''$

В поле зрения отсчетного микроскопа имеются три окна (рис. 39). 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 ( $22^{\circ}$ ). 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  $20'$  (рис.40). В правом окне показана шкала микрометра. Левый ряд цифр шкалы микрометра  $5'$  (рис. 40) соответствует единице минут. Суммируем значения минут  $20' + 5' = 25'$ . Правый ряд цифр соответствует десяткам секунд ( $3 \times 10 = 30''$ ), а каждое деление шкалы одной секунде  $3''$  (рис.40). Суммируем значения секунд  $30'' + 3'' = 33''$  и получаем отчет по горизонтальному кругу равный  $22^{\circ}25'33''$ .

в) Установочным винтом 21 (рис.39) устанавливается точный отсчет по горизонтальному кругу в начале измерений. Наружный колпачок предохраняет винт от случайных касаний во время измерения углов.

г). Наводящие винты 9 находятся на одной оси с закрепительными винтами 10 (рис.39), головки которых выполнены в виде курков (рис. 41).

При отжатых закрепительных винтах проводят предварительное наведение зрительной трубы на цель с помощью коллиматорных визиров 22 (рис.39), расположенных по обеим сторонам зрительной трубы. После закрепления винтов осуществляют точное наведение сетки нитей на цель с помощью наводящих винтов.

д) На алидадной части горизонтального круга находятся два уровня 8; (рис. 39). Круглый уровень предназначен для предварительной установки основания теодолита в горизонтальное положение, а цилиндрический для точной установки вертикальной оси теодолита в отвесное положение. Положение оси цилиндрического уровня исправляется юстировочным винтом.

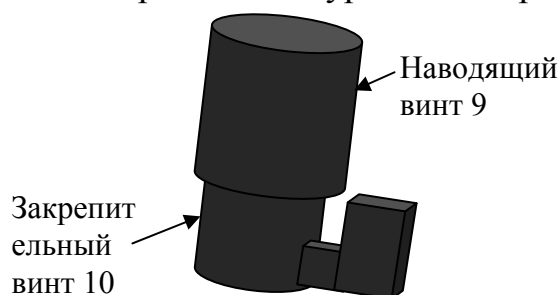


Рис. 41. Схема устройства наводящего и закрепительного винтов

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 29 (рис.39) служит для точной установкой теодолита над точкой станции.

*Проверки и юстировки точных теодолитов.* Для точных теодолитов в процессе проверок 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), будет рассмотрена в следующем разделе для теодолита 4Т30П. Устранение нарушенных условий производится путем юстировки деталей и узлов теодолита с помощью соответствующих исправительных и регулировочных винтов предусмотренных конструкцией теодолита 3Т2КП (рис. 39).

ж) Визирная ось оптического центра 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 центра при трех положениях алидады, различающихся примерно на  $120^\circ$ . При соблюдении условия три следа должны совпасть либо образовать треугольник со сторонами не более 0,5 – 1 мм. В противном случае производится юстировка центра. Для этого юстировочными винтами, перемещающими объектив центра, добиваются совмещения визирной оси центра с изображением центра тяжести треугольника погрешностей.

*Основные исследования точных теодолитов.* Исследования теодолитов проводятся с целью определения неустранимых 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.

### 3.1.3. Электронные теодолиты. Теодолит VegaТЕО – 5В/20В

Электронные теодолиты серии VegaТЕО – 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.

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.

*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.42; 43) приводим пузырек круглого уровня на середину. Этим мы добиваемся предварительной установки основания теодолита в горизонтальное положение.

в) Центрирование теодолита с помощью лазерного отвеса.

Согласно обозначениям излучения лазера (в направлении «ON») поворачивается кольцо переключателя (рис. 42), чтобы включить излучатель лазерных импульсов и отрегулировать энергию лазерных излучений.

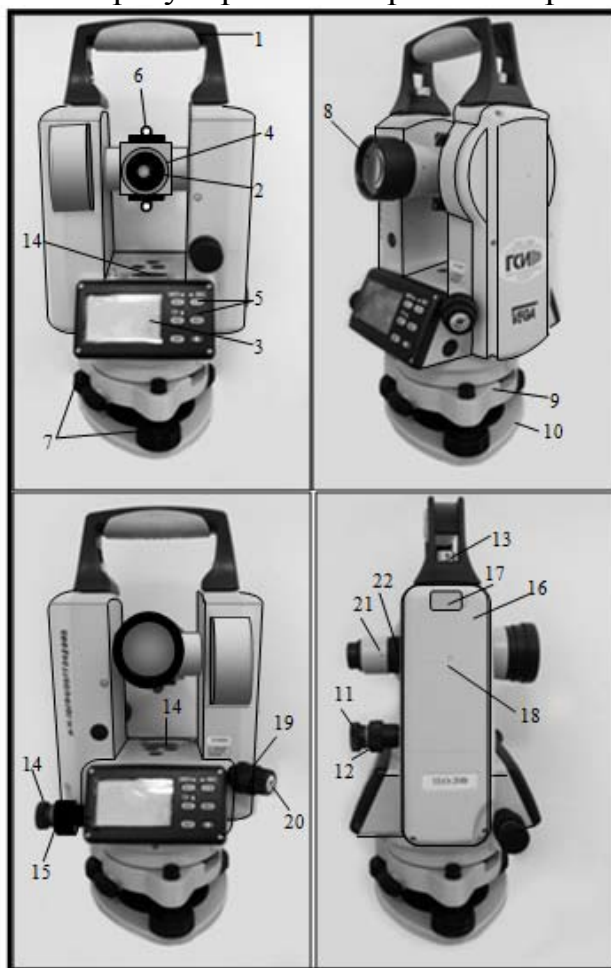


Рис. 42. Устройство теодолита VegaTEO – 5B/20B:

- 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–зашелка аккумуляторного блока; 18–метка высоты инструмента; 19–лазерный отвес; 20–излучатель лазера; 21–цилиндрический уровень; 22–фокусировочное кольцо (кремальера)

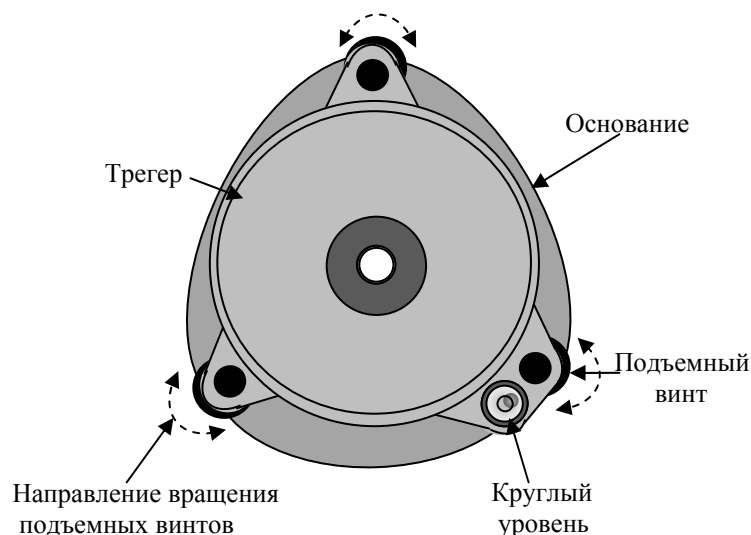


Рис. 43. Схема установки круглого уровня

Поворачивается фокусирующее кольцо (рис.44) до получения лазерного пятна на горизонтальной плоскости с точкой центрирования на земле.

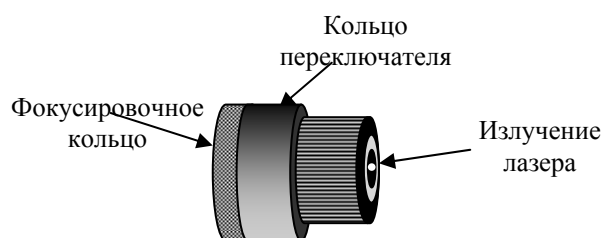


Рис. 44. Схема устройства лазерного центрира

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) повторяются до тех пор, пока пузырек цилиндрического уровня не будет оставаться в нуль пункте, а лазерная точка совпадет с точкой центрирования при вращении алидады горизонтального круга в любом направлении.

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

Вращением окуляра зрительной трубы 2 (рис.42) добиваемся четкости изображения сетки нитей.

Ослабив закрепительные винты горизонтального 15 и вертикального 12 (рис.43) 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 (рис. 45).

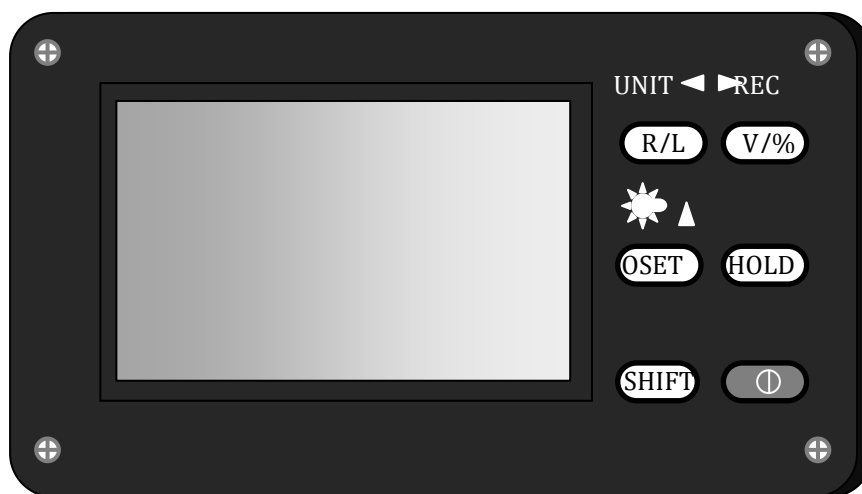


Рис. 45. Дисплей теодолита VegaTEO – 5B/20B.

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).

*Измерение горизонтального угла.* Измерение горизонтального угла производится в следующей последовательности:

После включения прибора (рис.42) 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 ( $360^\circ$  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.

*Измерение вертикальных углов.* Измерение вертикального угла производится в следующей последовательности:

После включения прибора повернуть трубу и алидаду горизонтального круга для инициализации настройки.

Проверить уровень зарядки аккумулятора.

Проверить включена ли подсветка дисплея.

Установить единицы измерения углов ( $360^\circ$  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.

*Проверки и юстировки теодолита VegaTEO – 5B/20B.* Проведение проверок выполняется в следующей последовательности:

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.

Устранение нарушенных условий производится путем юстировки деталей и узлов теодолита с помощью соответствующих исправительных и регулировочных винтов предусмотренных конструкцией теодолита VegaTEO – 5B/20B (рис. 42).

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 проверка 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 центрира.

Поверка выполняется в той же последовательности, как производится центрирование теодолита над точкой. Теодолит поворачивается на  $180^\circ$  и если точка лазера не смещается с наводимой цели, то поверка не требуется. В противном случае выполняется юстировка.

После поворота теодолита на  $180^\circ$ , точка лазера отошла от цели наведения на некоторое расстояние. С лазерного центрира снимается защитный колпачок (рис.42). 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 VegaТЕО – 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 ( $V_r$ ).

Вычисляем значение места нуля вертикального круга по формуле:

$$MO = (V_l + V_r - 360^\circ) / 2$$

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

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

Юстировка места нуля вертикального круга производится в последовательности представленной в табл. 3.

**Порядок работы с теодолитом VegaTEO – 5B/20B**

1		Приводим теодолит в рабочее положение.
2	Нажимаем клавишу <b>⓪</b> 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 <b>⓪</b> . После звукового сигнала отпускаем клавишу. На экране в третьей строке появится значение «2».
5	Поворачиваем трубу теодолита на $180^\circ$ и наводим ее на ту же точку.	Нажимаем и 2 секунды удерживаем клавишу <b>⓪</b> . После звукового сигнала отпускаем клавишу. Корректировка места нуля завершится, и прибор перейдет в режим измерений

**Контрольные вопросы**

1. На сколько типов различаются теодолиты по конструкции?
2. Как различаются теодолиты по точности измерений?
3. В чем отличие электронного теодолита от теодолита ЗТ2КП?
4. Как устроен теодолит ЗТ2КП?
5. Порядок настройки теодолита ЗТ2КП?
6. С какой точностью можно измерять горизонтальные углы теодолитом ЗТ2КП?
7. Как устроен теодолит VegaTEO – 5B/20B?
8. В чем его преимущество по сравнению с техническими теодолитами?
9. Для чего служит лазерный центрир?
10. Какие функции несет дисплей теодолита VegaTEO – 5B/20B?
11. Как измеряется горизонтальный угол?
12. Как измеряется вертикальный угол?
13. Как измеряется дальномерное расстояние?
14. Для чего производятся поверки теодолита VegaTEO – 5B/20B?
15. Перечислите поверки теодолита VegaTEO – 5B/20B?

### 3.1.4. Технические теодолиты. Теодолит 4Т30П

Технический оптический теодолит 4Т30п (рис. 46) 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. Масса теодолита (без футляра) равна 2,3 килограмма.

*Применение основных частей теодолита.*

1. Основание теодолита устанавливается на штатив и с помощью станового 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  $360^\circ$ . 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.47), а нижняя (Г) – горизонтальному. шкала микроскопа соответствует  $1^\circ$  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.47). В случае положительного значения цифры отсчета, он производится от 0 к 6.

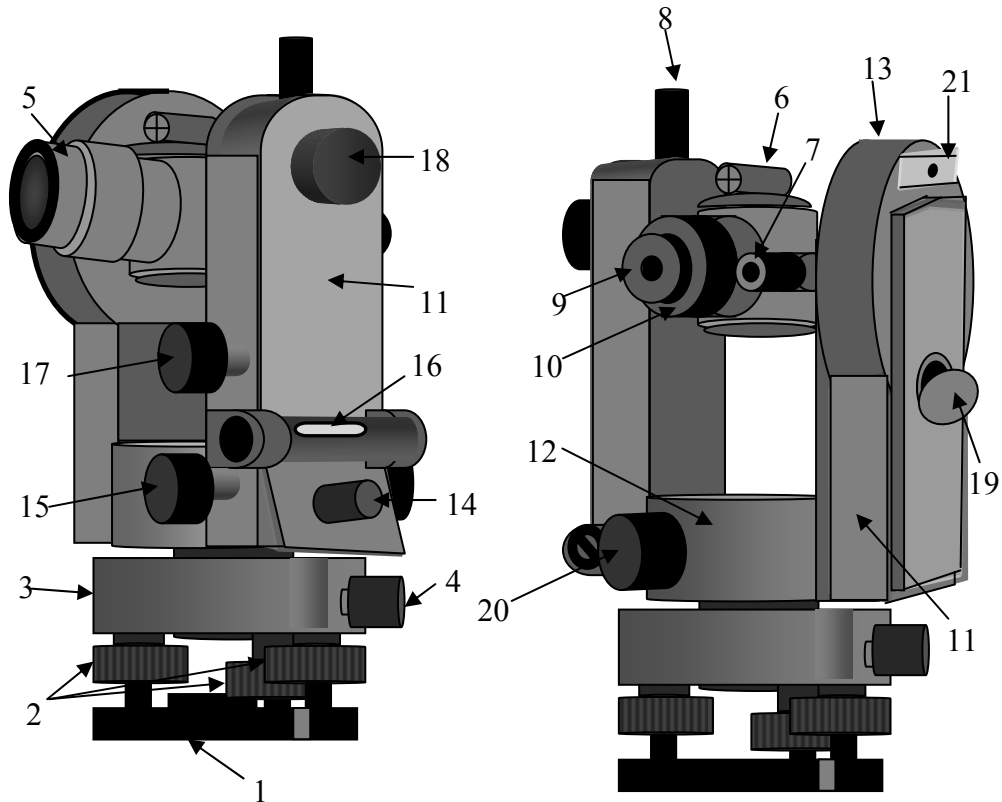


Рис. 46. Устройство теодолита 4Т30П: 1 – основание с втулкой; 2 – подъемные винты; 3 – подставка; 4 – закрепительный винт лимба; 5 – зрительная труба; 6 – визир; 7 – окуляр микроскопа. 8 – закрепительный винт зрительной трубы; 9 – окуляр зрительной трубы; 10 – колпачок; 11 – колонка, со встроенными в 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

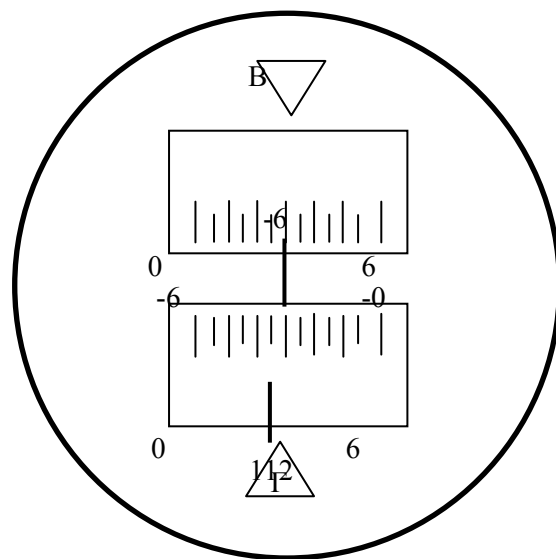


Рис. 47. Поле зрения шкалового микроскопа 4Т-30. Отсчеты: по горизонтальному кругу ( $112^{\circ}30'$ ) по вертикальному кругу ( $-6^{\circ}25'$ )

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

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

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

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

11. Корпус горизонтального круга. Внутри корпуса горизонтального круга находятся лимб и алидада горизонтального круга, с помощью которых, измеряются горизонтальные углы. Лимб представляет собой стеклянный круг, оцифрованный через  $1^\circ$ , от  $0^\circ$  до  $360^\circ$ , 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 (рис. 46). Лимб и алидада, устроены таким образом, что при закрепленном винте алидады и открепленном винте лимба, алидада вращается вместе с лимбом. А при закрепленном винте лимба и открепленном винте алидады, алидада вращается относительно лимба, что позволяет брать отсчеты по горизонтальному кругу.

12. Корпус вертикального круга. В корпусе вертикального круга также, расположены лимб и алидада вертикального круга, но в отличие от горизонтального круга лимб оцифрован по секторам через  $1^\circ$ , от  $0^\circ$  до  $75^\circ$  и от  $-0^\circ$  до  $-75^\circ$ . 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 (рис.46).

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

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

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

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

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

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

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

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

*Принцип работы. Установка теодолита в рабочее положение.* Для установки теодолита в рабочее положение необходимо выполнить следующие действия:

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

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

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

г) Закручиваем закрепительные винты алидады и зрительной трубы.

д) С помощью кремальеры добиваемся четкости изображения предмета.

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

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

После выполнения этих действий теодолит готов к работе.

*Проверки и юстировки теодолита 4Т 30.* Целью проверок 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. 48).*

Эта поверка выполняется аналогично тому, как производится установка теодолита в рабочее положение. Если, после поворота на  $180^\circ$ , пузырек отклонился более чем на половину деления уровня, делаем юстировку уровня.

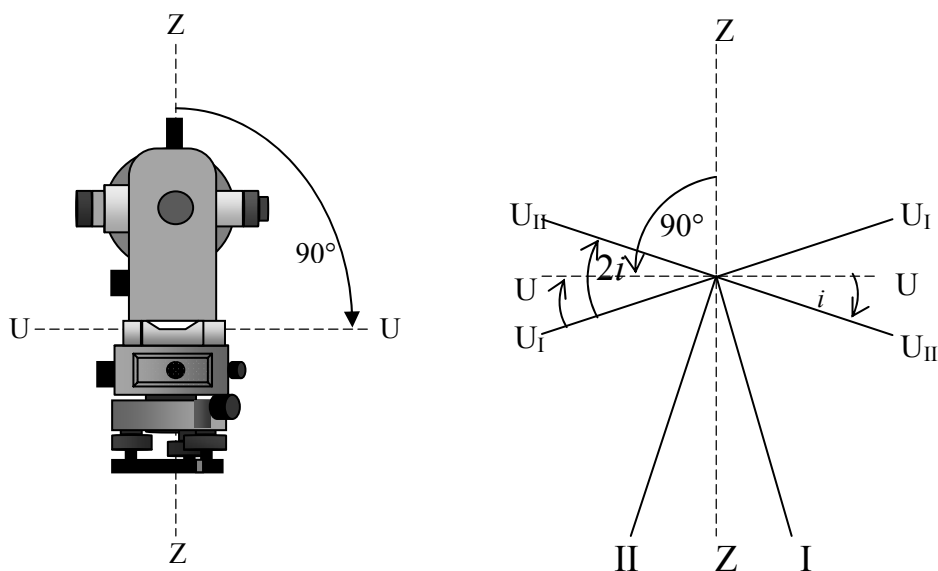


Рис. 48. Геометрические условия выполнения 1 поверки

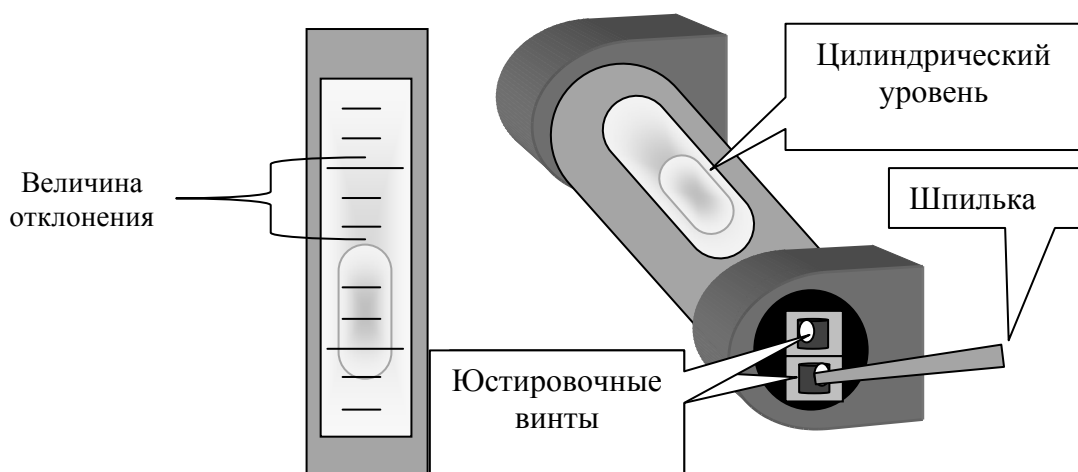


Рис. 49. Схема юстировки цилиндрического уровня при алидаде

Для этого с помощью подъемных винтов перемещаем пузырек на половину дуги отклонения, после чего юстировочными винтами уровня

приводим его на середину (рис. 49). Затем поверку повторяют до тех пор, пока пузырек, при повороте на  $180^\circ$ , не останется на середине.

*Поверка №2. Визирная ось зрительной трубы (V) должна быть перпендикулярна к горизонтальной оси вращения трубы (H) (рис. 50).*

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  $180^\circ$ . Закрепляем винт лимба, открепляем винт алидады. И наведя теодолит на ту же точку, берем отсчеты КЛ2 и КП2.

Вычисляем значение коллимационной погрешности по формуле:

$$C1 = 0,25 [(КЛ1 - КП1 \pm 180^\circ) + (КЛ2 - КП2 \pm 180^\circ)]$$

Для контроля повторяют определения, визируя трубу на вторую точку и вычисляют среднее арифметическое значение  $C0 = (C1 + C2) / 2$ . Колебания  $C$  не должны превышать  $1'$ . Если среднее арифметическое значение погрешности превышает  $2'$ , то производят исправления.

Предположим  $C0 = 6'$ . Для исправления этой погрешности берем последний отсчет. Например:  $КЛ2 = 212^\circ 25'$ .

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

$$КЛ_{испр.} = КЛ2 - C0 = 212^\circ 25' - 0^\circ 06' = 212^\circ 19'$$

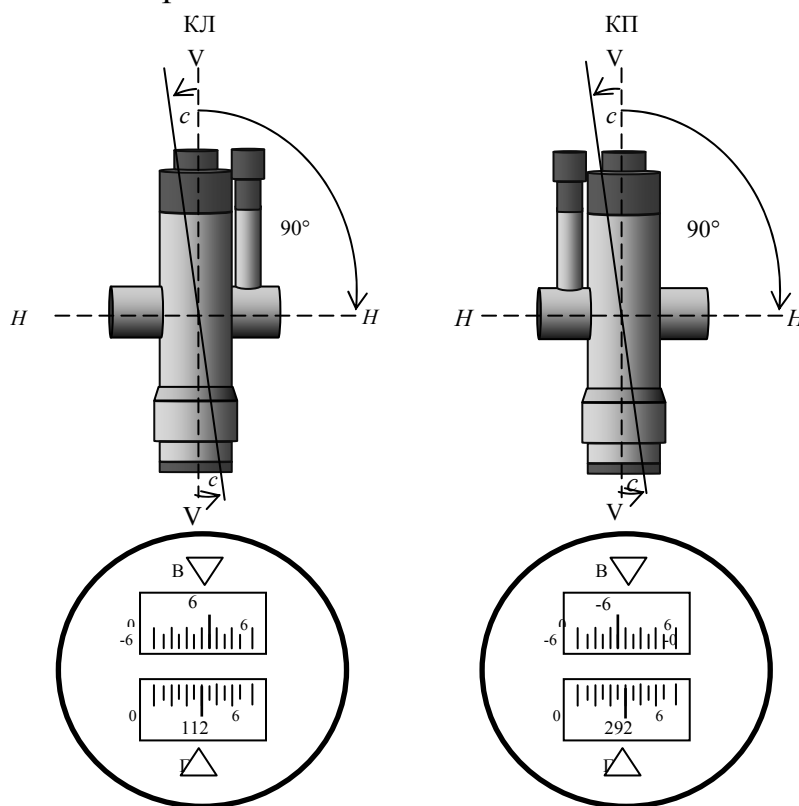


Рис. 50. Геометрические условия выполнения 2 поверки

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.51). После исправления поверка повторяется.

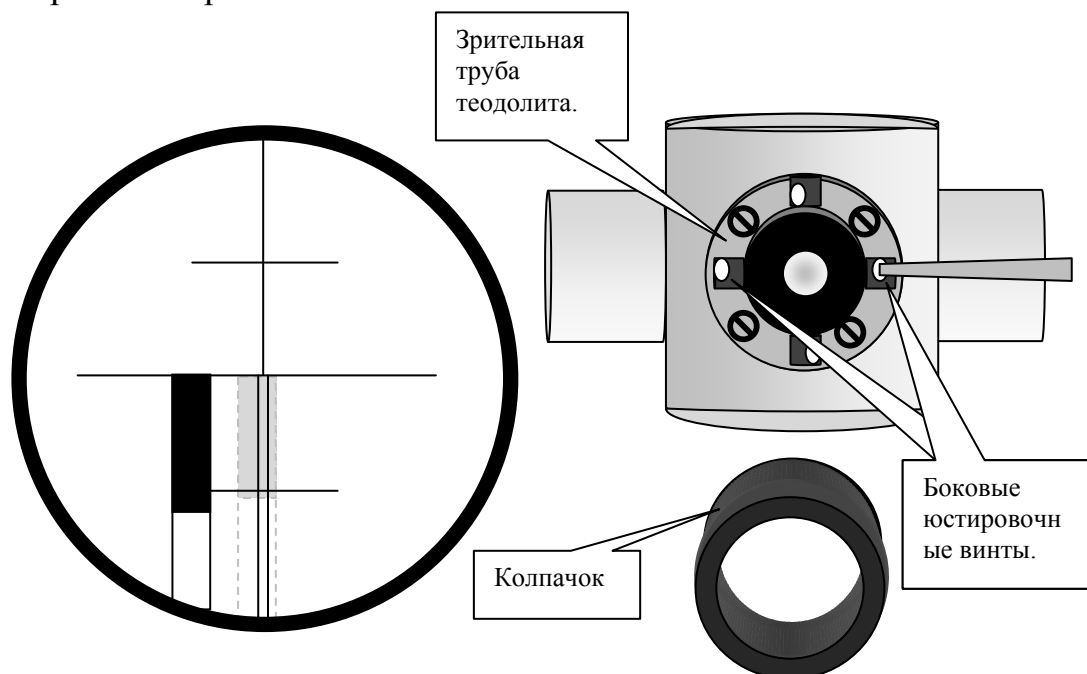


Рис. 51. Схема исправления коллимационной

Вычисляем значение коллимационной погрешности по формуле:

$$C_1 = 0.25 [(КЛ1 - КП1 \pm 180^\circ) + (КЛ2 - КП2 \pm 180^\circ)]$$

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

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

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

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

Наводящим винтом алидады устанавливаем на лимбе исправленный отсчет. Перекрестье нитей сойдет с верхней части вешки. Откручиваем колпачок зрительной трубы и боковыми юстировочными винтами совмещаем перекрестие нитей с верхушкой вешки (рис. 35). 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.52). На стене выбирается высоко расположенная точка А, на которую, приведя теодолит в рабочее положение, при КЛ, наводится перекрестие сетки нитей. Застопорив закрепляющие винты горизонтального круга, опускаем трубу теодолита вниз до горизонтального положения и отмечаем на стене точку В.

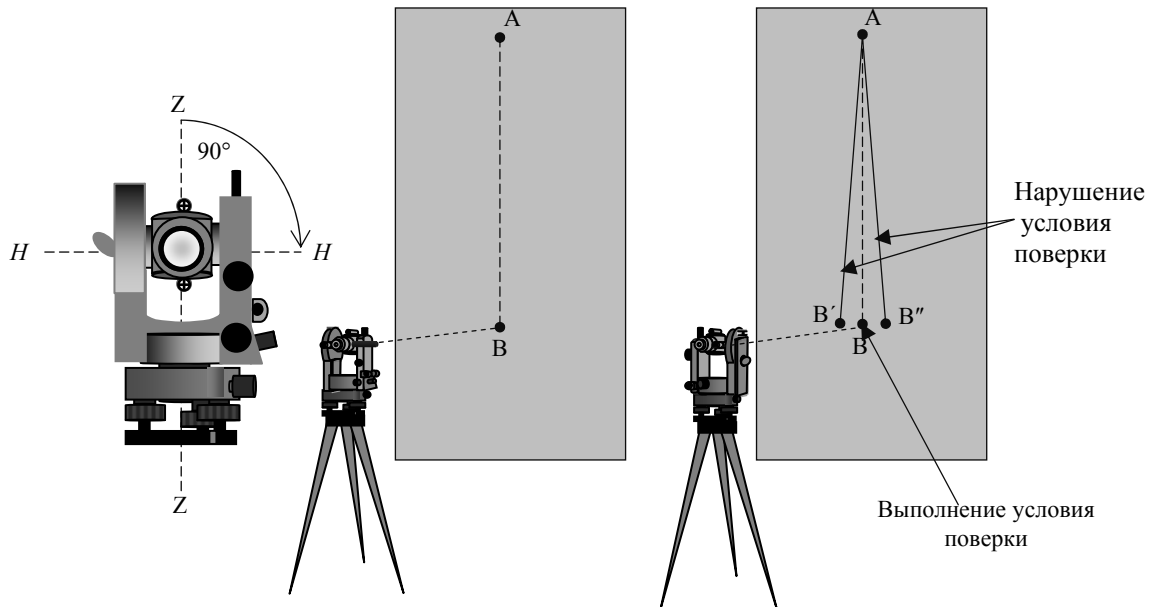


Рис. 52. Геометрические условия выполнения 3 поверки

Переводим трубу через зенит, наводим ее на точку А и при КП опускаем ее в точку В. Если точки В при КЛ и КП совпадают, то условие поверки считается выполненным. Если перекрестие сетки нитей попадает в точки В' или В'' то условие считается нарушенным. Исправление необходимо выполнять в специальной мастерской или на заводе.

*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. 53).

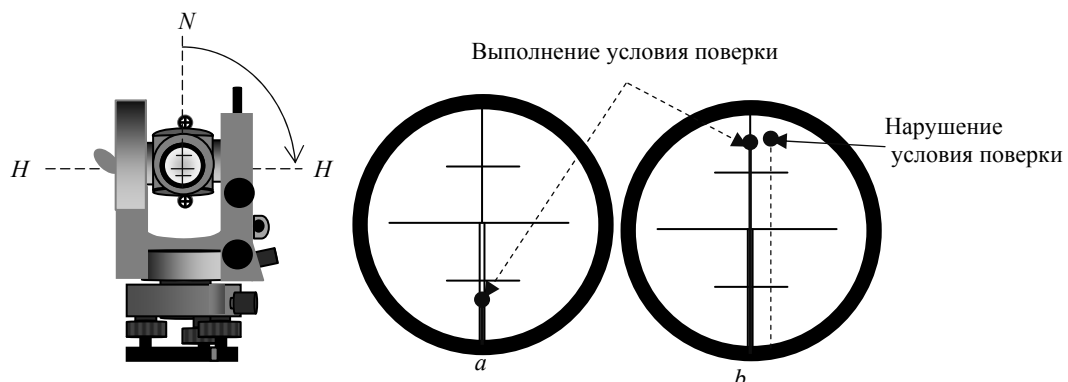


Рис. 53. Геометрические условия выполнения 4 поверки

Вращая наводящий винт зрительной трубы, наблюдаем, сходит ли выбранная цель с основного вертикального штриха сетки нитей. Если изображение точки не сходит со штриха, то условие считается выполненным.

В противном случае, ослабив винты, скрепляющие окуляр с корпусом трубы, поворачивают его так, чтобы условие оказалось выполненным, и поверку повторяют (рис.54).

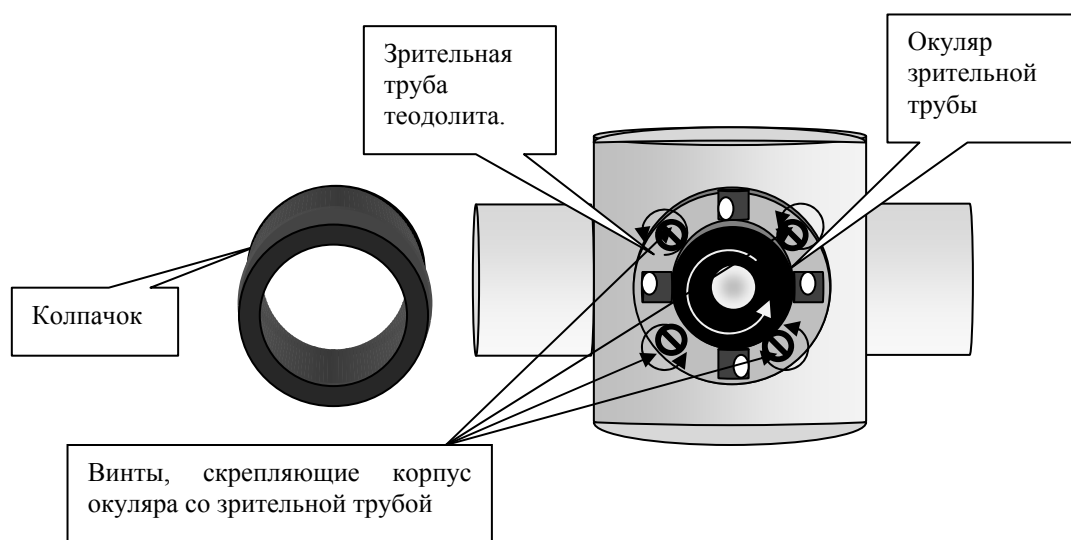


Рис. 54. Схема исправления вертикальности сетки нитей

*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.55). Этот отсчет является местом нуля вертикального круга МО.

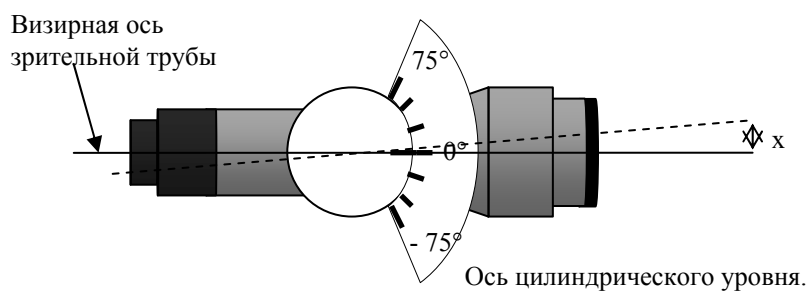


Рис. 55. Соотношение визирной оси теодолита и оси цилиндрического уровня

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  $МО = (КЛ + КП)/2$ . Колебание места нуля, при наблюдениях на разные точки, не должно превышать  $1'$ . Если среднеарифметическое место нуля по этим точкам более  $2'$ , то его исправляют следующим образом.

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

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

Вертикальными юстировочными винтами совмещаем центр сетки нитей с наблюдаемой точкой (рис. 56). Для контроля исправления, рекомендуется вновь определить значение  $МО$ .

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

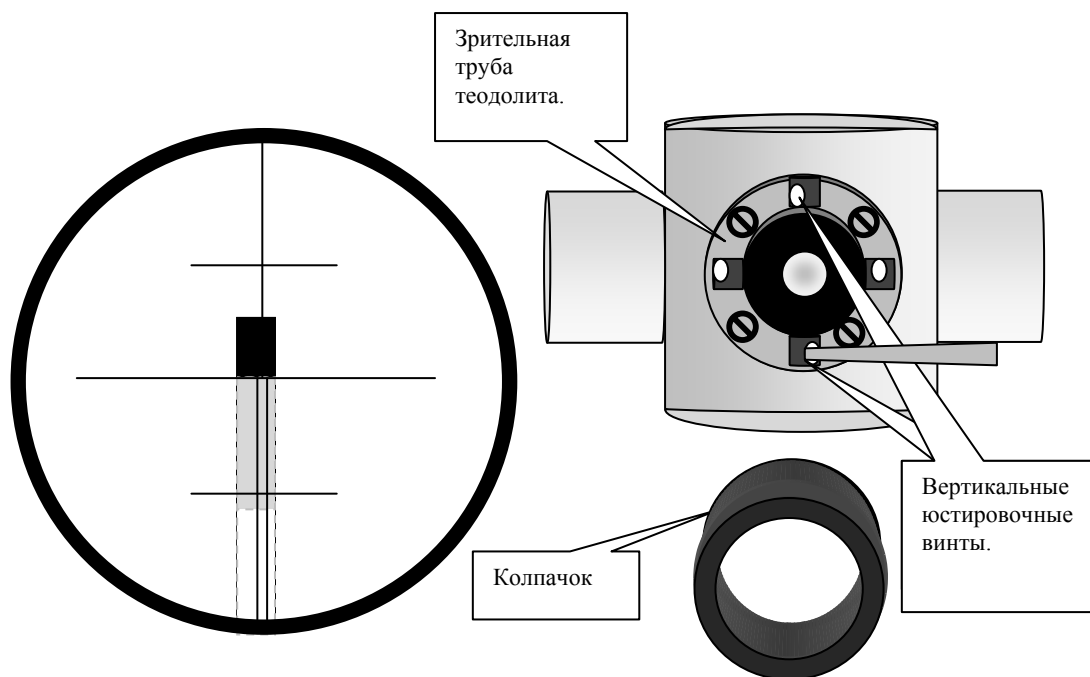


Рис. 56. Исправление места нуля вертикального круга

### Контрольные вопросы

1. Предназначение теодолита 4Т – 30?
2. Назовите основные части нижней, некрутящейся части теодолита.
3. Роль подъемных винтов ?
4. Для чего служит подставка теодолита?
5. Для чего предназначены лимб и алидада?
6. При каком положении закрепительных винтов лимба и алидады можно брать отсчет по горизонтальному кругу?
7. Чем отличаются лимбы горизонтального и вертикального кругов?
8. Для чего предназначен наводящий винт алидады?
9. Как с помощью рукоятки перевода лимба на шкале микроскопа устанавливается нулевой отсчет?
10. Что достигается вращением диоптрийного кольца окуляра зрительной трубы?
11. Назначение наводящего винта зрительной трубы?
12. Что такое кремальера?
13. Опишите порядок действий по приведению теодолита в рабочее положение.
14. Для чего служат исправительные (юстировочные) винты?
15. С какой периодичностью выполняются поверки и юстировки?
16. Для чего проводятся поверки и юстировки теодолита?
17. Как производится первая поверка, а при необходимости и юстировка теодолита?
18. Что такое коллимационная погрешность? Как она определяется и вычисляется?
19. Как производится юстировка теодолита после второй поверки?
20. Опишите порядок работы при выполнении третьей поверки ?
21. Для чего выполняется четвертая поверка?
22. Каким образом производится исправление, после выполнения 4 поверки ?
23. Как определяется место нуля вертикального круга (порядок действий при определении)?
24. Каким образом место нуля приводится к нулю?

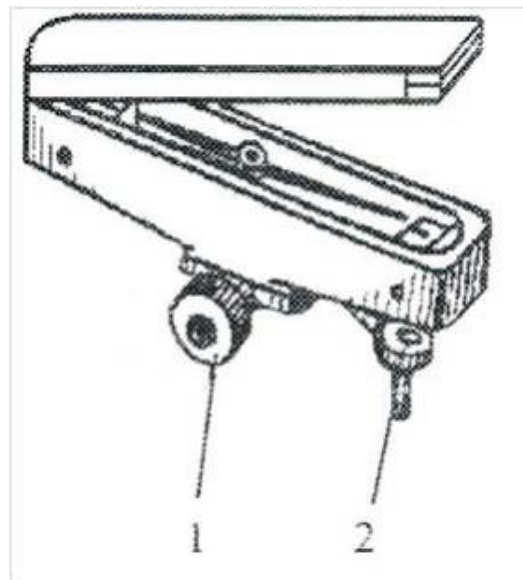
### 3.2. Измерение углов и дальномерных расстояний

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

### 3.2.1. Определение магнитного азимута

Независимо от того, привязывается или нет теодолитный ход к опорной сети, следует, пользуясь буссолью (рис. 57), определить магнитный азимут хотя бы одной стороны теодолитного хода. При отсутствии привязки это единственный способ ориентирования хода. В случае привязки хода к опорной сети магнитный азимут можно использовать для контроля возможных грубых ошибок в вычислениях азимута от сторон опорной сети.

Чтобы определить магнитный азимут стороны, например 7–8, необходимо на точке 7 взять отсчет по северному концу стрелки буссоли в тот момент, когда труба наведена на точку 8. Однако перед измерением азимута следует убедиться, что при совпадении направления СЮ стрелки с направлением нулевого диаметра буссоли отсчет по северному концу стрелки равен  $0^\circ$  (обычно это бывает при КП), а не  $180^\circ$ . Если он окажется равным  $180^\circ$ , то необходимо трубу повернуть через зенит и измерять азимут при другом положении вертикального круга. Измерять азимут следует вдали от металлических сооружений и высоковольтных линии электропередач, которые могут сильно отклонить стрелку от правильного положения. Для контроля полагается определить азимут той же линии, но в обратном направлении, когда теодолит будет установлен на другом конце линии (рис. 58).



1 – закрепительный винт; 2 – винт арретира

Рис. 57. Буссоль



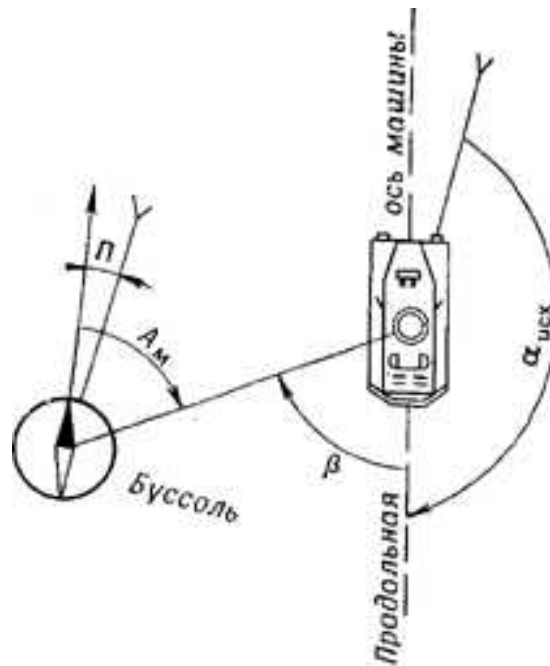


Рис. 58. Определение магнитного азимута продольной оси по буссоли

Определение магнитного азимута с помощью ориентир-буссоли требует ориентирования лимба горизонтального круга. Для этого, совместив при КП нули лимба и алидады и закрепив алидаду, вращают лимб до совмещения концов стрелки ориентир-буссоли с нулевыми штрихами ее шкалы. Точнее совмещение концов стрелки выполняют вращением лимба его наводящим винтом. После этого освобождают алидаду и наводят зрительную трубу на конечную точку ориентируемой линии, заканчивая движение трубы ввинчиванием наводящего винта алидады. Взятый затем с горизонтального круга отсчет и будет магнитным азимутом.

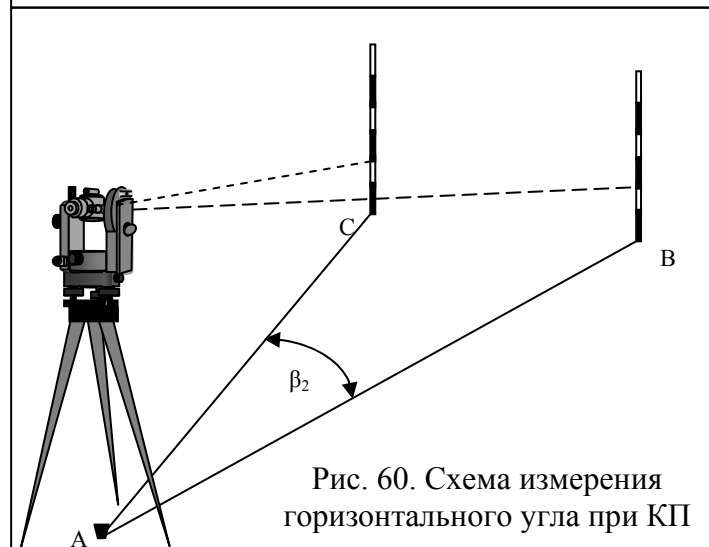
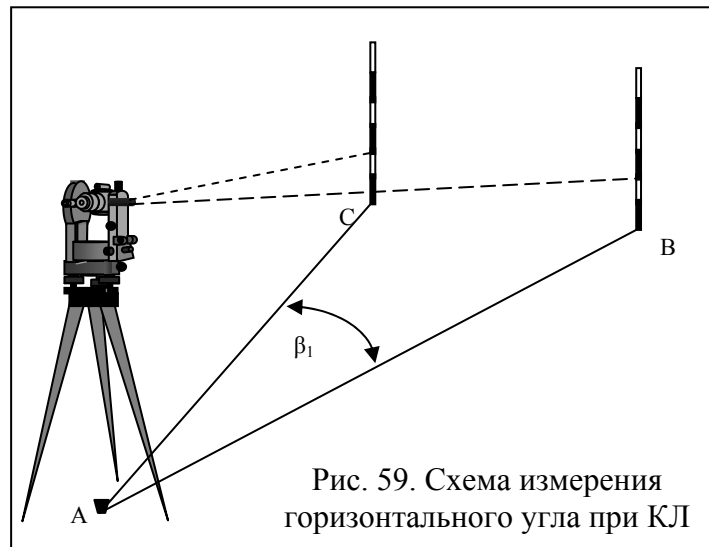
### 3.2.2 Измерение горизонтального угла

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.59).



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

в) Для контроля и ослабления погрешности измеряем угол  $\beta_2$  при круге право (рис. 60). Для этого трубу теодолит переводим через зенит и наводим на правую точку (А), получаем отсчет КП1.

г) Теодолит переводится на левую точку (С) и берется отсчет КП2.  
Угол  $\beta_2 = \text{КП1} - \text{КП2}$ .

Допустимая разница двух полуприемов не должна превышать 1 минуты. То есть  $\beta_1 - \beta_2 \leq 1'$ .

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

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

### 3.2.3. Измерение вертикального угла

Вертикальным углом является угол наклона  $\gamma$ , составленный визирной осью зрительной трубы, наведенной на определяемую точку, с горизонтальной плоскостью (рис.61). 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».

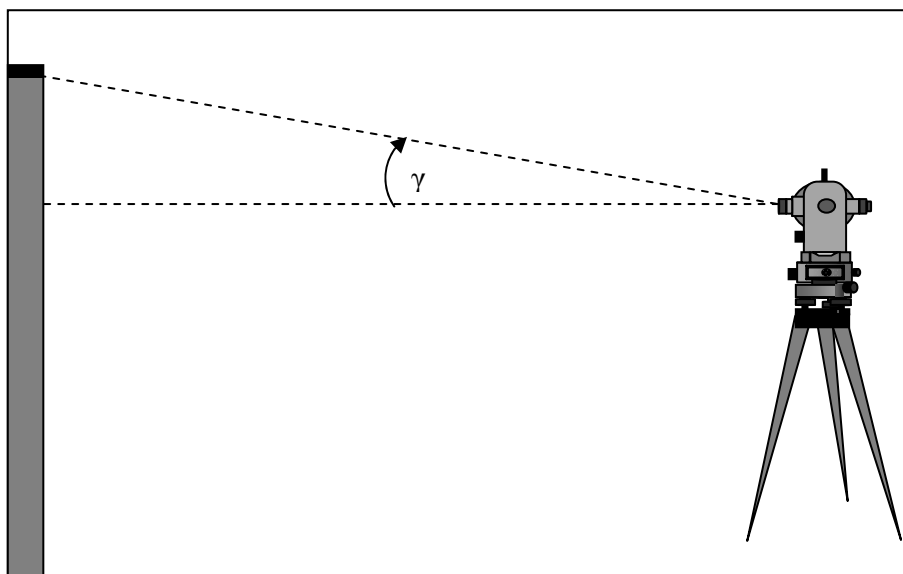


Рис. 61. Схема измерения вертикального угла

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  $180^\circ$  и наводится на определяемую точку при круге «право». Получаем отсчет КП.

в) Определяем место нуля вертикального круга. Место нуля вертикального круга вычисляем по формуле:

$$MO = (КЛ + КП)/2.$$

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.58).

д) Угол  $\gamma$  для теодолита 4Т30П вычисляется по формуле:

$$\gamma = (КЛ - КП) / 2$$

Для контроля значения угла  $\gamma$  вычисляем по формулам:

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

Сходимость значений вертикального угла  $\gamma$ , полученных по трем формулам, свидетельствует о правильности выполненных вычислений.

### 3.2.3. 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.62).

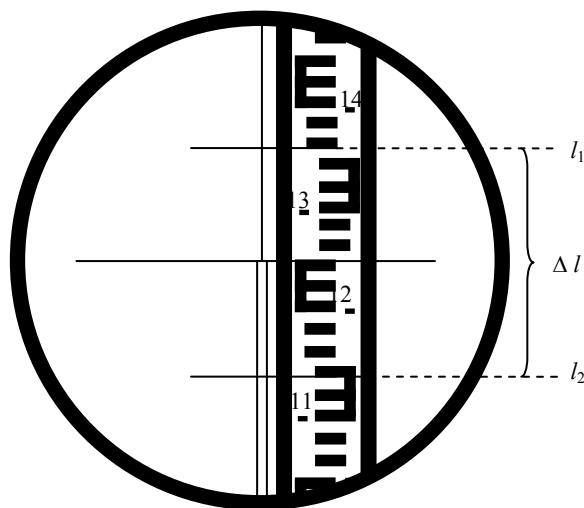


Рис. 62. Схема определение расстояний по нитяному дальномеру

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:  $D = (K \times \Delta l) + c$ , 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:  $D = K \times \Delta l$ .

Например: Отсчет по нижней нити  $l_2$  равен 1140, отсчет по верхней нити  $l_1$  равен 1360, тогда  $\Delta l = l_1 - l_2 = 1360 - 1140 = 220$  мм. = 22см.

$$D = K \cdot \Delta l = 100 \cdot 22 \text{ см.} = 22 \text{ метра (рис.62)}.$$

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:

$$d = K \times \Delta l \times \cos \gamma$$

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

### Контрольные вопросы

1. Порядок измерения горизонтального угла на станции.
2. Что такое один прием?
3. Порядок измерения горизонтального угла одним полным приемом.
4. Какова допустимая ошибка измерения горизонтального угла теодолитом 4Т - 30 при измерении одним полным приемом?
6. Порядок действий при измерении вертикального угла.
7. Что такое место нуля вертикального круга?
8. Основные формулы, используемые при определении вертикального угла.
9. Как определяется расстояние с помощью оптического дальномера?
10. Какова погрешность измерения расстояний нитяным дальномером?
11. С какой целью при измерении расстояний и вертикальных углов измеряется высота прибора?

### 3.3. 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  $0,1^\circ$ . 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 нивелирного 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.

### 3.3.1. 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  $360^\circ$  (рис. 63).

В маркировке нивелира: К – наличие компенсатора; Л – наличие горизонтального лимба, 2 – два миллиметра – среднеквадратическая погрешность измерения превышений на 1 км двойного нивелирного хода.

Зрительная труба прямого изображения. Лимб позволяет измерять горизонтальные углы и переносить их на местность. Малая 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  $+50^\circ\text{C}$ .

Отличительной особенностью нивелира 4Н-2КЛ, является наличие лимба горизонтального круга, который позволяет измерять горизонтальные углы со среднеквадратической погрешностью не более  $0,1^\circ$ .

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.

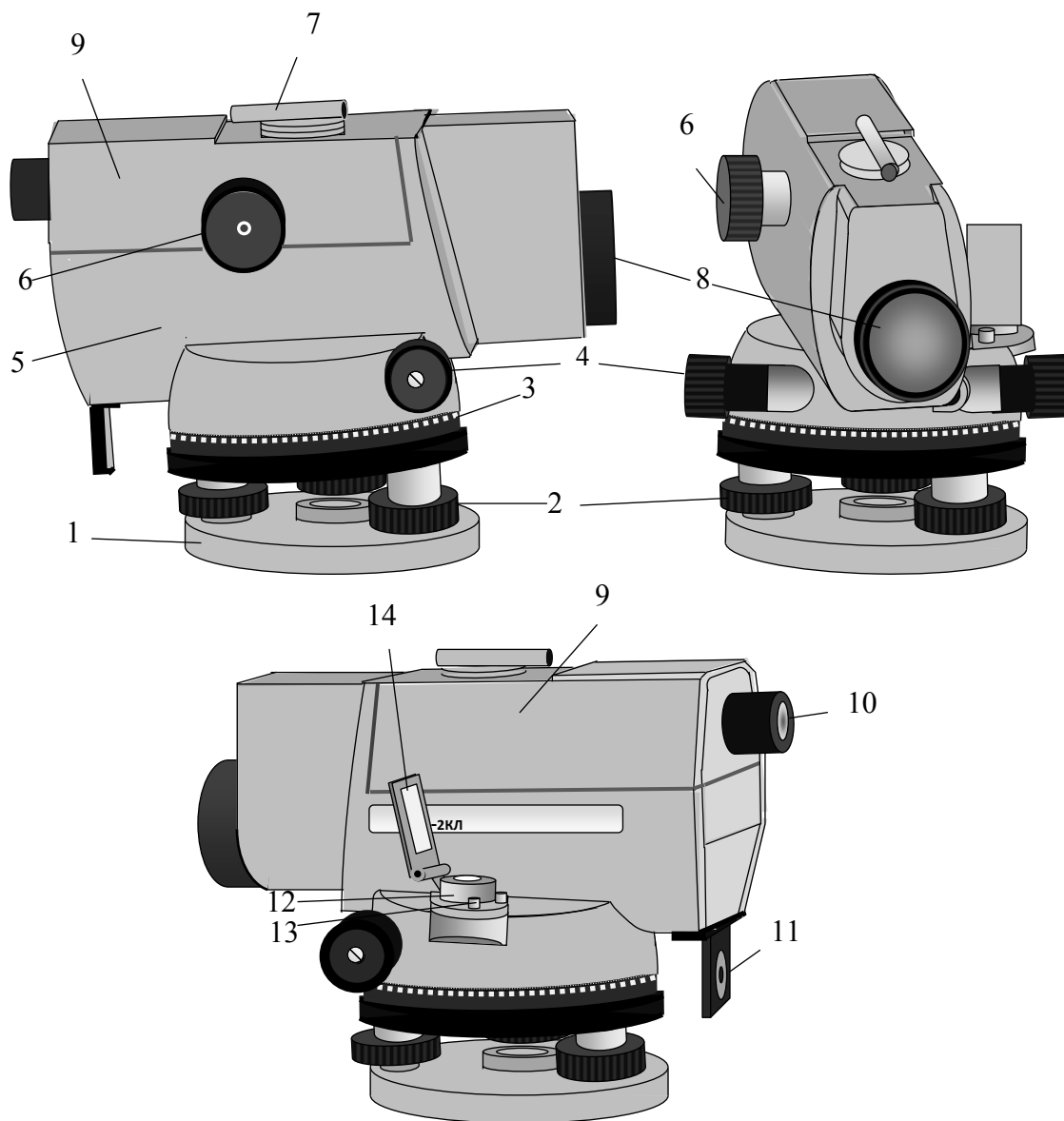


Рис. 63. Нивелир 4Н-2КЛ:

- 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

*Нивелир С330 SOKKIΛ.* Как и нивелир 4Н-2КЛ имеет компенсатор и лимб горизонтального круга. Нивелир С330 SOKKIΛ имеет прямое изображение (рис. 64). Лимб горизонтального круга позволяет измерять горизонтальные углы и переносить их на местность.

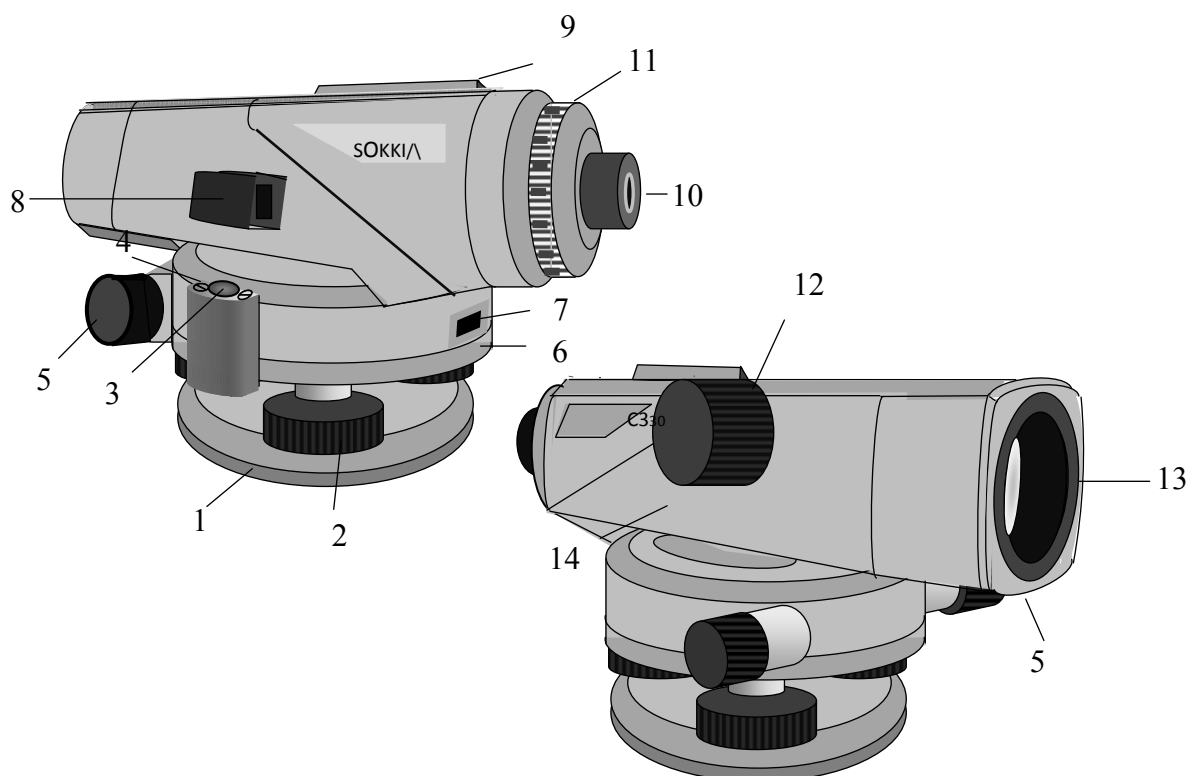


Рис. 64. Нивелир С330 SOKKIΛ:

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

### 3.3.2. Поверки и юстировки нивелиров с компенсаторами

*Поверка круглого уровня.* Поверка осуществляется аналогично тому, как осуществляется поверка круглого уровня нивелира Н-3, устройство которого будет рассмотрено в следующем разделе. 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. Для нивелира С330 поверка осуществляется следующим образом:

Прибор устанавливается посередине между точками А и В и берутся отсчеты по рейкам  $a_1$  и  $b_1$  (рис.65).



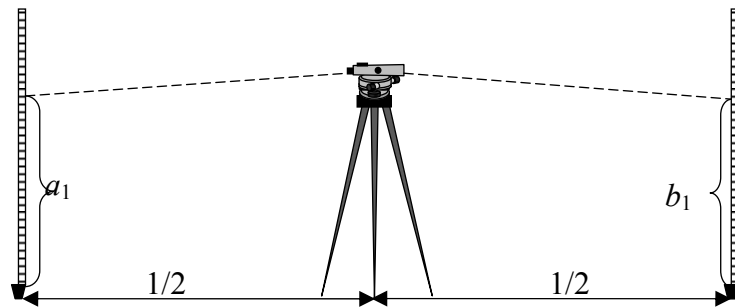


Рис. 65. Схема поверки сетки нитей

Прибор устанавливается на расстоянии 2 метров от точки А (между точками А и В) и берутся отсчеты  $a_2$  и  $b_2$  (рис.66).

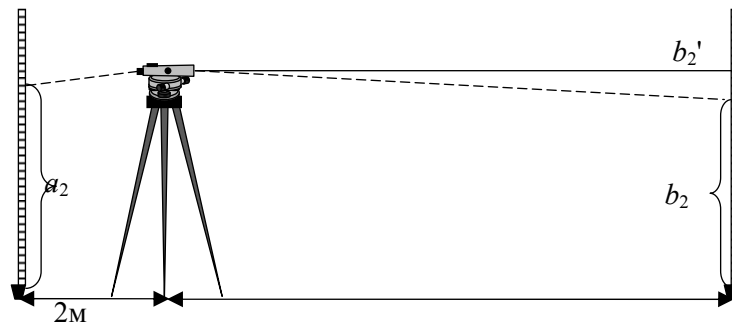


Рис.66. Схема поверки сетки нитей

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.60) 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.

### 3.3.3 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 (рис. 67). 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.

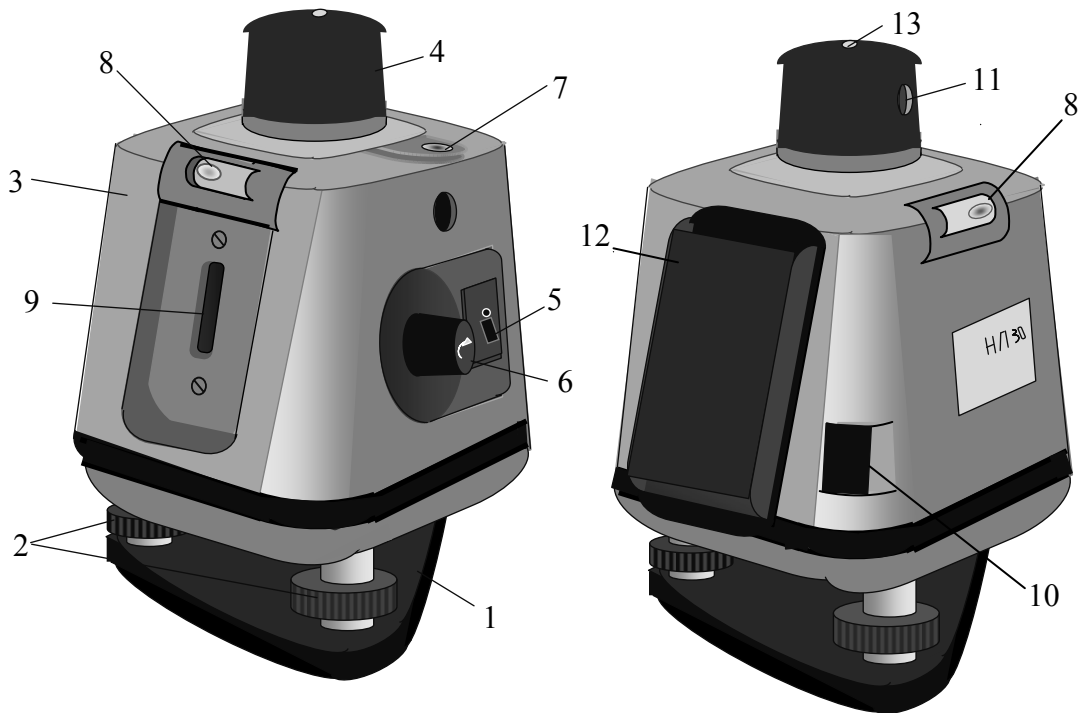


Рис.67. Нивелир НЛ30:

- 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.

*Принцип работы.* В металлическом корпусе 3 (рис.67) 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.

*Приемник FR11.* Приемник (рис.68) предназначен для быстрого точного определения лазерной плоскости на любом удалении от нивелира.

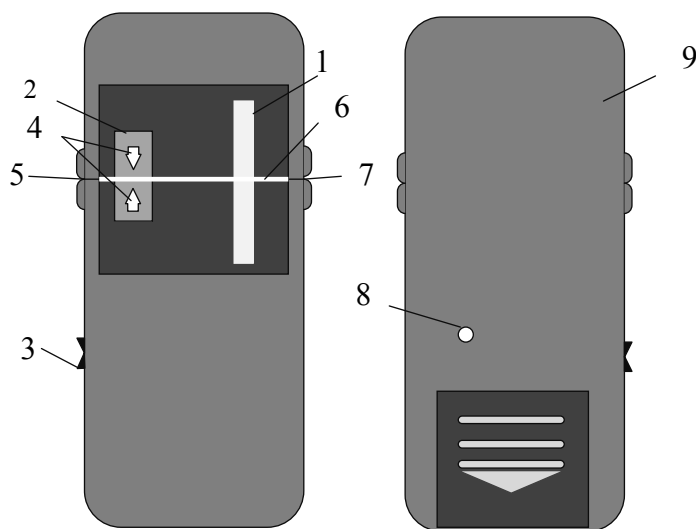


Рис. 68. Приемник FR116

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

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. На обратной стороне приемника имеется резьбовое отверстие 8, служащее для крепления к адаптеру (рис.69), который в свою очередь крепится к нивелирной рейке.

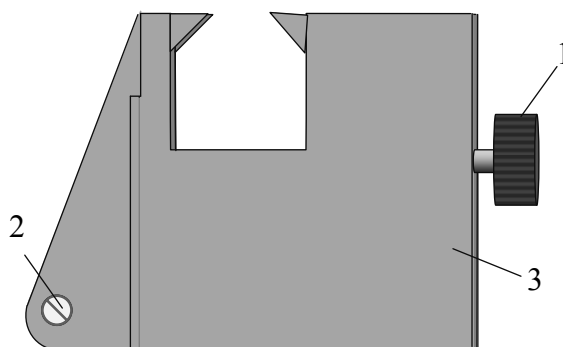


Рис. 69. Адаптер FC12:  
1 – винт для крепления к рейке; 2 – винт для крепления приемника; 3 – корпус

*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.

*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.

*Поверки и юстировки нивелира НЛЗ0:*

а. Поверка 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.

б. 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.

### **Контрольные вопросы**

1. На какие типы делятся нивелиры по конструкции?
2. Что обозначает шифр нивелира 4Н – 2КЛ?
3. Как делятся нивелиры по точности измерения?
4. В чем особенность нивелиров с компенсаторами?
5. Для каких целей в нивелирах с компенсаторами применяется горизонтальный круг?
6. Для чего служит лазерный центрир?

7. Где применяется нивелир НЛ30?

8. Для чего нужен адаптер?

### 3.3.4. Технический нивелир Н – 3

Нивелир Н-3 относится к техническим нивелирам, предназначенным для выполнения инженерно-технических работ (рис. 70).

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.

*Устройство нивелира Н – 3 (рис. 70).*

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

С помощью подъемных винтов (2), в нуль пункт, выводится пузырек круглого уровня (рис. 71).

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''

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 непо-

движном положении, после приблизительного наведения нивелира на рейку).

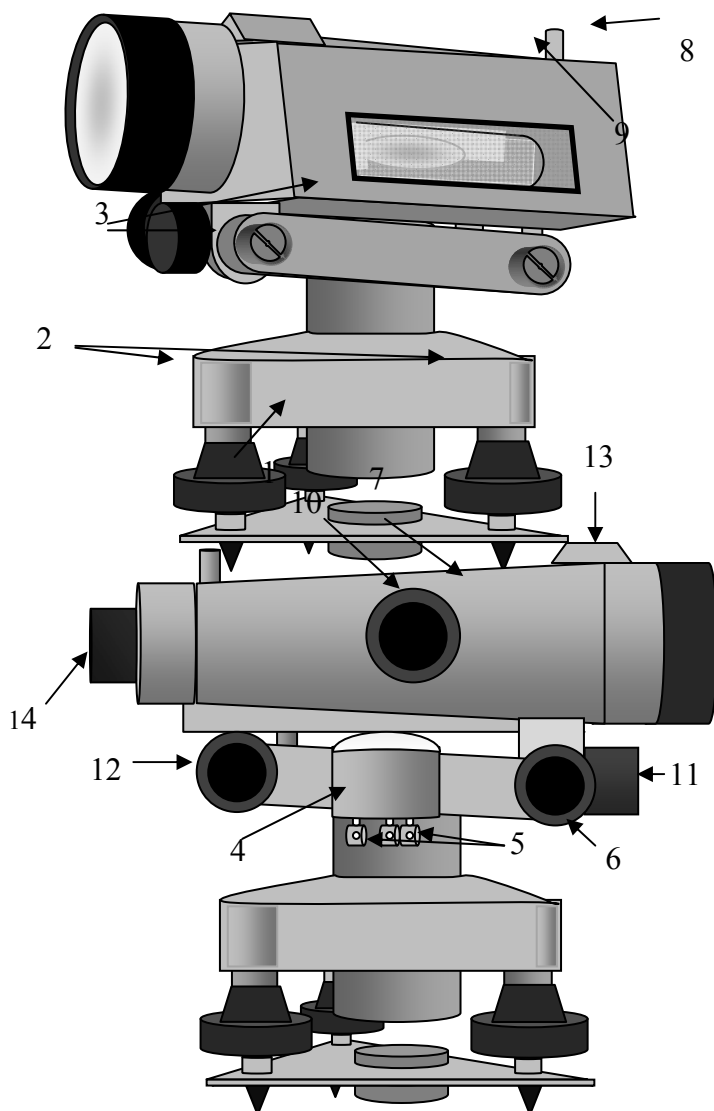


Рис. 70. Нивелир Н – 3:

- 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

С помощью элевационного винта (12) пузырек цилиндрического уровня выводится на середину (нуль пункт). Для этого необходимо совместить изображений концов половинок пузырька (рис.71). В этом случае

горизонтальная ось визирования будет параллельной уровенной поверхности. Такие уровни называются контактными.

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

Вращением окуляра (14) добиваемся четкости изображения сетки нитей.

*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  $180^\circ$  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.

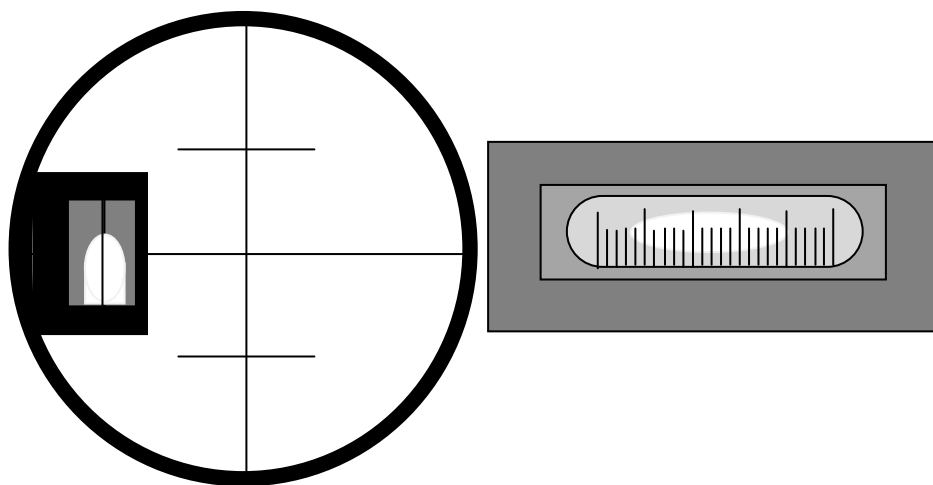


Рис. 71. Установка пузырька цилиндрического уровня на середину.

з. 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 (рис.72).

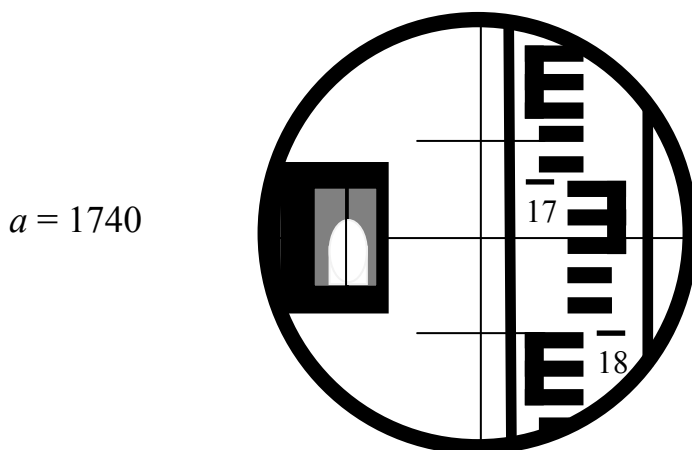


Рис.72. Пример снятия отсчета с нивелирной рейки

*Проверки и юстировки нивелира Н-3.* Целью проверок и юстировок, является выявление отступлений от идеальной геометрической схемы нивелиров, вызванных нарушением правильного взаимного расположения их частей и осей. Проверки и, если необходимо юстировки следует выполнять систематически. После проверок 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 ноль пункт визирная ось займет горизонтальное положение.

*Проверка №1.* Ось круглого уровня должна быть параллельна оси вращения нивелира (рис. 73).

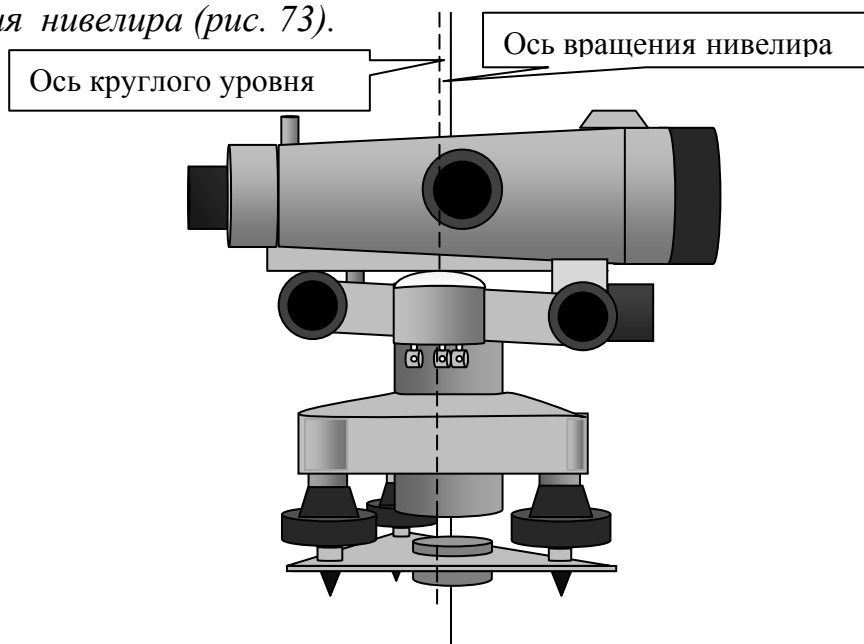


Рис. 73. Параллельность осей круглого уровня и оси вращения нивелира

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

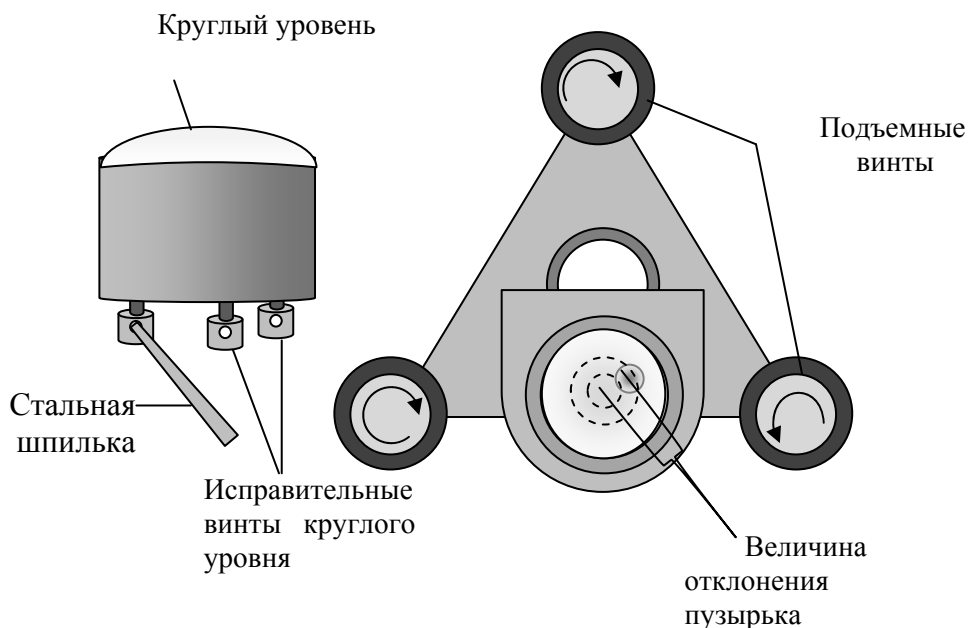


Рис. 74. Схема юстировки круглого уровня

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

Поворачиваем верхнюю часть нивелира на  $180^\circ$  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. 74).

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. 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. Нить сетки не должна сходиться с выбранной точки. При несоблюдении этого условия необходимо ослабить винты, скрепляющие сетку с корпусом трубы (рис.75) и повернуть сетку в нужную сторону.

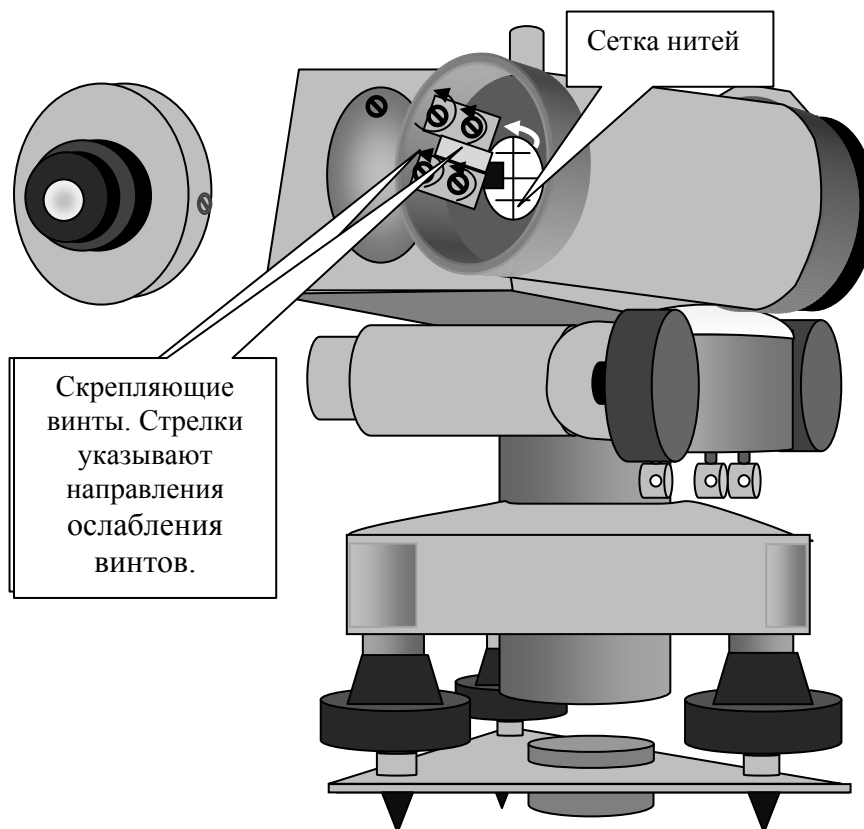


Рис. 75. Исправление вертикальности сетки нитей

Для контроля поверку повторяют.

*Поверка №3. Ось цилиндрического уровня должна быть параллельна визирной оси трубы (рис. 76).*

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.

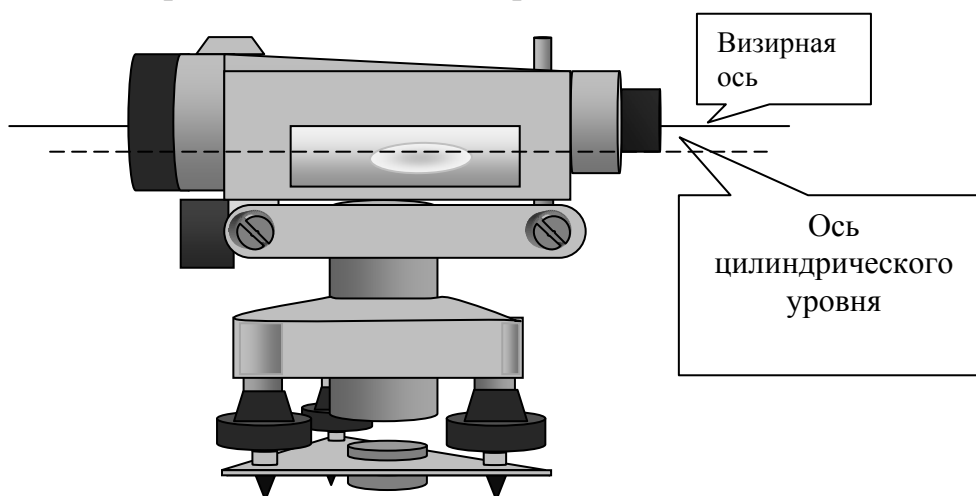


Рис. 76. Параллельность оси цилиндрического уровня и визирной оси трубы

Устанавливают нивелир в первой точке (точка А) так, чтобы окуляр находился над колышком (рис. 77).

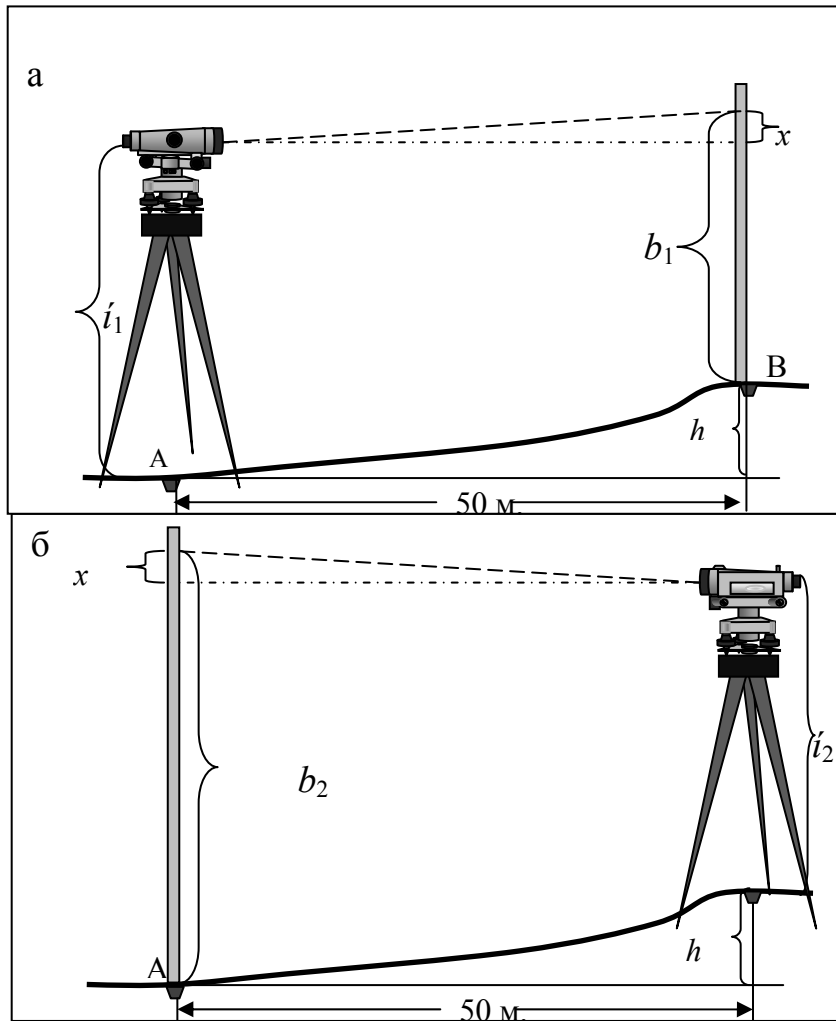


Рис. 77. Схема поверки оси цилиндрического уровня

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.77 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. 77,б).

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

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.74). Например:  $X = 10$  мм, тогда  $b_2 = 1750$ ,  $b = 1750 - 10 = 1740$

После проведенных исправлений поверка повторяется.

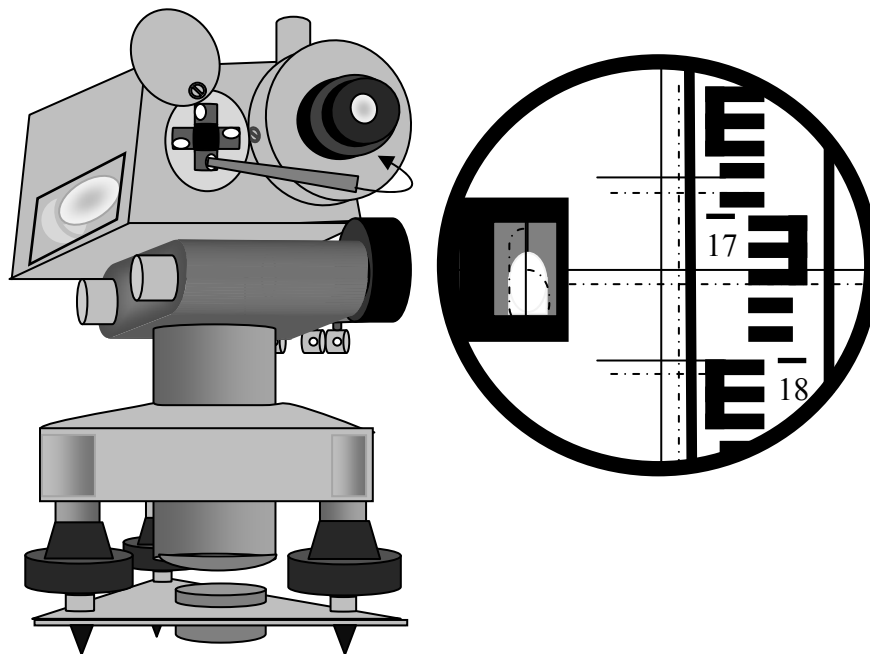


Рис. 78. Исправления положения оси цилиндрического

### Контрольные вопросы

1. К какому типу нивелиров относится нивелир Н-3?
2. Назовите основные элементы нижней, не крутящейся части нивелира?
3. Каково назначение элевационного винта?
4. Для чего служит круглый уровень?
5. Что такое кремальера?
6. Когда можно утверждать, что пузырек цилиндрический уровня находится в нульпункте?
7. Перечислите последовательность установки нивелира в рабочее положение?
9. Что такое высота прибора?
10. Для чего нужен наводящий винт?
11. Какова цель поверок нивелира?
12. Каково условие первой поверки?
13. Что проверяется при проведении второй поверки?

14. Как выполняется третья поверка?
15. Что достигается при юстировках нивелиров?
- 16.

### 3.4. 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.

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

Измеряется высота прибора  $i$  (рис.79). Рейка устанавливается над точкой, отметку которой необходимо определить. Нивелир наводится на рейку и берется отсчет  $b$ . Превышение  $h$  находится по формуле:  $h = i - b$ . Абсолютная отметка точки В находится по формуле:  $H_B = H_{P\Pi} + h$  (рис.80).

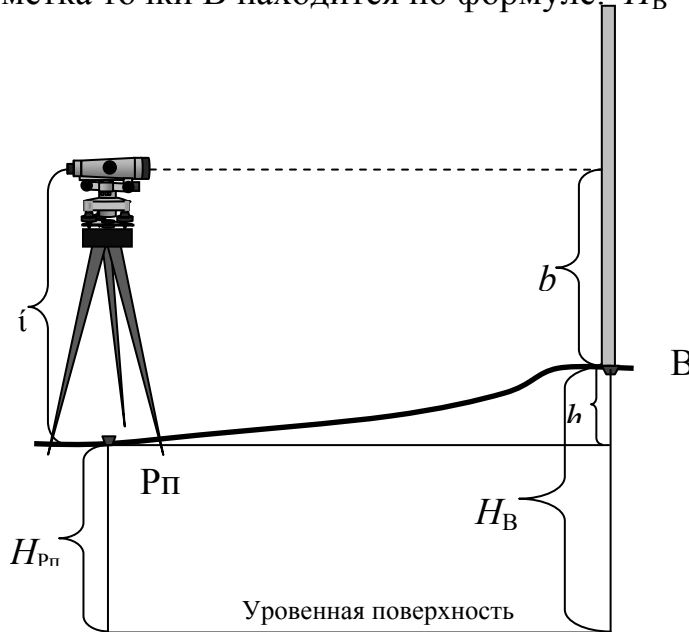


Рис. 80. Схема нивелирования способом

Горизонтальное проложение (рис. 60), является проекцией измеряемой линии на местности, на плоскость,  $d = D \cdot \cos \gamma$ . Если угол наклона меньше или равен  $2^\circ$ , то поправка за наклон не вносится и  $D = d$ .

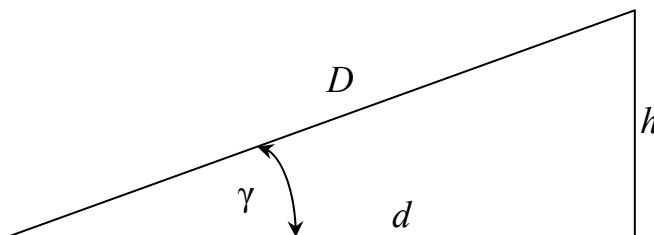


Рис. 80. Соотношение горизонтальных проложений ( $d$ ) и длин сторон ( $D$ )

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

*Нивелирование из середины.* Нивелирование из середины, является наиболее применяемым способом геометрического нивелирования, которое производится горизонтальным лучом визирования, параллельным уровенной поверхности (рис. 81). При этом способе, нивелир устанавливается между двумя точками, примерно на равном расстоянии от них. Известна абсолютная отметка т. А:  $H_A$  (рис.81). 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 В и берем отсчеты по черной ( $b_ч$ ) и красной ( $b_{кр}$ ) сторонам рейки. Эти отсчеты называются взгляд вперед. Как видно из рис.81, превышение между точками А и В равно:  $h = a - b$ , т.е. взгляд назад минус взгляд вперед. Для предотвращения ошибок, вычисляем среднее превышение, между разницей отсчетов по черным и красным сторонам реек. Разница между двумя значениями  $h$ , не должна превышать 5 мм:

$$\begin{aligned} h_1 &= a_ч - b_ч; \\ h_2 &= a_{кр} - b_{кр}; \\ h_{ср} &= (h_1 + h_2)/2. \end{aligned}$$

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

*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  $\Gamma\Pi = H_A + a$  (рис. 81), абсолютной отметке точки плюс отсчет по черной стороне рейки, установленной на этой точке.

Например: необходимо определить абсолютную отметку точки С, расположенную между точками А и В (рис.81). Вычисляем горизонт прибора по формулам:

$$\begin{aligned} \Gamma\Pi 1 &= H_a + a \\ \Gamma\Pi 2 &= H_b + b \\ \Gamma\Pi_{ср} &= (\Gamma\Pi 1 + \Gamma\Pi 2)/2 \end{aligned}$$

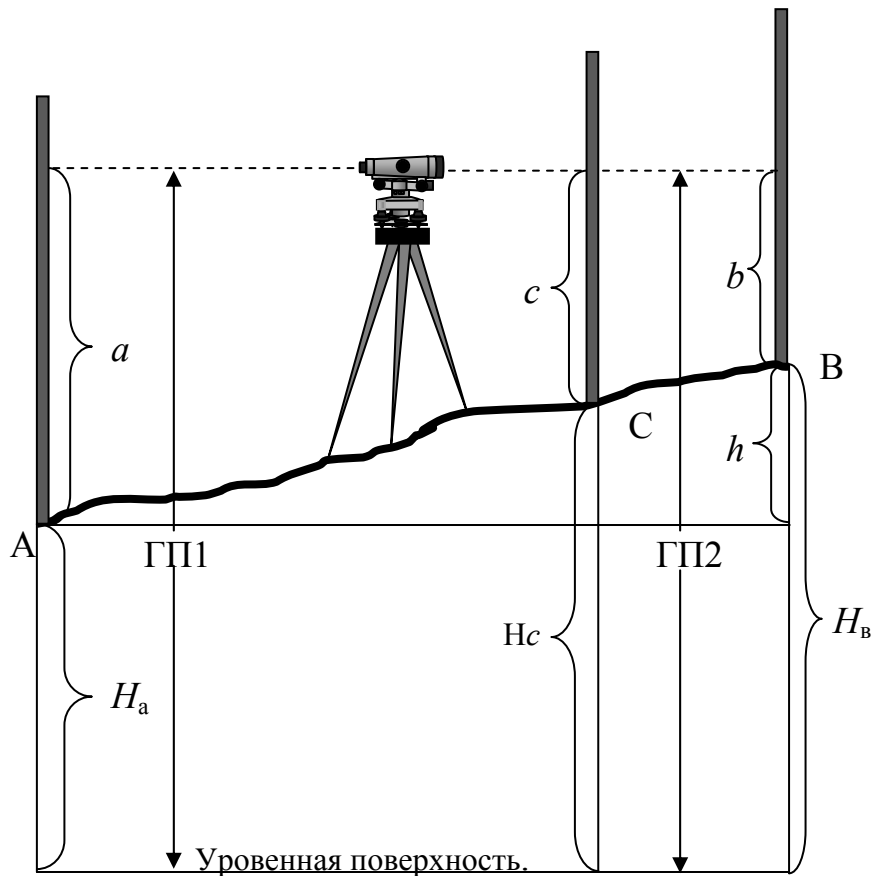


Рис.81. Схема геометрического нивелирования способом из середины.

Разница между двумя значениями ГП не должна превышать 5 мм.

Устанавливаем рейку на точку С и берем отсчет по черной стороне, получаем отсчет  $c$ . Абсолютная отметка точки С равна:  $H_c = ГП_{ср} - c$ .

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.



## Глава 4. ГЕОДЕЗИЧЕСКИЕ РАБОТЫ ПРИ ЛЕСОУСТРОЙСТВЕ

### 4.1. Понятие о лесоустройстве

*Лесоустройство* – территориально-пространственная организация лесов для их рационального использования.

Согласно общепринятому определению, Лесоустройство – комплекс работ по организации лесного фонда, описанию (таксации леса), учёту и изучению лесов, разработке проектов ведения лесного хозяйства на перспективный период. Лесоустройство включает в себя систему мероприятий, направленных на обеспечение рационального ведения хозяйства и пользования лесным фондом, эффективного воспроизводства, охраны и защиты лесов, осуществление единой научно-технической политики в лесном хозяйстве.

В лесоустройство входят следующие лесоустроительные действия:

- определение и восстановление юридически установленных границ и внутривладельческой организации территории лесного фонда, находящегося во владении лесхозов, сельскохозяйственных организаций, военных лесхозов и военных лесничеств, государственных природных заповедников, национальных парков, учебных лесхозов государственных высших учебных заведений;
- выполнение топографо-геодезических работ и специального картографирования лесов;
- инвентаризация лесного фонда с определением породного и возрастного состава насаждений с произрастанием реликтов и особо защитных участков;
- выявление участков лесного фонда, нуждающихся в проведении рубок главного пользования, рубок и лесоразведению, мелиорации, а также охране и защите лесов и других хозяйственных мероприятий и определение порядка и способов их проведения;
- обоснование отнесения лесов к группам и категориям защитности и подготовка предложений по переводу лесов из одной группы или категории защитности в другую, перевод непокрытых лесом земель в покрытые –нелесные – в лесные;
- исчисление расчетных лесосек, рубок главного пользования, размеров рубок промежуточного пользования;
- определение объемов мероприятий по восстановлению лесов и лесоразведению, охране лесов от пожаров, защите их от вредителей и болезней, а также объемов других лесохозяйственных работ;
- определение размеров побочных лесных пользования и заготовки второстепенных лесных материалов, размеров пользования лесным

фондом для нужд охотничьего хозяйства, в культурно-оздоровительных, туристических и спортивных целях;

- лесобиологические и другие обследования и изыскания;
- государственный контроль за использованием, воспроизводством, охраной и защитой лесов; авторский надзор за осуществлением разработанных при лесоустройстве проектов, а также иные лесоустроительные действия.

Лесоустройство на всей территории лесного фонда РФ проводится государственными лесоустроительными организациями федерального органа управления лесным хозяйством. Ведение лесного хозяйства без проведения лесоустройства запрещается. По материалам лесоустройства для владельцев лесного фонда составляются проекты, в которых дается комплексная оценка ведения лесного хозяйства и пользования лесным фондом за прошедший период, разрабатываются основные положения организации и развития лесного хозяйства. Указанные проекты и другие материалы лесоустройства утверждаются в порядке, устанавливаемом, федеральным органом управления лесным хозяйством и являются, обязательными нормативно-техническими документами для ведения лесного хозяйства, прогнозирования, перспективного и текущего планирования пользования лесным фондом и финансирования лесохозяйственных работ.

Для удобства ведения лесного хозяйства вся территория, занимаемая лесом, делится на более мелкие участки, которые привязывают к геодезическим пунктам государственной геодезической сети. Такая работа называется организацией территории.

Важной частью этой работы является разделение леса на кварталы, которое проводится в соответствии с проектом организации каждого лесничества, входящего в лесное хозяйство. Размеры квартальной сети принимаются в зависимости от разряда лесоустройства и конкретных условий местности.

Установлено три разряда лесоустройства, которые определяются гос. органами лесного хозяйства.

К разряду I лесоустройства относят: памятники природы; леса, имеющие научное и историческое значение; особо ценные лесные массивы; городские леса, леса национальных и природных парков; леса курортов; лесоплодовые насаждения.

К разряду II относят: зелёные зоны объектов с низкой интенсивностью ведения лесного хозяйства, участки в лесах при полном использовании расчётной лесосеке.

К разряду III относят: притундровые леса, леса групп II и III с избытком спелых насаждений, намечаемые к освоению не позже чем через 20 лет.

Полный цикл лесоустроительных работ состоит из трёх периодов: подготовительного, полевого и камерального. При Лесоустройстве используются материалы аэрофотосъёмки, измерительные и дешифровочные приборы, счётно-вычислительная и картографическая техника. В целях систематического контроля за динамикой лесных ресурсов через каждые 4-5 лет проводится единовременный учёт лесного фонда, основывающийся на материалах Лесоустройства с внесением в них происшедших изменений.

## 4.2 Геодезические работы при подготовке к лесоустройству

Подготовительные работы выполняют лесоустроительными партиями за год до проведения полевых лесоустроительных работ, и направлены на решение организационно-технических вопросов и выполнение отдельных мероприятий, необходимых для лучшей организации и качественного проведения полевых работ.

В состав подготовительных работ входят:

- изучение существующих границ устраиваемого объекта, его административно-хозяйственных единиц и подготовка предложений по их изменению;
- анализ существующего деления территории устраиваемого объекта на группы лесов и категории защитности и подготовка предложений по его совершенствованию;
- уточнение границ лесосырьевых и потребительских баз, лесосечного фонда долгосрочного пользования;
- составление проекта квартальной и визирной сети;
- сбор и оценка полноты имеющихся таксационных, геодезических, плано-картографических и аэрофотосъёмочных материалов.

Собираются и изучаются многие другие сведения, необходимые для составления проекта задания на лесоустройство. Технической основой лесоустроительных работ являются материалы аэрофотосъёмки.

Масштаб аэрофотоснимков принимается в зависимости от разряда лесоустройства: для I, II – 1: 10000, III – 1: 15000. Если на снимаемой площади находятся леса, устраиваемые по разным разрядам, требующим аэрофотоснимки различных масштабов, то масштаб съёмки принимают по преобладающей площади лесоустройства.

На полевых работах используют только аэроснимки, по которым составляют фотоабрисы, опознают границы, просеки и ходовые линии. Они помогают лучше ориентироваться в лесу при выполнении лесоустроительных работ, а также при составлении планшетов и других картографических материалов.

В период подготовительных работ производят сбор геодезических данных и картографических материалов и оценку их качества. Полученные материалы тщательно изучают. При обнаружении грубых погрешностей в геодезических данных по границам смежных землепользователей создают совместные комиссии из заинтересованных организаций и производят проверку в натуре. Уточненную площадь земель объекта лесоустройства сверяют с данными государственного учёта лесов и земельным кадастром. После устанавливается возможность использования собранного материала и определяют метод составления новых планшетов. В подготовительный период составляют проект квартальной и визирной сети. Он разрабатывается отдельно по каждому лесничеству в масштабе плана лесонасаждений на основе картографических материалов прежнего лесоустройства и материалов аэрофотосъёмки. Размеры кварталов должны соответствовать установленным разрядам лесоустройства. В качестве квартальных просек (границ) могут быть использованы различные дороги, реки и т.д.

Квартальная сеть и нумерация кварталов проводят в пределах лесничеств с северо-запада на юго-восток. В равнинной местности проектируют прямоугольную квартальную сеть с прокладкой просек с севера на юг и с востока на запад относительно истинного меридиана.

Таксационные визиры располагают параллельно квартальной сети. Взамен визиров могут быть использованы дороги, тропы, трассы, линии связи и электропередачи и другие просеки, если они обеспечивают проведение таксации леса в соответствии с требованиями лесоустройства.

#### **4.3 Геодезические работы при организации территории и подготовке к лесотаксационным работам**

Лесоустройство связано с выполнением разнообразных геодезических измерений, производством аэрофотосъёмок, проектированием лесоустроительных работ и выносом проекта в натуре.

Целью геодезических работ при лесоустройстве является восстановление границ объекта лесоустройства, съёмка планшетных рамок, границ ценных выделов, дорог, троп и других линейных элементов, используемых в качестве таксационных ходов.

Восстановление окружных границ объекта лесоустройства производят по имеющимся старым материалам, а при их отсутствии выполняют необходимые геодезические измерения с использованием теодолита, мерных лент и других приборов.

Съемочно-геодезические работы с воздуха существенных отличий от технологии наземной лесоинвентаризации не имеют. При съёмке планшетных рамок измерение горизонтальных углов и восстановление границ производят с точностью не ниже 1', а внутренней ситуации 10'. Длины линий измеряют лентами в одном направлении с округлением результатов до 0,1 м. Для таксационных целей производится промер и прочистка квартальной и визирной сети и оформление их лесоустроительными знаками. Границы и квартальные просеки прорубают или прочищают на ширину 0,5м, визирные 0,3м. При этом крупные деревья, находящиеся на линии вешения, не срубаются, а их обходят способом параллельного вешения по перпендикулярам к основной линии или направлению линии задаётся вновь инструментально. Направление прорубки проверяют по заданному румбу, и при отклонении линии более чем на 2 градуса она прорубается заново. Измерение длин просек, визиров и других линий, используемых в качестве таксационных ходов, осуществляется только в пределах одного квартала. Сквозной (непрерывный) промер линий, проходящих через несколько кварталов, запрещён. Промер ломаных линий (дорог, троп, различных трасс) производят между углами поворотов, которые закрепляют пикетными кольями. Измерение расстояний выполняют мерной лентой в одном направлении, при этом пикетные кольца устанавливают через 100 м при I, II и 200м при -III разряде лесоустройства. Если на объекте лесоустройства по его границам сохранились межевые знаки, то промер граничных линий производят между ними. Точность измерения длин линий при лесоустройстве должна быть не менее 1: 500 для I, II; 1: 300 – для III разряда.

При организации лесоустройства и лесного хозяйства устанавливается большое число различных знаков. По назначению знаки делят на следующие типы: столбы квартальные, квартальные указательные, граничные хозяйственные, визирные, визирные указательные на пробных площадях, внутренней ситуации лесосечные (деляночные), на площадях лесовосстановительных мероприятий, кольца пикетные и для закрепления центров площадок при измерительно-перечислительной таксации, обследовании естественного возобновления лесных культур.

При выполнении съемочно-геодезических работ техник отмечает на обратной стороне аэрофотоснимков хорошо заметные ориентиры и границы таксационных выделов с указанием преобладающей породы и ее возраста.

Наземную глазомерную таксацию в сочетании с измерительными методами выполняют лишь по части квартальных просек и во всех выделах, дешифрирование которых затруднено или невозможно, в молодняках I и II классов возраста, лесных культурах и на не покрытых лесом землях. Таксатор-дешифрировщик намечает таксационные маршруты с таким рас-

четом, чтобы при минимальной их протяженности таксацией была охвачена большая часть просек и выделов внутри квартала, дешифрирование которых затруднительно.

Наземными методами изучают выборочно естественное возобновление и подрост под пологом леса и на не покрытых лесом землях, обследуют лесные культуры, санитарное состояние и товарность лесного фонда, а также наличие сырьевой базы побочных пользования. Значительные объемы перечислительной таксации выполняют с целью обеспечения контроля за точностью дешифрирования. Камеральное лесотаксационное дешифрирование аэрофотоснимков на современном этапе сочетает в себе элементы фотограмметрических измерений с глазомерно-стереоскопическим определением ряда характеристик и параметров дешифрируемых насаждений. Таксационное дешифрирование начинают с установления границ таксационных выделов при тщательном анализе аэрофотоснимков под стереоскопом. Основываясь на различиях в составе, высоте, форме и размерах крон, сомкнутости полога, условиях местопроизрастания и на других особенностях дешифрируемых насаждений, площади разграничивают на однородные в таксационном отношении участки.

Определение таксационных характеристик дешифрируемых насаждений начинают с установления формулы состава. Составляющие насаждение древесные породы распознают глазомерно или сравнением изображения на аэрофотоснимках со стереограммой аналогичным или близким по составу выделом, подобранным из фототеки стереопар типичных насаждений.

Среднюю высоту древостоя определяют по разности продольных параллаксов, которую измеряют с помощью стереоприборов; измерения повторяют дважды. Если разница между отсчетами не превышает  $\pm 0,05$  мм, из двух отсчетов вычисляют среднее значение и по нему определяют среднюю высоту древостоя. При разнице больше  $\pm 0,05$  мм измерения повторяют и выясняют причины недопустимых отклонений в отчетах.

В отдельных случаях (для малопредставленных в составе пород и при слабой просматриваемости земной поверхности) высоту определяют глазомерно-стереоскопически или с использованием модальных соотношений высот составляющих пород. Высота сопутствующих пород может быть установлена и путем определения (измерения) разности между их высотой и высотой преобладающей породы. Аналогично определяют и высоту преобладающей породы в насаждениях, имеющих высокую степень сомкнутости полога, если известна или может быть измерена высота деревьев в смежных выделах. Но это допустимо лишь на равнинной местности.

Средний диаметр древостоев элементов леса на высоте 1,3 м устанавливают по графикам, номограммам, таблицам и уравнениям на основе зависимостей его от средней высоты, среднего диаметра кроны и от других таксационных и дешифровочных показателей. Важнейшие условия правильного определения возраста знание особенностей дешифрируемого массива, качественная таксационно-дешифровочная тренировка исполнителей.

Кроме того, зачастую на значительных территориях распространены разновозрастные насаждения или изменение их возраста вызвано какими-либо природными явлениями; знание этого облегчает дешифрирование и повышает точность. В повторно устраиваемых объектах, если достаточно точны таксационные материалы прошлого лесоустройства, возраст при дешифрировании определяют по прошлому таксационному описанию, прибавляя период между двумя лесоустройствами.

Очередность дешифрирования типов леса, и возраста как взаимосвязанных показателей зависит от конкретных условий. В первую очередь определяют показатель, который в данных условиях дешифрируется наиболее уверенно. Полноту насаждения при лесотаксационном дешифрировании устанавливают преимущественно глазомерно на основе стереоскопического анализа изображения полого насаждения на аэрофотоснимках, с учетом приобретенных в процессе таксационно-дешифровочных тренировок навыков и знаний о строении насаждения или с использованием взаимосвязи между сомкнутостью полого и таксационной полнотой. При анализе обращают внимание на соотношение видимых и невидимых на аэрофотоснимках деревьев, просматриваемость полого в глубину, состав и возраст насаждения; для придержки используют стереограммы из фото-теки типичных выделов. От точности определения полноты (как и состава, и высоты) зависит точность определения запаса насаждения. Запас на 1 га устанавливают расчетным путем по подобранным для объекта стандартным таблицам запасов или по местным таблицам хода роста с учетом состава, высоты и относительной полноты насаждения на выделе и после окончательной увязки всех таксационных показателей. По комплексу прямых и косвенных признаков при дешифрировании определяют также все основные характеристики не покрытых лесом и нелесных площадей. Сплошные вырубki опознают на аэрофотоснимках без особых затруднений по геометрическим контурам площадей, наличию семенников, и других признаков, характерных для лесозаготовительного процесса.

#### 4.4 Геодезические работы при инвентаризации лесных массивов

Инвентаризация лесов представляет собой мероприятия по проверке состояния лесов, их количественных и качественных характеристик.

Инвентаризация лесов проводится в целях:

- своевременного выявления и прогнозирования развития процессов, оказывающих негативное воздействие на леса;
- оценки эффективности мероприятий по охране, защите, воспроизводству лесов;
- информационного обеспечения управления в области использования, охраны, защиты, воспроизводства лесов, а также в области государственного лесного контроля и надзора.

Идея инвентаризации лесов, их описания имела место уже во времена Петра Первого. Лесное хозяйство невозможно вести, не имея полного представления о лесе: его запаса, видовом составе, товарности и других показателях. Лес – система динамичная, т.е. она находится в постоянном изменении и поэтому существует постоянная потребность иметь данные за определенный период времени. Под лесным массивом понимают значительную целостную территорию леса, имеющую естественные границы (реки, озёра, холмы, горы и др.) или граничащую на большом протяжении с другими угодьями или населёнными пунктами. Если лесной массив закреплён за лесным предприятием, то он составляет его лесной фонд. Лесной массив может занимать территорию от нескольких сотен до нескольких тысяч гектаров, которая разделяется на лесную и нелесную площади. К нелесной площади относят участки, непригодные для выращивания леса, без проведения на них специальных работ, а к лесной – участки земли, пригодные и предназначенные для выращивания леса; они могут быть покрыты или не покрыты лесом. Информационные технологии позволяют иметь такие данные близкие к режиму реального времени, что позволяет оперативно управлять отраслью.

Инвентаризация лесов периодически проводится специальными проектными организациями один раз в 10 лет. На основании материалов инвентаризации составляется проект ведения лесного хозяйства на 10 лет.

При инвентаризации территорию каждого лесного квартала разделяют на таксационные выделы – первичные лесохозяйственные учётные единицы. Инвентаризация лесов начинается с проведения с самолета аэрофото-съемки, которая значительно упрощает проведение работ по инвентаризации. На аэрофотоснимках достаточно хорошо просматриваются лесные участки (выделы), в каждый из которых на местности должен зайти таксатор и сделать подробное таксационное описание выдела. Таксационный выдел – участок лесной или нелесной земли, однородный по такса-



ционной характеристике и хозяйственному назначению, на всей площади которого необходимы одинаковые лесохозяйственные мероприятия. Каждый таксационный выдел изображается в своих границах на картографических документах (планшетах и планах лесонасаждений).

Размеры таксационных выделов зависят от разряда лесоустройства. Средние их значения колеблются от 3...15 га при I и II и до 16...33 га – при III разряде лесоустройства. Для удобства таксации и более точного определения мест положения выделов в квартале прорубают визиры. В местах пересечения визиров с просеками и границами устанавливают визирные столбы, на «щеках» которых римскими цифрами обозначают номер визиров. Здесь же предлагаются конкретные хозяйственные мероприятия, направленные на улучшение роста, сохранности, усиления защитных свойств и т.д. При проведении инвентаризации уточняются границы лесных массивов, определяется группа лесов, и категория в которую будут входить те или иные участки леса. При отсутствии аэроснимков границы выделов определяют с помощью геодезических приборов методом засечек по ходовым линиям или выполнением угломерной съёмки. Метод засечек состоит в том, что таксатор, имея абрис, вычерченный на миллиметровой бумаге, где изображены просеки, визиры, дороги, отмечают места перехода от одного выдела к другому, т.е. точки границы выделов. Полученные точки засечек соединяют пунктирными линиями, которые и образуют контур выделов. Границы выделов при данном методе получаются прямолинейными, хотя в действительности это не так, что погрешность составляет в данном случае около 5%.

Угломерная съёмка применяется при инвентаризации ценных лесных массивов или небольших площадей. Границы выделов определяют с использованием геодезических приборов – теодолита, дальномера или буссоли.

Использование аэрофотоснимков при таксации леса значительно повышает производительность труда, на 20..25% уменьшает затраты инженерно – технических работников и на 40..60% – рабочих.

По результатам полевых изысканий составляется таксационное описание, в котором дана характеристика каждому выделу, составляются также картографические материалы: план лесонасаждений, планшеты, различные схемы. Кроме базового лесоустройства, для оперативного руководства работой лесного предприятия проводится непрерывное лесоустройство, что позволяет в срочном порядке вносить все изменения происходящие в лесном хозяйстве.

Умение пользоваться данными инвентаризации лесного фонда позволяют грамотно эксплуатировать лесной фонд.

## 4.5 Геодезические работы при отводе лесосек

*Лесосека* – участок леса, ограниченный визирами, лесосечными знаками или естественными рубежами, отведённый для рубок главного или промежуточного пользования. Она может иметь различную форму и размеры, которые устанавливаются в зависимости от группы леса, режима лесопользования, растительных условий и преобладающих пород леса. Ширина лесосек может быть 100..1000м, а длина до 2000м. Например, в лесах II группы в сосняках принимается ширина в 100 м., а в мягко-лиственных древостоях 250 м., соседние лесосеки намечаются к рубке не раньше, чем закончится срок примыкания по правилам рубок. Отвод лесосек лесные хозяйства производят в весенне-осенний период за два года до начала рубок главного пользования и за год – рубок ухода. Для рациональной организации лесозаготовительных работ лесосеки разбивают на делянки. Ширину делянки принимают равной половине ширины лесосеки, а длину 200...300м. Отвод лесосек – это комплекс работ связанный с рубкой леса. Отводу лесосек предшествуют подготовительные работы, которые начинаются с составления плана отвода лесосечного фонда по лесничеству по различного вида рубкам леса. План отвода оформляется в виде ведомости, которая рассматривается и утверждается в лесхозе.

Для составления плана рубок используются следующие материалы:

- сведения о расчетной лесосеке по хозчастям, хозсекциям, преобладающим породам;
- данные о средних бонитетах, полнотах и товарной структуре эксплуатационного фонда по хозсекциям, преобладающим породам;
- таксационные описания;
- сведения о размещении площадей действующей и проектируемой подсочки;
- материалы о размещении и проекте строительства лесовозных и других дорог;
- правила рубок главного пользования и правила отпуска древесины.

Постепенные и выборочные рубки проектируются по выделам. Размещение по выделам не вызывает особых затруднений. Трудности возникают при размещении лесосек. Это размещение должно отвечать трем основным требованиям.

1. Сумма площадей и запасов выделов по преобладающим породам и хозсекциям на каждый год не должна существенно отличаться от соответствующих величин в расчетной лесосеке; на 5...10 лет назначенные в рубку древостои должны соответствовать принятой расчетной лесосеке; средние бонитеты и полноты намеченных в рубку древостоев должны

совпадать с соответствующими средними данными в эксплуатационном фонде по хозсекциям.

2. Ширина лесосек, сроки их примыкания и другие элементы рубки должны соответствовать утвержденным правилам рубок.

3. При размещении лесосек нужно учитывать имеющуюся и проектируемую сети дорог, пункты вывозки древесины и другие условия.

При отводе лесосек должна соблюдаться определенная очередность. Намеченные под рубку площади отграничиваются в натуре визирами с постановкой на углах поворота столбов, с последующей привязкой участка к квартальной сети. Углы лесосек (делянок) отмечают установкой деревянных столбов высотой 130см и диаметром 16см, и закапывают на глубину 70см. Щека с надписью направляется в сторону участка, гребень столба – к середине участка. На столбах указывают номер квартала – номер выдела, мероприятие – год, в пределах одного квартала, то устанавливают один столб с соответствующим числом щёк (окон), на которых делают соответствующие надписи. По собранным материалам составляют чертежи лесосек, которые хранятся в лесничестве и лесном хозяйстве. Измерение углов границ лесосеки производится с помощью теодолита или буссоли, а промер линий - дальномером или мерной лентой. Погрешности при измерении углов не должны превышать 30', а измерения длин линии - 1: 300. Затем на отведенной лесосеке производят перечет всех деревьев, начиная с 8 сантиметровой ступени с подразделением деревьев на деловые, полуделовые и дровяные. По данным перечета производится материально-денежная оценка по специальной ведомости. Данные материально-денежной оценки дают представление о выходе древесины по крупности.

Цена зависит от древесной породы и от расстояния вывозки – чем больше расстояние вывозки, тем ниже таксовая стоимость.

По ведомости материально–денежной оценки выписывается лесорубочный билет. Древесина должна отпускаться лесопользователю по определенным правилам. Проверку работ по отводу и таксации лесосек проводят как в процессе выполнения работ, так и после их окончания. Проверка производится по позициям: расхождению запаса, соблюдению лесоводственных правил рубки, качеству отвода, правильному установлению разряда высот, наличию арифметических ошибок и по другим показателям. Лесничество набирает необходимое число лесосек на первый год так, чтобы запасы по преобладающим породам и другие данные соответствовали расчетной лесосеке. Затем набирают лесосеки на второй и следующие годы.

Не включаются в рубку древостои, где не закончена подсочка.

## Контрольные вопросы

1. Что называется лесоустройством?
2. Что называется лесосека?
3. Порядок действий при лесоустройстве.
4. Цели инвентаризации лесных массивов?
5. Порядок геодезических работ при организации территории к лесотаксации.
6. Что называется лесотаксацией?
7. Порядок геодезических работ при инвентаризации лесных массивов.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Громада Э.К. Топографическая карта. Решение задач по карте при проектировании зданий и сооружений: учеб.-метод. пособие. – Пенза: ПГУАС, 2006с. – 80 с.
2. Золотова Е.В. Геодезия с основами кадастра / Е. В. Золотова, Р.Н. Скогорева. – М: Академический Проект; Трикста,2011.– 413с.
3. Левчук Г.П. Прикладная геодезия: Основные методы и принципы инженерно-геодезических работ: учебник для вузов / Г.П. Левчук, В.Е. Новак, В.Г. Конусов. // Под ред. Левчука Г.П. – М.: Недра, 1981. – 438с.
4. Неумывакин Ю.К. Практикум по геодезии / Ю.К.Неумывакин. – М.: КолосС, 2008. – 318 с.
5. Перфилов В.Ф. Геодезия / В.Ф. Перфилов, Р.Н. Скогорева, Н.В. Усова. – Высшая школа, 2006 г. – 350 с.
6. Поклад Г.Г. Геодезия / Г.Г. Поклад, С.П. Гриднев. – Академический проект, 2008 г. – 592 с.
7. Условные знаки М 1:10000. – М.: Геостройизыскания, 2000. Внутри вузовские издания.
8. Пономаренко В. В. Мультимедийный курс лекций по геодезии [Текст] /В.В. Пономаренко. – Пенза: ПГУАС, 2013.
9. Пономаренко В.В. Теодолит 4Т30 [Электронный ресурс]: мультимедийное, учеб.-метод. пособие / В.В.Пономаренко, К.В.Краснов, М. С. Загарина. – Пенза: ПГУАС, 2011.
10. Пономаренко В.В. Нивелир Н – 3[Электронный ресурс]: мультимедийное, учеб.-метод. пособие / В.В. Пономаренко, К.В. Краснов, М.С. Загарина. – Пенза: ПГУАС, 2011.
11. Пономаренко В.В. Измерение площадей по топографическим картам и планам [Электронный ресурс]: мультимедийные методические указания к лабораторным занятиям/В.В. Пономаренко.– Пенза: ПГУАС, 2012.

## ОГЛАВЛЕНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ .....	3
ВВЕДЕНИЕ .....	4
Глава 1. ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ ГЕОДЕЗИИ.	
ЗЕМЛЯ ЕЕ ФОРМА И РАЗМЕРЫ .....	5
1.1. Виды планово-картографических материалов .....	5
1.2. Понятие о детальности и полноте планово-картографического материала.....	12
1.3. Картографические условные знаки .....	14
1.3.1. Классификация условных знаков .....	14
1.3.2. Условные знаки местных предметов.....	18
1.3.3. Гидрография (водные объекты).....	24
1.3.4. Почвенно-растительный покров.....	26
1.3.5. Цвета топографических условных знаков .....	29
1.3.6. Надписи на топографических планах и картах .....	30
1.4. Масштабы.....	32
1.5. Системы координат.....	36
1.5.1. Пространственные прямоугольные координаты .....	38
1.5.2. Геодезические координаты .....	39
1.5.3. Прямоугольные координаты.....	42
Глава 2. ОРИЕНТИРОВАНИЕ ЛИНИЙ.	
РЕШЕНИЕ ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ ЗАДАЧ НА ТОПОГРАФИЧЕСКОЙ КАРТЕ.....	46
2.1. Углы ориентирования .....	46
2.2. Определение координат точек, дирекционных углов и длин сторон полигона аналитическим способом .....	51
2.2.1. Определение прямоугольных координат точек аналитическим способом.....	51
2.2.2. Определение дирекционных углов и длин линий аналитическим способом.....	52
2.3. Измерение площадей участков земной поверхности .....	54
2.3.1. Графо-аналитический способ.....	54
2.3.2. Аналитический способ.....	56
2.3.3. Механический способ .....	57
2.4. Точность положения контурных точек на планах. Точность изображения расстояний, направлений, площадей, превышений и уклонов на планах и картах .....	61

Глава 3. ГЕОДЕЗИЧЕСКИЕ ПРИБОРЫ .....	65
3.1. Точные и электронные теодолиты.....	65
3.1.1. Классификация теодолитов .....	65
3.1.2. Точные теодолиты.....	65
3.1.3. Электронные теодолиты. Теодолит VegaТЕО – 5В/20В .....	70
3.1.4. Технические теодолиты. Теодолит 4Т30П .....	77
3.2. Измерение углов и дальномерных расстояний .....	87
3.2.1. Определение магнитного азимута .....	88
3.2.2. Измерение горизонтального угла .....	89
3.2.3. Измерение вертикального угла .....	91
3.2.3. Определение расстояний по нитяному дальномеру .....	92
3.3. Классификация нивелиров .....	93
3.3.1. Нивелиры с компенсаторами .....	94
3.3.2. Поверки и юстировки нивелиров с компенсаторами .....	96
3.3.3. Лазерные нивелиры. Нивелир НЛ30 .....	97
3.3.4. Технический нивелир Н – 3.....	102
3.4. Геометрическое нивелирование.....	110
Глава 4. ГЕОДЕЗИЧЕСКИЕ РАБОТЫ ПРИ ЛЕСОУСТРОЙСТВЕ .....	113
4.1. Понятие о лесоустройстве .....	113
4.2. Геодезические работы при подготовке к лесоустройству .....	115
4.3. Геодезические работы при организации территории и подготовке к лесотаксационным работам.....	116
4.4. Геодезические работы при инвентаризации лесных массивов .....	120
4.5. Геодезические работы при отводе лесосек.....	122
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК .....	125

Учебное издание

Денисова Екатерина Сергеевна  
Пономаренко Вячеслав Витальевич

## **ГЕОДЕЗИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ЛЕСОЗАГОТОВИТЕЛЬНЫХ ПРОИЗВОДСТВ**

Учебное пособие по направлению подготовки  
35.03.02 «Технология лесозаготовительных  
и деревоперерабатывающих производств»

В авторской редакции  
Верстка Т.Ю. Симутина

---

Подписано в печать 26.05.16. Формат 60×84/16.  
Бумага офисная «Снегурочка». Печать офсетная.  
Усл.печ.л. 7,44. Уч.-изд.л. 8,0. Тираж 80 экз.  
Заказ № 333.

---



---

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