

И. Ю. ЛЕВИЦКИЙ, Е. М. КРОХМАЛЬ,
А. А. РЕМИНСКИЙ

ГЕОДЕЗИЯ
С ОСНОВАМИ
ЗЕМЛЕУСТРОЙСТВА

И. Ю. ЛЕВИЦКИЙ, Е. М. КРОХМАЛЬ,
А. А. РЕМИНСКИЙ

ГЕОДЕЗИЯ С ОСНОВАМИ ЗЕМЛЕУСТРОЙСТВА

*Допущено Главным управлением высшего
и среднего сельскохозяйственного образования
Министерства сельского хозяйства СССР
в качестве учебного пособия для студентов
высших сельскохозяйственных учебных заведений
по агрономическим специальностям*

ПОД ОБЩЕЙ РЕДАКЦИЕЙ И. Ю. ЛЕВИЦКОГО



МОСКВА ИЗДАТЕЛЬСТВО «НЕДРА» 1977

Левицкий И. Ю., Крохмаль Е. М., Реминский А. А. Геодезия с основами землеустройства. М., «Недра», 1977. 256 с.

Учебное пособие состоит из двух частей. В первой части излагаются предмет и методы геодезии, приводятся общие сведения о форме и размерах Земли. Подробно рассматриваются вопросы ориентирования линий, составления и оформления планов, а также особенности съемок, проводимых для сельскохозяйственных целей.

Описываются основные формы рельефа и способы их изображения, показывается значение рельефа для сельского хозяйства и приводится решение задач по плану с горизонталями.

Освещена сущность глазомерной съемки, рассмотрены основные приемы и техника проведения съемок больших площадей, маршрутные и площадные аэрофотосъемки, используемые при землеустройстве. Описывается сущность составления крупномасштабных сельскохозяйственных сборных планов, карт и атласов.

Во второй части рассматриваются вопросы межхозяйственного и внутрихозяйственного землеустройства и общая методика его проведения.

Учебное пособие предназначено для студентов специальностей «Агрехимия и почвоведение», «Агрономия», «Плодоовощеводство и виноградарство».

Табл. 24, ил. 197, список лит. — 75 назв.

ПРЕДИСЛОВИЕ

На огромной территории нашей страны постоянно ведутся большие геодезические и землеустроительные работы в целях организации рационального использования земельных ресурсов, повышения культуры земледелия и охраны земель.

Эти работы выполняют специалисты — геодезисты и землеустроители. Однако в процессе текущей хозяйственной деятельности при решении разнообразных вопросов, связанных с различными сторонами интенсификации сельского хозяйства, руководители и агрономы колхозов и совхозов, постоянно пользуясь планами и картами, в той или иной мере участвуют в геодезических работах, проводимых на территории сельскохозяйственных предприятий, а при необходимости и самостоятельно выполняют измерения на местности, принимая активное участие в составлении и осуществлении проектов внутрихозяйственного землеустройства колхозов и совхозов.

Именно поэтому в учебные планы специальностей «Агрохимия и почвоведение», «Агрономия», «Плодоовощеводство и виноградарство» включен специальный курс «Геодезия с основами землеустройства», имеющий целью сообщить студентам сведения по геодезии, аэрофотогеодезии, сельскохозяйственной картографии и землеустройству.

Настоящее учебное пособие подготовлено в соответствии с действующей программой курса «Геодезия с основами землеустройства» и состоит из двух частей, первая из которых посвящена геодезическим работам, вторая — основам землеустройства.

Книга написана с таким расчетом, чтобы обеспечить в основном теоретическую подготовку студентов. Весьма ограниченный объем пособия не позволил привести большее количество конкретных примеров и подробно рассмотреть практическую сторону многих вопросов. Предполагается, что на лабораторно-практических

занятиях и во время летней учебной практики студенты будут использовать специальный практикум, дополняющий это пособие.

Главы II—VII, XVI—XX написаны профессором И. Ю. Левицким, которым выполнено и общее редактирование книги, главы I, XIII, XIV, XV — доцентом Е. М. Крохмалем и главы VIII—XII — доцентом А. А. Реминским.

Авторы считают приятным долгом выразить глубокую благодарность профессору доктору технических наук А. В. Маслову и профессору доктору экономических наук Г. И. Горохову за ценные советы, позволившие значительно улучшить содержание книги.

Авторы и издательство будут благодарны читателям, которые пришлют свои отзывы и пожелания, способствующие улучшению учебного пособия, по адресу: 103633, Москва, К-12, Третьяковский проезд, д. 1/19, издательство «Недра».

ЧАСТЬ ПЕРВАЯ

ГЕОДЕЗИЯ

РАЗДЕЛ I
ОБЩИЕ ВОПРОСЫ ГЕОДЕЗИИ

Глава I

ВВЕДЕНИЕ

§ 1. ПРЕДМЕТ И ЗАДАЧИ ГЕОДЕЗИИ. ЗНАЧЕНИЕ ГЕОДЕЗИИ В НАРОДНОМ ХОЗЯЙСТВЕ И ОБОРОНЕ СТРАНЫ, ЕЕ СВЯЗЬ С ДРУГИМИ ОТРАСЛЯМИ ЗНАНИЙ

Геодезия — наука об измерениях на земной поверхности, проводимых с целью изучения формы и размеров Земли, изображения всей Земли или отдельных ее частей на картах, планах и профилях и методов их использования, а также решения различных инженерных задач на местности.

Геодезия *, являясь одной из древнейших наук, в процессе своего развития разделилась на ряд самостоятельных дисциплин.

Высшая геодезия изучает форму и размеры Земли, а также методы высокоточного определения координат точек земной поверхности и изображения их на плоскости.

Геодезия, или топография **, изучает форму и размеры земной поверхности для изображения ее на картах, планах и профилях.

Космическая геодезия изучает геометрические соотношения между точками земной поверхности при помощи искусственных спутников Земли.

Фототопография изучает методы составления карт и планов по фотоснимкам, полученным при фотографировании местности с самолета (аэрофотосъемка) или с земли (наземная фототеодолитная съемка).

Инженерная геодезия изучает комплекс геодезических работ, выполняемых при изысканиях, строительстве и эксплуатации различных сооружений.

Картография изучает методы и процессы создания и использования различных карт.

Геодезия находит широкое применение во всех областях народного хозяйства и в обороне страны.

Большая роль принадлежит геодезии в сельском хозяйстве при ведении государственного земельного кадастра, направленного на организацию эффективного использования земель и их охраны, планирования народного хозяйства, размещения и специализации сельскохозяйственного производства, мелиорации земель и химизации сельского хозяйства, а также осуществления других народнохозяйственных мероприятий, связанных с использованием земель.

* Геодезия [гр. *gē* земля + *daōmai* (*dasomai*) делю на части, разделяю] — наука, изучающая форму и размеры Земли.

** Топография [гр. *topos* место, местность + *grapho* пишу] — наука, изучающая методы съемки местности с целью изображения ее на плане.

Геодезические работы выполняются при образовании новых и упорядочении существующих землепользований с устранением чересполосицы и других неудобств в расположении земель; уточнении и изменении границ землепользований на основе схем районной планировки; внутрихозяйственной организации территории колхозов, совхозов и других сельскохозяйственных предприятий с введением экономически обоснованных севооборотов на пахотных землях и устройством других сельскохозяйственных угодий (сенокосов, пастбищ, садов и пр.), а также при разработке мероприятий по борьбе с эрозией почв; выявлении новых земель для использования в сельском хозяйстве; отводе и изъятии земельных участков; установлении и изменении границ населенных пунктов; проведении топографо-геодезических, почвенных, геоботанических и других обследований и изысканий.

Методы и приемы геодезии используются почвоведомы и геоботаниками, мелиораторами и строителями, агрономами и экономистами и другими специалистами сельского хозяйства.

Для проведения различных мероприятий, необходимых при использовании земли в сельском хозяйстве, требуется изучение земной поверхности путем проведения измерений на ней, вычислительной обработки результатов измерений и составления планов, карт и профилей по ним.

Поэтому в задачу геодезии входит изучение методов:

- геодезических измерений с помощью специальных приборов;
- вычислительной обработки результатов измерений;
- графических построений и оформления планов карт и профилей;
- использования результатов измерений и построений для решения различных задач.

Геодезия как инженерная наука в своем развитии опирается на математику, физику, астрономию и геофизику, тесно связана с географией и геологией, геоморфологией и почвоведением, земледелием и геоботаникой, землеустройственным проектированием и экономикой сельского хозяйства, мелиорацией, дорожным делом и другими науками.

§ 2. КРАТКИЙ ИСТОРИЧЕСКИЙ ОЧЕРК РАЗВИТИЯ ГЕОДЕЗИИ

Геодезия — одна из самых древних наук о Земле. Она развивалась с ростом потребности человека в жилье, делении земельных массивов на участки, строительстве каналов для орошения, осушении земель, строительстве дорог и т. п. За несколько тысячелетий до нашей эры народы Индии, Египта, Греции и других стран вели геодезические работы в целях строительства каналов, возведения сооружений, о чем свидетельствуют производимые раскопки и уцелевшие памятники.

На Руси потребность в измерении земель возникла в очень отдаленные времена, однако сохранившиеся летописи относятся к X и XI векам нашей эры. Геодезические работы продолжались и в последующие века, однако новая эпоха в развитии геодезии наступила лишь после Великой Октябрьской социалистической революции, предоставившей неограниченные возможности для претворения в жизнь творческих замыслов советских людей и развития всех отраслей науки.

Создание советской геодезии связано с именем В. И. Ленина, который 15 марта 1919 г. подписал Декрет об учреждении Высшего геодезического управления, реорганизованного впоследствии в Главное управление геодезии и картографии при Совете Министров СССР (ГУГК).

За годы Советской власти выполнен огромный объем геодезических и топографических работ на территории нашей страны. Отечественная геодезия оказалась на высоте в годы Великой Отечественной войны.

На территории нашей страны развита государственная геодезическая сеть высокой точности, выполнены съемочные картографо-геодезические работы и составлены планы и карты в различных масштабах.

Большое развитие в нашей стране топографо-геодезических и картографических работ позволило создать выдающиеся картографические произведения, выдвинувшие советскую картографию на почетное место в мире.

На надлежащем научно-техническом уровне обеспечено геодезическое обслуживание грандиозного строительства, осуществленного за годы Советской власти.

Важно отметить, что постановка геодезических и съемочных работ в СССР базировалась на современной научной основе, разработанной советскими геодезистами во главе с выдающимся ученым членом-корреспондентом АН СССР Ф. Н. Красовским.

Ф. Н. Красовским были получены новые параметры фигуры Земли, М. С. Молоденским разработана новая теория изучения фигуры Земли и ее внешнего гравитационного поля, поставившие геодезию в области теории решения ее основной научной проблемы на первое место в мире.

§ 3. ОРГАНИЗАЦИОННЫЕ ФОРМЫ ГЕОДЕЗИЧЕСКОЙ СЛУЖБЫ

Главное управление геодезии и картографии при Совете Министров Союза ССР сосредоточивает в своих руках основные картографо-геодезические работы.

Его основными производственными задачами, в частности, являются:

— выполнение высокоточных работ по созданию геодезической сети на территории всей страны и топографических съемок для составления карт территории государства;

— создание и издание различного рода карт, планов и атласов;

— регулирование, координация и государственный контроль геодезических и топографических работ, выполняемых различными министерствами, учреждениями и организациями.

В системе Государственной геодезической службы имеются: *Г о с г е о к а р т ф о н д*, концентрирующий результаты геодезических и картографических работ (каталоги координат геодезических пунктов, топографические карты разных масштабов) и обеспечивающий ими по мере необходимости различные учреждения и предприятия; *Г о с г е о н а д з о р*, выдающий разрешение на право производства геодезических и топографических работ и контролирующий качество их выполнения и соблюдение технических требований. *Госгеонадзор* результаты этих работ может использовать для государственного картографирования страны.

Кроме *ГУГК* при *СМ СССР* в отдельных министерствах, ведомствах и учреждениях имеются подразделения, которые должны выполнять геодезические и топографические работы, необходимые для решения задач отрасли данного министерства или ведомства.

Так, геодезические работы для целей сельского хозяйства выполняют республиканские проектные институты по землеустройству (*Гипроземы*) и Всесоюзный институт сельскохозяйственных аэрогеодезических изысканий (*ВИСХАГИ*).

Г л а в а II

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

§ 4. ПОНЯТИЕ О ФОРМЕ И РАЗМЕРАХ ЗЕМЛИ

Физическая поверхность Земли не является правильным геометрическим телом. Из 510 млн. км² общей площади земной поверхности суша занимает только 29% (149 млн. км²), остальные 71% (361 млн. км²) занимают океаны, моря, реки и озера. Как суша, так и дно океанов представляют собой сложную совокупность возвышенностей и углублений. Однако самые значительные из этих неровностей — горы, достигающие высоты более 8000 м, и глубины океанов — ничтожно малы по сравнению с общей толщиной Земли. Поэтому в геодезии форму Земли определяют как тело, ограниченное уровенной поверхностью, под которой понимают поверхность океанов и морей в спокойном состоянии, мысленно продолженную и под материками (рис. 1).

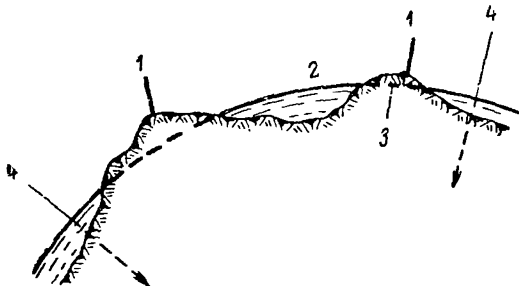


Рис. 1. Уровенная поверхность:

1 — поверхность Земли; 2 — поверхность Мирового океана; 3 — уровенная поверхность; 4 — отвесная линия

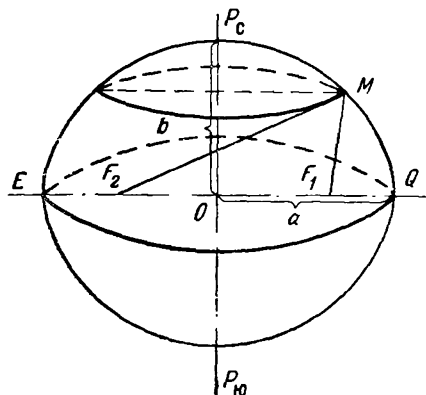


Рис. 2. Земной эллипсоид

Образованное этой поверхностью тело Земли носит название **геоид**. Поверхность геоида, имеющая выпуклую форму, обладает важным свойством — в каждой своей точке она перпендикулярна (нормальна) к отвесной линии, проходящей через эту точку.

Вследствие неравномерного распределения масс в теле Земли форма геоида представляет собой очень сложную геометрическую фигуру, которая еще недостаточно изучена и поверхность которой нельзя выразить математической формулой. Вот почему для решения геодезических задач принимают вспомогательное тело, простое и хорошо изученное в математическом отношении и в то же время наиболее близкое к поверхности геоида. Таким телом, как показали исследования, проведенные учеными в XVIII—XX веках, является **эллипсоид вращения**, образуемый вращением эллипса вокруг его малой оси. Как известно, эллипсом называется замкнутая кривая линия, обладающая тем свойством, что сумма расстояний каждой ее точки до двух данных неподвижных точек F_1 и F_2 , называемых фокусами, имеет постоянную величину (рис. 2). Эллипс можно представить как окружность, равномерно сжатую с концов, одного диаметра. Поэтому на практике форму Земли принимают за эллипсоид вращения, который называют **земным эллипсоидом**, или **сфероидом**. Геоид в одних местах располагается немного выше поверхности сфероида,

в других — ниже ее, но эти отклонения не превышают 150 м и ими пренебрегают.

Форма и размеры эллипса, а следовательно, и земного эллипсоида вполне определяются длинами его полуосей: большой a , малой b , а также полярным сжатием α , являющимся отношением разности полуосей к большой полуоси и определяемым по формуле

$$\alpha = \frac{a-b}{a}.$$

Сжатие эллипса показывает степень отклонения эллипса от окружности. Это отклонение тем больше, чем больше значение сжатия.

Размеры эллипсоида на протяжении последних трех веков определялись неоднократно, однако общепринятых во всех странах размеров до сих пор не установлено. Советские ученые Ф. Н. Красовский, А. А. Изотов, А. А. Михайлов и М. С. Молоденский разработали новые методы исследования формы Земли. Используя их, Центральный научно-исследовательский институт геодезии, аэросъемки и картографии (ЦНИИГАиК) в 1940 г. под руководством профессора Ф. Н. Красовского обработал геодезические материалы, охватывающие огромные территории (в отличие от зарубежных ученых, выводы которых базировались на материалах измерений небольших площадей), и получил новые более точные размеры земного эллипсоида:

$$a = 6\,378\,245 \text{ м};$$

$$b = 6\,356\,863 \text{ м};$$

$$\alpha = \frac{1}{298,3}.$$

Эти размеры Постановлением Совета Министров СССР от 7 апреля 1946 г. приняты обязательными для всех геодезических и картографических работ в СССР, а земной эллипсоид назван «референц-эллипсоидом Красовского» (до 1942 г. в нашей стране использовались размеры эллипсоида, определенные в 1841 г. немецким астрономом Бесселем).

Ввиду небольшой разности (около 21 км) в величинах полуосей a и b по сравнению с их размерами для решения ряда инженерных геодезических работ без ущерба для их точности фигуру Земли принимают за шар, радиус которого равен примерно 6371 км.

§ 5. КАРТА, ПЛАН, ПРОФИЛЬ

Карты и классификация их. Земную поверхность можно изобразить в уменьшенном виде на шаре в виде глобуса, т. е. тела, подобного Земле, или на чертежах — в виде планов и карт. Глобусы, как правило, применяют только для учебно-демонстрационных целей ввиду того, что на малом глобусе нельзя отразить все подробности местности (под местностью подразумевается суша со всеми находящимися на ней неперемещающимися объектами — предметами местности и рельефом). Большие же глобусы громоздки (так, для изображения Земли, уменьшенной в миллион раз, нужен глобус размером 6,4 м), неудобны для пользования и, главное, по ним нельзя решать инженерные задачи. Для этих целей предназначены планы и карты.

На картах изображают обычно поверхность всей Земли или значительных ее частей — целых материков, стран, республик, областей, районов. Особенностью

карты с геометрической точки зрения является то, что она представляет более или менее искаженное изображение земной поверхности. Это объясняется тем, что сферическую поверхность Земли невозможно изобразить на бумаге

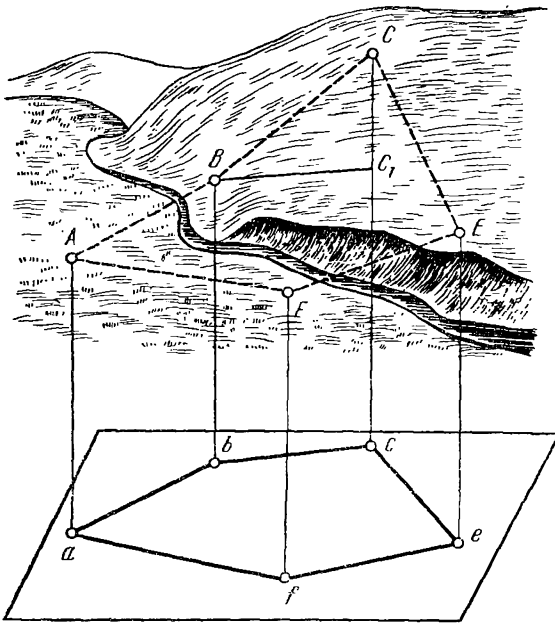


Рис. 3. Горизонтальная проекция

свойственны искажения либо форм изображаемых объектов, либо соотношения их площадей, либо того и другого. Чем больше изображаемая на карте территория, тем с большими искажениями получают на карте объекты.

Таким образом, *картой называется уменьшенное, закономерно искаженное изображение на плоскости всей земной поверхности или значительной ее части.*

Существенной особенностью карты является закономерное изменение ее масштаба от точки к точке или вокруг точки. Так, вдоль одной или нескольких линий масштаб карты будет величиной постоянной и равен масштабу глобуса, послужившего основанием для построения карты. Этот масштаб называется **главным** и он подписывается на карте. Масштабы других частей карты отличны от главного и называются **частными**.

Карты классифицируются по масштабу, содержанию, размеру изображаемой территории и назначению.

По масштабу (см. § 8) карты принято делить на три группы:

1) **мелкомасштабные** — карты, к которым относятся все карты масштабов мельче $1 : 1\,000\,000$, т. е. такие карты, на которых все линейные размеры земной поверхности уменьшены более чем в миллион раз;

2) **среднемасштабные** — карты масштабов от $1 : 1\,000\,000$ до $1 : 200\,000$;

без искажений, так же как нельзя поверхность выпуклого неэластичного предмета развернуть на плоскости без разрывов. Поэтому при построении карт пользуются различными картографическими проекциями. Для получения картографической проекции вначале сеть меридианов и параллелей эллипсоида по определенным математическим законам переносят на вспомогательную поверхность, которая без труда разворачивается в плоскость. В качестве вспомогательной поверхности чаще всего используются поверхности цилиндра, конуса или просто плоскости.

На полученное таким образом изображение меридианов и параллелей на плоскости наносят детали местности. Существует много картографических проекций и каждой из них

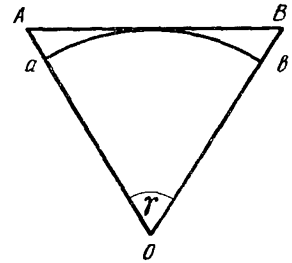


Рис. 4. Влияние кривизны Земли на больших территориях

3) крупномасштабные — карты масштаба 1 : 200 000 и крупнее.

В зависимости от содержания карты делятся на общегеографические и тематические.

Общегеографические карты равномерно изображают основные природные объекты (гидрографию, рельеф, растительный покров и др.) и объекты, созданные в результате деятельности человека (населенные пункты, средства связи, пути сообщения и др.). Крупномасштабные общегеографические карты называются еще топографическими. Они являются наиболее полными по содержанию и позволяют пользоваться ими как планами.

На тематических картах с особой полнотой выделяют один из элементов общегеографической карты (пути сообщения, рельеф, леса и т. п.), в то время как остальные элементы являются как бы его фоном или вообще не наносятся. Иногда общегеографические объекты этих карт дополняются специальными показателями, характерными для данного вида тематических карт (хозяйственные границы, зоны сельскохозяйственных культур, отрасли промышленности и т. д.).

Примером этого вида карт могут быть карты почвенные, лесные, аэронавигационные и др.

В зависимости от размеров изображаемой территории можно выделить карты мира, частей света, отдельных государств и их частей, природных зон, экономических и административных районов и пр.

По назначению карты бывают учебные, справочные, демонстрационные, туристские, морские, военные и т. д.

Планы. Если для построения карты точки и линии местности проектируют на поверхность эллипсоида, который затем изображают на плоскости, то для построения плана точки и линии местности проектируют на горизонтальную поверхность и полученное на ней горизонтальное проложение участка земной поверхности (рис. 3) уменьшают в определенное число раз с сохранением подобия фигур, полученных на горизонтальной плоскости.

Таким образом, *планом называется уменьшенное подобное изображение на плоскости горизонтальной проекции участка земной поверхности.*

Естественно, что план нельзя составить на очень большую территорию, так как из-за кривизны Земли возникает большая разность между горизонтальными проложениями линий местности и их проекциями на поверхность эллипсоида, т. е. план будет изображать земную поверхность с большими искажениями (рис. 4, *a, b* — поверхность Земли, *AB* — плоскость).

Исследования показали, что для инженерных целей на участках с радиусом до 20 км ошибка от замены сферической поверхности плоскостью не имеет практического значения и ею можно пренебречь.

Длины, углы и площади контуров на плане не искажаются и масштаб плана является постоянным для всех его частей.

Таким образом, основные различия между планом и картой заключаются в следующем:

1) план — это изображение на плоскости горизонтальной проекции участка земной поверхности, а карта — изображение на плоскости всей Земли или значительной ее части с учетом кривизны Земли;

2) на плане длины, углы и площади контуров не искажаются, а на карте искажения их неизбежны;

3) масштаб плана — величина постоянная, масштаб карты изменяется не только при переходе от точки к точке, но даже в одной точке, но по различным направлениям.

Планы также подразделяются по содержанию, масштабу, размерам изображаемой территории и другим признакам.

По содержанию планы делятся на контурные, топографические и специальные.

На контурных планах изображают только контуры (границы, очертания) местных предметов — рек, озер, дорог, строений, сельскохозяйственных угодий и др. Топографические планы помимо контуров отображают и рельеф местности — неровности земной поверхности (горы, лоцины, хребты и пр.).

Специальными называются такие планы, основное содержание которых составляют какие-либо специальные данные, отсутствующие или недостаточно полно отображаемые на контурных и топографических планах. Примером могут служить землеустроительные, лесные, почвенные и другие планы.

В зависимости от масштаба планы условно делятся на крупномасштабные (1 : 2000 и крупнее), среднемасштабные (1 : 5000 и 1 : 10 000) и мелкомасштабные (мельче 1 : 10 000).

По охвату территории среди планов можно выделить: планы групп землепользований, отдельных хозяйств и их частей, населенных пунктов и др.

Профили. К геодезическим материалам относят также и

профиль местности, т. е. *уменьшенное изображение вертикального разреза земной поверхности по данному направлению.*

Профиль участка земной поверхности составляют по отметкам (рис. 5). Для большей наглядности его вертикальные отрезки (отметки) изображают крупнее, чем горизонтальные. Составляют профили на миллиметровой бумаге.

Так, если, например, по дороге произвести промеры между характерными точками перегиба местности, а затем определить, насколько одна точка лежит выше другой, и результаты измерений представить в виде чертежа, то получится профиль дороги. Профили необходимы для сельского хозяйства при строительстве дорог, орошении, осушении и пр.

Следует помнить, что небрежное хранение карт и планов приводит к их деформации (величина которой может достигать 2%) и порче.

Карты и планы не рекомендуется перегибать и сворачивать в рулоны. Они должны храниться в горизонтальном положении в специальных шкафах с выдвижными ящиками при температуре воздуха 18—20° С и относительной влажности 60—65%.

§ 6. ПОНЯТИЕ О ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ СЪЕМКАХ

Съемкой называются полевые геодезические работы, которые проводятся для того, чтобы составить на бумаге изображение какого-либо участка Земли.

Все разнообразие снимаемой местности состоит из бесконечного числа точек, определить взаимное расположение которых не представляется возможным. Поэтому при съемке из всего многообразия точек выбираются наиболее

характерные, изображение которых на бумаге позволяет воссоздать правильную картину местности. Так, например, окружная граница любого хозяйства представляет собой многоугольник, для изображения которого на плане или карте достаточно определить при съемке длины линий и внутренние углы. Криволинейный контур любого объекта местности также можно заменить ломаными линиями с последующим измерением их длин, а также углов между ними. Таким образом, все многообразие съемочных работ сводится в основном к измерению линий и углов.

Виды съемок. Съемки подразделяются на: наземные, проводимые на сравнительно небольших участках местности непосредственно в поле; воздушные, или аэрофотосъемки, проводимые на больших территориях с самолета при помощи аэрофотоаппарата (изучением этого вида съемки занимается специальная наука аэрофотогеодезия — см. гл. XVII). Наземные геодезические съемки делятся на горизонтальные, вертикальные (нивелирование) и совместные, или топографические.

Съемка, при которой снимают только границы участка и контуры ситуации местности, называется горизонтальной. Эта съемка дает полевой материал для составления контурных планов.

Вертикальной съемкой, или нивелированием, называется такая съемка, при которой определяются отметки (высоты) точек с последующим построением профиля или плана с изображенным рельефом.

Под топографической съемкой понимают полевые работы по одновременной съемке как ситуации, так и рельефа. Совместной она называется потому, что представляет собой совокупность двух предыдущих съемок. По данным топографической съемки составляют топографический план или карту.

По способу получения конечной продукции — графического изображения местности — наземные геодезические съемки подразделяются на следующие виды:

- 1) аналитические съемки, при которых в поле набирается необходимый материал, дальнейшая обработка которого вплоть до составления карты плана или профиля проводится в камеральных условиях;
- 2) графические съемки, при которых план или карту получают непосредственно в поле.

В зависимости от степени использования специальных инструментов различают следующие виды геодезических съемок: инструментальные, полуинструментальные и глазомерные.

Наиболее распространенными являются инструментальные съемки, которые, в свою очередь, можно классифицировать по названиям применяемых для их выполнения инструментов: теодолитная съемка, нивелирование, мензульная съемка, тахеометрическая съемка и т. д.

По целям, для которых составляются планы и карты, съемки подразделяются на сельскохозяйственные, почвенные, лесные, строительные, военные и др. Так, объектами сельскохозяйственных съемок соответственно содержанию карт и планов этого вида являются административные и хозяйственные границы, населенные пункты, отдельно стоящие постройки, дороги, гидрография, сельскохозяйственные угодья (огороды, пашни, перелог, залежи, целина, сенокосы, выгоны), многолетние насаждения, болота, пески, солонцы, линии электропередач и телефонной связи, рельеф местности и др. При съемках на план или карту наносятся почвенные разрезы, характеризующие технические и агрохимические показатели почв, контуры почвенных разностей и пр.

Основной принцип геодезических съемок. Всякая геодезическая съемка организуется по принципу «от общего к частному».

Руководствуясь этим принципом всякая съемка начинается с создания сети равномерно расположенных и прочно закрепленных на местности **о п о р н ы х т о ч е к**, положение (координаты) которых определяются с высокой точностью. Эти точки образуют так называемую опорную сеть, являющуюся как бы каркасом съемки, опираясь на которую проводится более простыми методами съемка окружающей местности.

Соблюдение принципа «от общего к частному» обеспечивает:

- 1) равномерное распределение ошибок по территории съемки;
- 2) контроль съемочных работ в процессе их производства;
- 3) ускорение съемки, достигаемое возможностью одновременного проведения работ многими исполнителями в разных частях снимаемой территории.

Так, например, при съемке территории колхоза или совхоза сначала снимают границу землепользования — создают опорную сеть, а затем с опорных точек, расположенных по границам хозяйства, проводится съемка дорог, населенных пунктов, контуров сельскохозяйственных угодий и пр.

Основной принцип проведения геодезических съемок очень напоминает организацию работ по строительству здания — сначала строители закладывают фундамент и возводят стены, затем делают внутренние перегородки и заканчивают все отделкой помещения.

Стадии геодезических работ. Геодезические работы подразделяются на две стадии: 1) полевую, включающую все съемки; 2) камеральную — вычислительные и графические работы, выполняемые в кабинетах и лабораториях после окончания полевых измерений.

При выполнении геодезических работ нужно твердо помнить и безупречно выполнять следующее правило: *нельзя проводить последующие измерения, вычисления и графические построения без полной уверенности в правильности выполнения предыдущих работ.*

§ 7. ЕДИНИЦЫ МЕР, ПРИМЕНЯЕМЫЕ В ГЕОДЕЗИИ

Геодезия, как это отмечалось в § 1, является наукой об измерениях на земной поверхности, которые в основном сводятся к определению длин линий, углов и превышений.

Измерить какую-либо величину — значит сравнить ее с другой величиной, однородной с ней и принятой за единицу меры.

За единицу линейных измерений в геодезии принят **м е т р**, длина которого была определена в 1798 г. как одна десятиллионная часть четверти Парижского меридиана (от экватора до полюса) по результатам градусных измерений, проведенных в 1792—1798 гг. под руководством французских академиков Мешена и Деламбра. Жезл — эталон метра, изготовленный из платино-иридиевого сплава в 1889 г., — хранится в Международном бюро мер и весов в Париже. Копии № 11 и 28 этого жезла, изготовленные из того же сплава и в том же году, по жребью достались России и хранятся первая в Академии наук СССР, вторая во Всесоюзном научно-исследовательском институте метрологии имени Д. И. Менделеева в Ленинграде.

В связи с необходимостью получения эталона более высокой точности в 1960 г. XI Генеральная конференция по мерам и весам приняла новое определение единицы линейных измерений: метр был выражен в 1 650 763,73 длины

волны оранжевой линии излучения изотопа криптона 86. Этот световой метр утвержден Комитетом стандартов, мер и измерительных приборов при Совете Министров СССР 12 января 1968 г. в качестве нового государственного эталона.

За единицу измерения площадей принят гектар, представляющий собой квадрат со сторонами 100 м.

Международная метрическая система называется десятичной, потому что имеет десятичное подразделение.

При угловых измерениях за единицу меры принят градус, составляющий $1/360$ часть окружности. Градус делится на 60 минут, минута — на 60 секунд (названия происходят от латинских слов: *gradus* — степень, мера, *minutus* — маленький, *sekunda* — вторая ступень деления на части). При записи градус обозначается значком $^{\circ}$, минута $'$, секунда $''$, которые ставят сверху. Например, $136^{\circ} 27,5'$; $74^{\circ} 14' 35,5''$.

В качестве единицы измерения углов в геодезии пользуются еще радианом, который обозначается

$$\rho = 57,3^{\circ} = 3438' = 206\,265''.$$

Для обозначения линейных величин, углов и точек в формулах и на чертежах применяют буквы латинского, греческого и русского алфавитов (см. прилож. 1).

§ 8. МАСШТАБЫ ПЛАНОВ И КАРТ. ТОЧНОСТЬ МАСШТАБА

Горизонтальные проложения линий местности не могут быть нанесены на бумагу в их натуральную величину и поэтому изображение всегда делается с уменьшением против природы. *Степень линейного уменьшения какого-либо изображения по сравнению с натурой, выраженная отношением длины линии на бумаге к горизонтальному проложению соответствующей линии на местности, называется масштабом.* Такое определение масштаба действительно для плана и профиля; что же касается масштаба карты, то вместо горизонтального проложения линии берут проекцию линии местности на поверхность эллипсоида. Масштабы бывают численные и графические.

Численный масштаб. *Численным, или числовым, масштабом называется дробь, у которой числитель равен единице, а знаменатель — числу, показывающему, во сколько раз уменьшены на бумаге горизонтальные проложения линий местности.* Например, $\frac{1}{1000}$, $\frac{1}{2000}$, $\frac{1}{5000}$ или, что одно и то же, $1 : 1000$, $1 : 2000$, $1 : 5000$ (читается одна тысячная, одна двухтысячная и т. д.). Приведенные масштабы показывают, что горизонтальные проложения линий местности при нанесении на бумагу уменьшены соответственно в 1000, 2000 и 5000 раз, т. е. один сантиметр на бумаге соответствует 1000, 2000, 5000 см или 10, 20, 50 м на местности.

В геодезии пользуются стандартными масштабами, в знаменателе которых находится обязательно круглое число, оканчивающееся нулями: $1 : 200$, $1 : 500$, $1 : 1000$, $1 : 2000$, $1 : 5000$, $1 : 10\,000$, $1 : 25\,000$ и т. д. Более крупным, а следовательно, и более точным является тот масштаб, у которого знаменатель меньше, и более мелким — масштаб, у которого знаменатель больше. Перечисленные выше стандартные масштабы записаны в порядке от более крупного к более мелкому.

Численный масштаб пишется в южной части плана или профиля или под южной рамкой карты.

Горизонтальное проложение линии на местности в метрах, соответствующее 1 см на бумаге, называют величиной масштаба.

Часто масштаб на плане или карте сопровождают пояснительной надписью, например, «в сантиметре 100 м», «в сантиметре 250 м» и т. д.

При помощи численного масштаба можно решить две основные задачи, выполняемые при пользовании планами или картами:

1) по длине линии местности (ее проекции), обозначаемой буквой D , разделить d — ее значение на плане или карте;

2) по длине линии d , измеренной на плане или карте, вычислить D — длину ее на местности.

В первом случае длину линии местности нужно разделить на величину масштаба.

Пример. $D = 367$ м, масштаб 1 : 5000;

$$d = 367 : 50 = 7,34 \text{ см.}$$

Для решения второй задачи, обратной первой, нужно расстояние между точками на плане или карте умножить на величину масштаба.

Пример. $d = 4,6$ см, масштаб 1 : 10 000;

$$D = 4,6 \times 100 = 460 \text{ м.}$$

Применение численного масштаба несложно, однако на практике отдается преимущество так называемым графическим масштабам, не требующим вычислений и, следовательно, исключаящим появление возможных при этом ошибок. Графические масштабы бывают линейные и поперечные.

Линейный масштаб. Линейный масштаб представляет собой диаграмму, применяемую для механического перевода длин линий на местности в длины на плане или карте и обратно. Строится линейный масштаб следующим образом. На прямой линии, которая обычно вычерчивается в южной части плана или карты, откладывают 5—6 раз отрезок 1, 2 или 2,5 см, называемый **основанием масштаба**. Концы этого отрезка отмечают на прямой поперечными линиями. Крайнее левое основание делят на 10 равных частей, каждая из которых называется **наименьшим делением линейного масштаба**. Затем по заданному численному масштабу, рассчитывая длину линии местности, соответствующую взятому основанию масштаба, подписывают (оцифровывают) линейный масштаб. За начало счета длин на линейном масштабе (обозначаемого нулем) принимают правый конец крайнего левого основания. Вправо от нуля на отмеченных отрезках-основаниях подписывают последовательно число метров на местности, соответствующее одному, двум, трем и далее основаниям, а влево от нуля — его долям (из-за недостатка места в левой части подписывают не каждое деление). Размерность ставится только один раз в правом конце линейного масштаба. Пример оцифровки линейного масштаба с основанием, равным 1 см, для масштаба 1 : 10 000 представлен на рис. 6.

Две основные задачи, решаемые ранее при помощи численного масштаба, выполняются и по линейному масштабу.

Определение длины линии на местности по длине этой линии на плане или карте производят в следующем порядке:

— берут раствором измерителя ливию с плана или карты;

— прикладывают правую ножку измерителя к концу одного из оснований масштаба с таким расчетом, чтобы левая ножка измерителя обязательно находилась в пределах крайнего левого основания (если раствор измерителя меньше оснований масштаба, то правая ножка устанавливается в нуль);

— определяют длину линии, суммируя количество метров, заключенных в целых делениях от нуля до правой ножки измерителя и в наименьших делениях масштаба от нуля до левой ножки измерителя (на

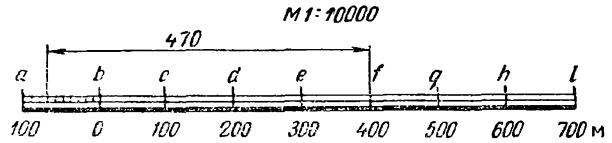


Рис. 6. Линейный масштаб

рис. 7 раствор измерителя показывает 4 км 250 м). В тех случаях, когда левая ножка измерителя находится между штрихами наименьшего деления, то часть этого деления, попадающая в раствор измерителя, оценивается на глаз.

Для выполнения обратной задачи — построения на плане или карте линии по ее длине, измеренной на местности, — сначала мысленно определяют, какое количество целых оснований и наименьших делений линейного масштаба соответствует линии на местности, а затем взятый по линейному масштабу раствор измерителя переносят на план или карту. Например, на план масштаба 1 : 10 000 необходимо нанести линию, длина которой на местности равна 325 м. Нетрудно определить, что на линейном масштабе эта линия выразится тремя целыми основаниями и двумя с половиной наименьшими делениями. Установив одну ножку вправо от нуля на правый конец третьего основания, что соответствует 300 м, вторую ножку измерителя устанавливают влево от нуля на 2,5 наименьших деления, соответствующих 25 м (половину третьего наименьшего деления берут приближенно на глаз). При пользовании линейным масштабом измеритель следует держать в правой руке.

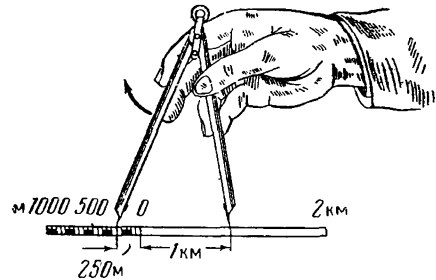
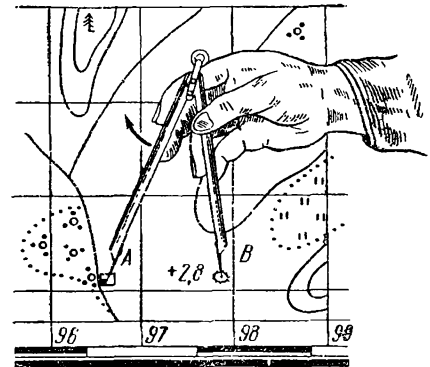


Рис. 7. Измерение расстояний по карте с помощью циркуля-измерителя

В тех случаях, когда длина линии превышает длину линейного масштаба, измерение ведется по частям. Качественное отложение, как показал опыт, возможно только тогда, когда раствор ножек измерителя не превышает прямого угла.

Основной недостаток линейного масштаба заключается в том, что доли наименьших делений в крайнем левом основании, как было сказано выше, определяются на глаз. Чтобы избежать глазомерной оценки долей наименьших делений и повысить тем самым точность построений и измерений расстояний на планах и картах, применяют поперечный масштаб.

Поперечный масштаб. Поперечный масштаб, как и линейный, является графическим выражением численного, вернее он включает оба предыдущих

масштаба. Для построения поперечного масштаба на горизонтальной прямой MM (рис. 8, *a*) откладывают 5—7 раз основание масштаба l , равное, как правило, 2 см (для масштабов 1 : 1 000 и 1 : 2 000 более удобным является основание в 2,5 см). Из концов отложенных отрезков восставляют к основной прямой MM перпендикуляры MN , Ob , 2—2 и т. д. Крайние из них MN делят на (обычно 10) произвольное, но равное между собой число частей (как правило, делают так, чтобы сумма этих отрезков равнялась основанию масштаба). Соответствующие точки отложения соединяют линиями, параллельными основанию. Эти прямые называются п а р а л л е л я м и, величины отрезков между перпендикулярами обязательно равны основанию. Верхнюю Nb и нижнюю MO линии крайнего левого основания делят на n (обычно 10) равных частей, после чего точки этих делений соединяют наклонными линиями (трансверсалиями) —

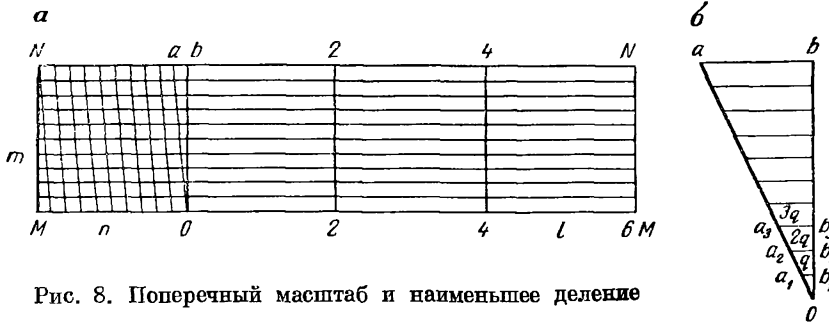


Рис. 8. Поперечный масштаб и наименьшее деление

нулевая точка внизу соединяется с первой точкой наверху, первая внизу — со второй наверху и т. д. (см. рис. 8, *a*). Полученный чертеж называется поперечным масштабом. Отрезки между трансверсалиями, как это видно из построения, равны десятым долям основания, а отрезки между перпендикуляром Ob и первой трансверсалью $0a$ на каждой параллели будут различны. Самый малый из них $a_1b_1 = q$ называется наименьшим делением поперечного масштаба (рис. 8, *b*).

Значение наименьшего деления q определяется из подобных треугольников a_1b_10 и $ab0$ (см. рис. 8, *b*).

$$\frac{q}{ab} = \frac{0b_1}{0b},$$

откуда

$$q = \frac{ab \cdot 0b_1}{0b},$$

но

$$ab = \frac{Nb}{n} = \frac{MO}{n} = \frac{l}{n},$$

а

$$0b_1 = \frac{0b}{m}.$$

Подставив значения ab и $0b_1$ в выражение для q , получим

$$q = \frac{l \cdot 0b}{n \cdot m \cdot 0b} = \frac{l}{m \cdot n}, \quad (\text{II.1})$$

т. е. наименьшее деление поперечного масштаба равно основанию масштаба, деленному на произведение делений основания на число отрезков, отложенных на перпендикуляр к основанию.

Нетрудно установить из подобных треугольников a_2b_20 и $ab0$, a_3b_30 и $ab0$ и т. д., что $a_2b_2 = 2q$, $a_3b_3 = 3q$.

Поперечный масштаб, в котором наименьшее деление составляет $\frac{1}{100}$ основания ($q = \frac{l}{100}$), называется сотенным, или нормальным. Именно такой поперечный масштаб был получен в результате изложенного выше построения (см. рис. 8, а).

Нижняя горизонтальная линия и крайний левый перпендикуляр поперечного масштаба подписывается в метрах. Эта оцифровка производится так же, как было указано для линейных масштабов.

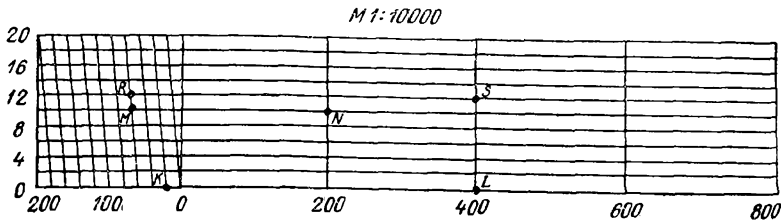


Рис. 9. Пользование поперечным масштабом

Пример. Оцифровать сотенный поперечный масштаб для численного масштаба 1 : 10 000 (рис. 9).

Основанию масштаба, которое равно 2 см, соответствует на местности 200 м, поэтому вправо от нуля, под нижней горизонтальной линией, напротив перпендикуляров, фиксирующих концы оснований, пишется соответственное число метров 200, 400, 600 и т. д. Влево от нуля каждое из десяти делений основания соответствует 20 м на местности, поэтому напротив пятого деления напишем цифру 100, а в конце основания — 200 (остальные деления из-за недостатка места не подписываются).

Значение наименьшего деления поперечного масштаба равно 2 м, поэтому напротив второй параллели, расположенной выше первой, пишется 4 м, напротив четвертой — 8 м и далее, а напротив самой верхней параллели надписывается 20 м.

Поперечные масштабы обычно нарезаются (гравировются) на специальных металлических линейках-пластинках, называемых масштабными линейками, и на транспортирах. Оцифровка в этих случаях рассчитана на использование диаграммы для разных численных масштабов.

Рассмотрим на примерах, как пользоваться поперечным масштабом (см. рис. 9).

Пример 1. По длине линии, взятой на плане масштаба 1 : 10 000, необходимо определить ее длину на местности.

На плане раствором измерителя берут длину линии и переносят на нижнюю горизонтальную линию поперечного масштаба, помещая при этом правую ножку измерителя на одном из перпендикуляров справа от нуля, а левую — обязательно в пределах крайнего левого основания.

Если ножки измерителя точно совпадают с делениями масштаба на нижней горизонтальной линии, то сразу делают расчет расстояния. Например, отрезок KL , состоящий из двух оснований ($200 \times 2 = 400$ м) и одной десятой доли основания, равной 20 м, общая длина будет 420 м.

В том случае, когда левая ножка измерителя не совпадает с каким-либо делением левого основания масштаба на нижней линии, раствор измерителя передвигают последовательно вверх от одной параллели к другой (правая ножка перемещается обязательно по одному из перпендикуляров до тех пор, пока левая ножка не расположится на одной из трансверсалей). После этого определяют значение линии на местности. Так, если раствор измерителя занял отрезок MN , состоящий из одного целого основания (200 м), трех десятых долей основания ($20 \times 3 = 60$ м) и пяти сотых долей основания ($200 \times 0,05 = 10$ м), то общая длина линии составит 270 м.

Не проводя указанные расчеты, значения отрезков KL и MN можно легко определить, используя оцифровку поперечного масштаба.

Пример 2. На плане масштаба $1 : 10\,000$ отложить расстояние, равное 472 м на местности. Легко установить, что указанное расстояние будет соответствовать на поперечном масштабе двум целым основаниям (400 м), трем десятым долям основания (60 м) и шести сотым долям основания (12). Ножки измерителя устанавливают на нижней горизонтальной линии с таким расчетом, чтобы правая расположилась на втором от нуля перпендикуляре вправо (подписано цифрой 400), а левая — на третьей трансверсали. После этого передвигают измеритель вверх до шестой параллели, при этом правая ножка передвигается обязательно по перпендикуляру, а левая — по трансверсали. Полученный в растворе измерителя отрезок RS , равный 472 м, откладывают на плане.

Практически ножки измерителя можно установить на глаз посередине между двумя параллелями, разделив тем самым наименьшее деление масштаба пополам.

Точность масштаба. Опыт показывает, что невооруженным глазом можно различить и отметить на бумаге точку величиной не менее 0,1 мм, что равно примерно наконечнику иглы измерителя. Эту величину принято называть наименьшим расстоянием, различаемым глазом на плане или карте, а расстояние на местности, соответствующее в данном масштабе 0,1 мм на плане или карте, называется точностью масштаба. Таким образом, *горизонтальное расстояние на местности, соответствующее 0,1 мм на плане или карте, называют точностью масштаба.* Точность различных масштабов имеет различные абсолютные значения. Для определения точности численного масштаба необходимо его знаменатель разделить на число 10 000. Так, точность масштаба $1 : 1000$ будет равна 0,1 м, масштаба $1 : 25\,000$ — 2,5 м и т. д. (табл. 1).

Таблица 1

Численные масштабы	Точность масштаба, м	Численные масштабы	Точность масштаба, м
1 : 1 000	0,1	1 : 25 000	2,5
1 : 2 000	0,2	1 : 50 000	5,0
1 : 5 000	0,5	1 : 100 000	10,0
1 : 10 000	1,0	1 : 200 000	20,0

Точность масштаба имеет большое практическое значение. Она обуславливает степень подробности и точности съемок различных масштабов — чем

больше точность масштаба, тем меньше деталей изобразится на карте или плане. Так, не подлежат съемке предметы и детали объектов, размеры которых меньше точности заданного масштаба, и, следовательно, они не могут быть графически выражены на карте или плане. Исключение составляют особо важные предметы и контуры, изображаемые внемасштабными условными знаками (см. § 11).

Точность масштаба позволяет решить и обратную задачу — установить, в каком масштабе необходимо проводить съемку, чтобы определенные размеры предметов местности были изображены на карте или плане с сохранением подобия их контуров. Если, например, на плане необходимо изобразить детали размером 1 м, то, принимая точность масштаба равной 1 м, устанавливают, что масштаб съемки, а следовательно, и плана должен быть 1 : 10 000.

Масштабы планов, применяемых для целей сельскохозяйственного производства. Выбор масштаба для планов сельскохозяйственного назначения определяется, во-первых, требованиями, чтобы на плане были изображены ситуация и рельеф с такой точностью и подробностью, которые позволяли бы проводить землеустроительное, мелиоративное, ирригационное и другие виды проектирования, а также решать инженерные и хозяйственные задачи для целей сельскохозяйственного производства; во-вторых, необходимостью изображать на плане элементы землеустроительного проекта, ирригационной или мелиоративной систем, проектов планировки сельских населенных мест и т. д. Так, планы сравнительно небольших землепользований колхозов и совхозов овощного направления составляются в масштабе 1 : 5000, планы зерновых хозяйств — в масштабе 1 : 10 000, 1 : 25 000 и даже 1 : 50 000, а для планов скотоводческих хозяйств, которые занимают, как правило, огромные пастбищные массивы, используется масштаб 1 : 100 000 и мельче. Планы планировки сельских населенных мест, на которых проектируются и с достаточной степенью детализации изображаются запроектированные здания и сооружения, составляются в масштабе 1 : 2000 и крупнее.

§ 9. СИСТЕМЫ КООРДИНАТ, ПРИМЕНЯЕМЫЕ В ГЕОДЕЗИИ

Координатами называются величины, определяющие положение точки на плоскости или в пространстве.

В геодезии наибольшее распространение получили следующие системы координат: географическая, полярная, плоская прямоугольная и зональная.

Географические координаты. Географическими координатами называются угловые величины — широта и долгота, которые определяют положение точки на земном шаре.

На рис. 10 точки P_C и $P_{Ю}$ являются соответственно Северным и Южным полюсами Земли, а линия $P_C P_{Ю}$ — ее осью вращения.

Плоскость $KONL$, перпендикулярная к оси вращения и расположенная на равных расстояниях от полюсов, называется плоскостью экватора, а след сечения поверхности Земли этой плоскостью называется экватором. Линии, образованные в результате пересечения земного шара плоскостями, параллельными плоскости экватора (например, A, M, B), называются параллелями. Линии пересечения поверхности Земли плоскостями, проходящими через ось вращения, называются меридианами.

Через каждую точку земной поверхности можно провести только один меридиан и только одну параллель.

Положение любой точки в географической системе характеризуется координатами: долготой λ и широтой φ , определяемыми относительно плоскости экватора, оси вращения и начального меридиана, за который принимают меридиан, проходящий через шпиль куполообразной крыши Гринвичской обсерватории близ г. Лондона.

Долгота точки представляет собой двугранный угол, заключенный между плоскостями начального меридиана и меридиана, проходящего через данную точку земной поверхности.

Счет долгот ведется от начального меридиана к востоку и западу на 180° , так что, указывая долготу, надо также отметить, является ли она восточной (положительной) или западной (отрицательной).

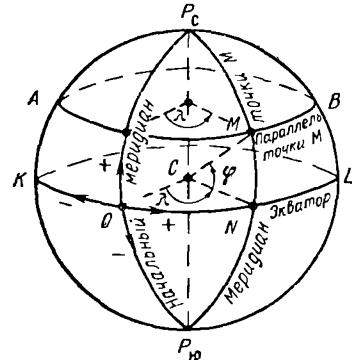


Рис. 10. Географические координаты

Широтой точки называется угол, составленный отвесной линией, проходящей через эту точку, и плоскостью экватора. Счет широт ведется от плоскости экватора как к северу, так и к югу до 90° . Следовательно, при величине широты всегда указывается — северная (положительная) или южная (отрицательная).

В нашем примере (см. рис. 10) точка M имеет северную широту φ и восточную долготу λ .

Определяются географические координаты по результатам астрономических наблюдений, а выражаются в градусах, минутах и секундах.

Полярные координаты. При составлении планов и карт небольших участков могут быть применены полярные координаты (рис. 11, а). Положение точки в этой системе определяется

относительно некоторой исходной точки O , называемой полюсом, и полярной оси OX .

Соединив точку N с полюсом O , получим расстояние ρ , которое называется радиусом-вектором, и угол θ , называемый углом положения.

Радиус-вектор и угол положения являются полярными координатами точки — этих двух величин вполне достаточно для определения положения точки. Измеряются радиусы-векторы в метрах, а углы положения, отсчитываемые по ходу часовой стрелки, в градусах — от 0 до 360° .

Плоские прямоугольные координаты. *Плоскими прямоугольными координатами называются линейные величины — абсцисса и ордината, — определяющие положение точки на плоскости.*

Систему этих координат представляют две взаимно перпендикулярные линии (рис. 11, б). Точка их пересечения O называется началом координат, а сами прямые — о с я м и к о о р д и н а т. Прямая XX , совпадающая с направлением меридиана, называется осью иксов или осью абсцисс, а прямая YY , перпендикулярная к оси абсцисс, — осью игреков или осью ординат*.

В системе прямоугольных координат положение любой точки на плоскости относительно начала координат O определяется кратчайшими расстояниями до нее от осей координат. Так, положение точки M определяется длиной перпендикуляров Me и Mk , опущенных из этой точки на оси координат, или равными им

* Легко уяснить отличие этой системы координат от системы, применяемой в математике.

отрезками осей координат Ok и Oe . Отрезок Ok называется абсциссой, а отрезок Oe — ординатой точки M ; обозначаются они соответственно x и y и выражаются в линейной мере (обычно в метрах).

Оси координат разделяют плоскость чертежа на четыре части, называемые четвертями. Нумерация четвертей — I, II, III, IV, и направление отсчета углов в этой системе ведется по ходу часовой стрелки, т. е. вправо (в математике, как известно, применяется обратная — левая нумерация четвертей).

Положение любых точек местности, например M , при помощи этой системы определяют их координатами $(+X_m, +Y_m)$. В табл. 2 приведены знаки абсцисс и ординат для точек, находящихся в различных четвертях, и даны их названия.

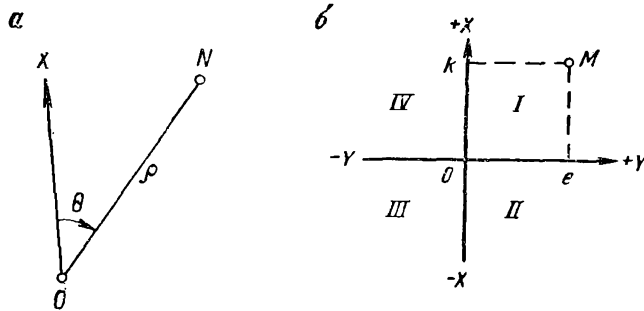


Рис. 11. Полярные и плоские прямоугольные координаты

Абсциссы точек, расположенных вверх от оси ординат, считаются положительными, а вниз от нее — отрицательными; ординаты точек, расположенных вправо от оси абсцисс, считаются положительными, а влево от нее — отрицательными (см. табл. 2).

Таблица 2

Четверти	Координаты	
	x	y
I — северо-восточная (СВ) . . .	+	+
II — юго-восточная (ЮВ)	—	+
III — юго-западная (ЮЗ)	—	—
IV — северо-западная (СЗ)	+	—

Зональная система координат. Из описанных систем координат только географическая может быть распространена на всю земную поверхность. Однако использование ее весьма затруднено ввиду сложности решения ряда технических задач на сфере, так как географические координаты выражаются в градусной мере, тогда как все расстояния на земной поверхности определяются в метрах.

Значительно проще решаются эти задачи в удобной системе плоских прямоугольных координат.

Для установления связи между географическими координатами любой точки на шаре или сфероиде и прямоугольными координатами этой же точки на плоскости применяют зональную систему координат. В этой

системе поверхность земного шара, или сфероида, разбивают на зоны (рис. 12), ограниченные с двух сторон меридианами с разностью долгот 6° (ширина такой зоны по экватору равна примерно 670 км). Разбивку зон и их нумерацию начинают от нулевого, Гринвичского меридиана и продолжают на восток от 1 до 60 ($360^\circ : 6^\circ$). Для практического использования зону по определенным законам (см. § 82) проектируют на боковую поверхность цилиндра, а затем развертывают в плоскость (рис. 13). Искажения линий, возникающие при этом, будут незначи-

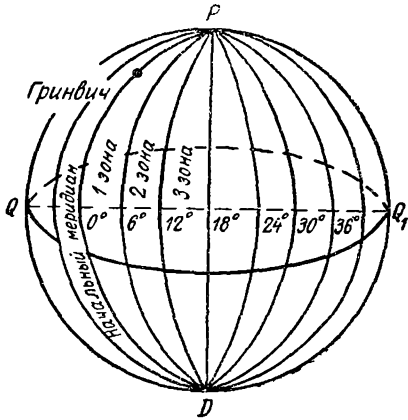


Рис. 12. Зональная система координат

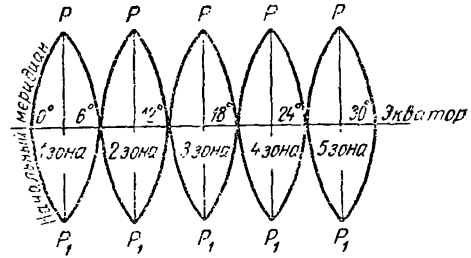


Рис. 13. Изображение боковой поверхности цилиндра на плоскости

тельно и их считают допустимыми при проведении обычных геодезических работ.

В каждой развернутой на плоскость зоне средний (осевой) меридиан и экватор изобразятся взаимно перпендикулярными линиями. Их и принимают за оси прямоугольных координат данной зоны: осевой меридиан, занявший вертикальное положение, за ось XX , а экватор — за ось YY . Точка пересечения этих линий является началом координат. Знаки координат x и y будут такими же, как и в прямоугольной системе: абсциссы будут положительными к северу от экватора и отрицательными — к югу, ординаты, отсчитываемые на восток от осевого меридиана, будут иметь положительные значения, а на запад — отрицательные.

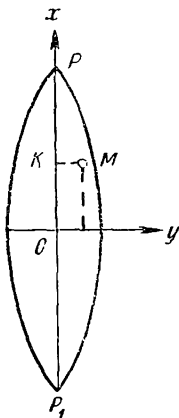


Рис. 14. Определение зональных прямоугольных координат точки

Положение любой точки в этой системе координат определяется: 1) длиной перпендикуляра, опущенного из данной точки на осевой меридиан зоны, в которой расположена точка (это будет y); 2) расстоянием от экватора по осевому меридиану до основания этого перпендикуляра (это будет x). Так, на рис. 14 отрезок MK является ординатой точки M , а отрезок OK — абсциссой.

Понятно, что каждая зона имеет свои собственные оси и начало координат, т. е. свою систему координат. Следует, однако, отметить, что оси и начала координат имеют свое определенное географическое положение, что позволяет легко установить связь как с географической системой координат, так

и между системами прямоугольных координат отдельных зон (для однозначного определения положения точки на земной поверхности перед каждой ординатой ставится номер зоны).

Другими словами, по географическим координатам любой точки земного шара, или сфероида, можно определить ее прямоугольные координаты и наоборот — по плоским прямоугольным координатам в зональной системе вычислить соответствующие им географические координаты. Это важное достоинство зональной системы сделало ее международной — в нашей стране она введена в 1932 г. и является обязательной при проведении геодезических работ на больших площадях.

Для территории СССР, расположенной в Северном полушарии, все абсциссы положительны. Ординаты же бывают как положительные, так и отрицательные. Чтобы исключить необходимость иметь дело с различными знаками, что осложнило бы работу, на практике ординату точек среднего меридиана принимают не за нуль, а за 500 км, т. е. условно переносят начало зональных координат на 500 км к западу от действительного положения осевого меридиана. В результате этого все ординаты в пределах одной зоны будут иметь положительные значения, возрастающие с запада на восток, при этом к востоку от осевого меридиана они будут больше 500 км, а к западу — меньше (подробнее об использовании зональной системы координат изложено в § 82).

Понятие о пространственных системах координат. Описанные системы координат — географическая, полярная, прямоугольная и зональная — превращаются в пространственные системы, если в каждой из них к двум координатам, определяющим положение точки на шаре или плоскости, прибавить третью координату — отметку (см. § 57), — линейную величину, характеризующую положение точки в третьем измерении (по высоте).

Именно пространственные координаты чаще всего применяются в геодезии.

§ 10. СВЕДЕНИЯ ИЗ ТЕОРИИ ОШИБОК ИЗМЕРЕНИЙ

Общие сведения об измерениях. Любые геодезические работы заключаются в измерении углов, расстояний, превышений, площадей и т. д., что закреплено и в определении геодезии как науки. *Под измерением понимают процесс сравнения некоторой единицы меры q с измеряемой величиной X . Результатом измерения является число l , показывающее, сколько раз единица меры содержится в измеряемой величине, т. е.*

$$X = ql. \quad (\text{II.2})$$

Измерение осуществляется с помощью соответствующих измерительных приборов (инструментов), являющихся одновременно носителями единицы меры и устройствами для осуществления процесса измерений.

Так, для измерения расстояний между точками на местности применяют мерную 20-метровую ленту, на которой отмечены целые метры и их доли. Если при измерении некоторого расстояния лента уложилась в нем 40 раз и остаток, оцененный с помощью той же ленты, как 6,28 м, то это значит, что единица меры — метр — содержится в измеряемом расстоянии 206,28 раза.

Вообще говоря, чтобы определить значение некоторой величины, достаточно выполнить измерение один раз. Такое измерение называется **н е о б х о д и м ы м**. Однако в геодезическом производстве никогда не ограничиваются однократным измерением, а повторяют его не менее двух раз. Все измерения, выполненные сверх необходимого, называются **и з б ы т о ч н ы м и** или **д о б а в о ч н ы м и**. Избыточные измерения являются весьма важным средством контроля результатов измерений и позволяют судить об их качестве; с помощью

добавочных измерений получают наиболее достоверное значение измеряемой величины.

Ошибки результатов измерений. В том, что измерения всегда сопровождаются ошибками, нетрудно убедиться, если выполнить несколько измерений одной и той же величины. Результаты измерений при этом будут несколько различаться между собой (см. табл. 3), что и свидетельствует о том, что они содержат ошибки.

Таблица 3

№ п/п	Результаты измерений, м	Ошибки измерений, м
1	206,28	+0,08
2	206,07	-0,13
3	206,36	+0,16
4	206,18	-0,02
5	205,93	-0,27
6	206,08	-0,12
7	206,22	+0,02
8	206,52	+0,32
9	206,17	-0,03
10	206,16	-0,04
$X =$	206,20	

Под ошибкой Δ результата измерения l понимают разность между этим результатом и истинным значением измеряемой величины X

$$\Delta = l - X. \quad (II.3)$$

Принято говорить, что ошибка равна разности между тем, «что есть», и тем, «что должно быть».

Ошибки вызываются многими факторами, действующими в процессе измерений, среди которых можно выделить внешние условия (изменение температуры, освещенности, колебания воздуха и т. д.), изменяемость объекта измерений, неточность измерительного прибора и взаимодействия его частей, несовершенство органов чувств человека.

Различают ошибки систематические и случайные. Систематические ошибки вызываются преобладающим влиянием одного или нескольких факторов в процессе измерений. Такого рода ошибки изменяются по определенному закону. Необходимо установить причину появления систематической ошибки и закон ее воздействия с тем, чтобы влияние ее уменьшить. Способы, применяемые для этого, могут быть различными. Например, если закон образования ошибки известен, то устанавливают величину ошибки и в результаты измерений вводят поправки (за температуру, за наклон линии к горизонту и т. д.) или выбирают благоприятные условия для измерений. Перед измерением прибор проверяют, удовлетворяет ли он требованиям, предъявляемым к нему (поверка и компарирование приборов). Для уменьшения влияния ошибок применяют специально разработанные способы и приемы измерений, для чего их следует тщательно изучить.

Случайные ошибки вызываются влиянием в процессе измерений массы непрерывно изменяющихся факторов, учесть которые невозможно. От-

сюда вытекает их неизбежность. Какая-либо видимая закономерность в рядах, содержащих случайные ошибки, отсутствует. Свойства, которым подчиняются случайные ошибки, можно обнаружить только в большой их массе. Ошибки, приведенные в табл. 3, случайные. Сгруппируем их по абсолютной величине и по знаку и результаты сведем в табл. 4.

Т а б л и ц а 4

Интервал от—до	Число ошибок		
	положитель- ных	отрицатель- ных	всего
0—0,10	2	3	5
0,11—0,20	1	2	3
0,21—0,30	—	1	1
0,31—0,40	1	—	1
В с е г о	4	6	10

Несмотря на то что ряд в данном случае небольшой, все же удастся проследить следующие свойства случайных ошибок:

- 1) случайные ошибки не могут превосходить по абсолютной величине определенного предела;
- 2) малые по абсолютной величине ошибки встречаются чаще, чем большие;
- 3) положительные и отрицательные случайные ошибки одинаково часто встречаются в результатах измерений;
- 4) среднее арифметическое из случайных ошибок стремится к нулю при возрастании числа измерений.

Последнее, наиболее важное свойство случайных ошибок называется свойством компенсации и может быть представлено следующим образом:

$$\lim_{n \rightarrow \infty} \frac{\Delta_1 + \Delta_2 + \dots + \Delta_n}{n} = \lim_{n \rightarrow \infty} \frac{[\Delta]}{n} = 0. \quad (\text{II.4})$$

Различают еще и грубые ошибки или промахи. Они являются следствием невнимательного отношения к делу со стороны исполнителя или неправильной постановки процесса измерений. Таковой, например, будет: пропуск целой ленты при измерении линии. Организуя измерения, следует принять все меры, чтобы избежать грубых ошибок в результатах измерений. Этому, в частности, служат добавочные измерения, которые своевременно помогают обнаружить и исключить промахи. Теория ошибок не занимается рассмотрением ошибок такого рода.

В дальнейшем будем рассматривать результаты измерений, содержащие только случайные ошибки.

Принцип арифметической середины. Пусть одну и ту же величину X измерили n раз и получили результаты измерений: l_1, l_2, \dots, l_n .

Ошибки этих измерений равны:

$$\begin{aligned} \Delta_1 &= l_1 - X, \\ \Delta_2 &= l_2 - X, \\ &\dots \dots \dots \\ \Delta_n &= l_n - X. \end{aligned}$$

Сложив почленно эти равенства и разделив правую и левую части суммы на число измерений n , получим

$$\frac{[\Delta]}{n} = \frac{[l]}{n} - X.$$

Обозначим среднее арифметическое из результатов измерений $\frac{[l]}{n}$ через x_0 , тогда

$$\frac{[\Delta]}{n} = x_0 - X$$

или

$$X = x_0 - \frac{[\Delta]}{n}.$$

Но согласно свойству компенсации случайных ошибок при большом числе измерений $\lim_{n \rightarrow \infty} \frac{[\Delta]}{n} = 0$, следовательно, $\lim_{n \rightarrow \infty} x_0 = X$.

Простая арифметическая средина стремится к истинному значению измеряемой величины при неограниченном числе измерений. На практике число измерений n ограничено, однако и в этом случае арифметическое среднее является наиболее достоверным значением измеряемой величины.

Во многих случаях истинное значение измеряемой величины неизвестно. Тогда вместо ошибок можно найти отклонения v от арифметической середины

$$\begin{aligned} v_1 &= l_1 - x_0, \\ v_2 &= l_2 - x_0, \\ &\dots \dots \dots \\ v_n &= l_n - x_0. \end{aligned}$$

Сложив почленно эти равенства, получим

$$[v] = [l] - nx_0.$$

Но по определению $x_0 = \frac{[l]}{n}$, т. е. $[l] = nx_0$, следовательно,

$$[v] = 0, \tag{II.5}$$

сумма отклонений отдельных результатов измерений от простой арифметической середины равна нулю. Это свойство отклонений используется для контроля правильности вычисления арифметической середины.

Средняя квадратическая ошибка одного измерения. Оценка качества выполненных измерений производится с помощью предложенной К. Ф. Гауссом средней квадратической ошибки, вычисляемой по формуле

$$m = \sqrt{\frac{[\Delta^2]}{n}}. \tag{II.6}$$

Среднюю квадратическую ошибку можно вычислить и по отклонениям v , используя формулу Бесселя

$$m = \sqrt{\frac{[v^2]}{n-1}}, \tag{II.7}$$

где n — число измерений.

Средняя квадратическая ошибка является надежным критерием оценки точности измерений. На величину средней квадратической ошибки сильное влияние оказывают большие по абсолютной величине ошибки (уклонения), которые по существу и определяют качество результатов. Формулы для вычисления средней квадратической ошибки выведены в предположении, что n стремится к бесконечности, однако при числе измерений больше восьми m определяется достаточно уверенно; если же число измерений меньше восьми, то результаты вычислений средней квадратической ошибки малонадежны.

По величине средней квадратической ошибки можно определить предельную ошибку. В теории ошибок доказывается, что лишь три ошибки из 1000 превосходят $3m$, т. е. можно считать, что

$$\Delta_{\text{пред}} = 3m. \quad (\text{II.8})$$

В инструкциях по производству геодезических измерений часто устанавливают более жесткий допуск

$$\Delta_{\text{пред}} = 2m; \quad (\text{II.9})$$

в среднем лишь пять ошибок из 100 превосходят этот предел.

Абсолютные ошибки m или Δ не всегда дают полное представление о точности результатов измерений, поэтому пользуются относительной ошибкой

$$\frac{m}{l} = \frac{1}{N}. \quad (\text{II.10})$$

Оценка точности функций измеренных величин. Не все величины удается измерить непосредственно. Часть их получается косвенным путем, т. е. вычислением через другие величины, полученные из измерений, средние квадратические ошибки которых известны. В этом случае оценивают точность функции измеренных величин. Решение такой задачи зависит от вида функции. Приведем простейшие случаи.

1. *Функция вида $u = kx$* , где x — измеренная величина со средней квадратической ошибкой m_x и k — постоянная безошибочная величина.

В этом случае средняя квадратическая ошибка функции равна

$$m_u = km_x. \quad (\text{II.11})$$

Например, радиус окружности измерен с точностью $m_r = 0,01$ м, определить среднюю квадратическую ошибку длины окружности m_C .

Данная функция имеет вид $C = 2\pi r$, следовательно,

$$m_C = 2\pi m_r = 6,28 \cdot 0,01 = 0,06 \text{ м.}$$

2. *Алгебраическая сумма измеренных величин $u = x_1 \pm x_2 \pm \dots \pm x_n$* , где аргументы x_1, x_2, \dots, x_n получены из измерений со средними квадратическими ошибками соответственно m_1, m_2, \dots, m_n .

Квадрат средней квадратической ошибки алгебраической суммы равен

$$m_u^2 = m_1^2 + m_2^2 + \dots + m_n^2. \quad (\text{II.12})$$

Например, определим точность угла, полученного как разность двух отсчетов, средние квадратические ошибки которых $m_1 = m_2 = 0,5'$. Поскольку $\beta = E_2 - E_1$, где E_1 и E_2 — отсчеты, то $m_\beta = \sqrt{m_1^2 + m_2^2} = \sqrt{0,5^2 + 0,5^2} = 0,7'$.

3. *Линейная функция* $u = k_1x_1 \pm k_2x_2 \pm \dots \pm k_nx_n$, где $k_1, k_2, \dots, \dots, k_n$ — постоянные числа, а x_1, x_2, \dots, x_n — независимые аргументы, измененные соответственно со средними квадратическими ошибками m_1, m_2, \dots, m_n . В этом случае квадрат средней квадратической ошибки функции равен

$$m_u^2 = k_1^2 m_1^2 + k_2^2 m_2^2 + \dots + k_n^2 m_n^2. \quad (\text{II.13})$$

Для примера выведем формулу оценки точности арифметической середины. **Средняя квадратическая ошибка арифметической середины.** Запишем формулу арифметической середины в виде

$$x_0 = \frac{1}{n} l_1 + \frac{1}{n} l_2 + \dots + \frac{1}{n} l_n,$$

где l_1, l_2, \dots, l_n — результаты независимых измерений. Обозначив среднюю квадратическую ошибку арифметической середины M , согласно формуле (II.13), напишем

$$M^2 = \frac{1}{n^2} m_1^2 + \frac{1}{n^2} m_2^2 + \dots + \frac{1}{n^2} m_n^2 = \frac{1}{n^2} (m_1^2 + m_2^2 + \dots + m_n^2).$$

Поскольку аргументы l_i известны с одинаковой точностью, т. е.

$$m_1 = m_2 = \dots = m_n = m,$$

то

$$M^2 = \frac{1}{n^2} (nm^2) = \frac{m^2}{n},$$

откуда

$$M = \frac{m}{\sqrt{n}}. \quad (\text{II.14})$$

Средняя квадратическая ошибка простой арифметической середины в \sqrt{n} раз меньше средней квадратической ошибки одного измерения.

Пример 1. Ниже приведена вычислительная обработка результатов измерений лентой линии длиной 206,20 м (табл. 5).

Т а б л и ц а 5

№ п/п	Результаты измерений, м	Ошибки измерений Δ	Δ^2
1	206,28	+8	64
2	206,07	-13	169
3	206,36	+16	256
4	206,18	-2	4
5	205,93	-27	729
6	206,08	-12	144
7	206,22	+2	4
8	206,52	+32	1024
9	206,17	-3	9
10	206,16	-4	16
X = 206,20			2419

$$m = \sqrt{\frac{[\Delta^2]}{n}} = \sqrt{\frac{2419}{10}} = 15,5 \text{ см} = 0,16 \text{ м};$$

$$\frac{m}{l} = \frac{0,16}{206} = \frac{1}{1300};$$

$$\Delta_{\text{пред}} = 3m = 3 \cdot 0,155 = 0,46$$

Пример 2. Некоторый угол, истинное значение которого неизвестно, измерен теодолитом ТЗ0 12 раз. Результаты измерений и вычисление вероятнейшего значения угла приведены в табл. 6.

Таблица 6

№ п/п	Результаты измерений β ,	Уклонения от арифметической середины v	v^2
1	86 43,4	+0,2	0,04
2	86 42,5	-0,7	0,49
3	86 42,7	-0,5	0,25
4	86 43,3	+0,1	0,01
5	86 43,0	-0,2	0,04
6	86 43,2	0	0
7	86 44,2	+1,0	1,00
8	86 43,1	-0,1	0,01
9	86 43,6	+0,4	0,16
10	86 43,4	+0,2	0,04
11	86 43,1	-0,1	0,01
12	86 42,9	-0,3	0,09
$\beta_{\text{пр}} = 86^\circ 40'$ $[\beta - \beta_{\text{пр}}] = 38,4'$ $\beta_0 = 86^\circ 43,2'$			0,0 2,14

$$\beta_0 = \frac{[\beta]}{n} = \beta_{\text{пр}} + \frac{[\beta - \beta_{\text{пр}}]}{n} =$$

$$= 86^\circ 40' + \frac{38,4'}{12} = 86^\circ 43,2';$$

$$m = \sqrt{\frac{[v^2]}{n-1}} = \sqrt{\frac{2,14}{12-1}} = 0,44';$$

$$\Delta_{\text{пред}} = 3m = 3 \cdot 0,44' = 1;3';$$

$$M = \frac{m}{\sqrt{n}} = \frac{0,44'}{\sqrt{12}} = 0,13' = 8''.$$

Понятие о неравноточных измерениях. Если измерения выполняются одним лицом, одним и тем же методом и инструментом, в одних и тех же условиях, то есть основания считать их качество или надежность одинаковыми — это **равноточные** измерения. Однако в практике часто встречаются и **неравноточные** измерения, характеризующиеся разной степенью надежности. При этом измерение с большей точностью должно, очевидно, иметь большее влияние на окончательный результат. Для этого каждому результату приписывается некоторый вес, который определяется через среднюю квадратическую ошибку

$$p = \frac{k}{m^2}, \quad (\text{II.15})$$

где k — некоторое постоянное число.

Из ряда неравноточных измерений l_1, l_2, \dots, l_n , зная их веса p_1, p_2, \dots, p_n получают общую арифметическую середину по формуле

$$x_0 = \frac{p_1 l_1 + p_2 l_2 + \dots + p_n l_n}{p_1 + p_2 + \dots + p_n} = \frac{[pl]}{[p]}, \quad (\text{II.16})$$

Для характеристики качества неравноточных измерений вычисляют среднюю квадратическую ошибку условного измерения, вес которого равен единице

$$\mu = \sqrt{\frac{[pv^2]}{n-1}}, \quad (\text{II.17})$$

где v — уклонения от общей арифметической середины.

Точность общей арифметической середины характеризуется средней квадратической ошибкой, равной

$$M = \frac{\mu}{\sqrt{[p]}}. \quad (\text{II.18})$$

Нетрудно убедиться, что от формул для обработки неравноточных измерений можно перейти к формулам для обработки равноточных измерений, если положить веса равными единице.

Пример 3. Разность высот двух точек земной поверхности h (превышение) измерена тремя различными способами с разной точностью (табл. 7). Вычислим вероятнейшее значение превышения h_0 и его точность M по результатам измерений.

Таблица 7

№ п/п	Результаты измерений, м	Средняя квадратическая ошибка, см	Вес p	v , см	pv	pv^2
1	12,21	2	9	-2	-18	36
2	12,25	6	1	+2	+2	4
3	12,27	3	4	+4	+16	64
			14		0	104

Учитывая значение средних квадратических ошибок результатов измерений, выбираем $k = 36$, чтобы веса, вычисленные по формуле (II.15), были круглыми числами. Затем находим вероятнейшее значение разности высот точек:

$$h_0 = \frac{[ph]}{[p]} = \frac{12,21 \cdot 9 + 12,25 \cdot 1 + 12,27 \cdot 4}{9 + 1 + 4} = 12,23 \text{ м.}$$

Вычислив уклонения $v = h - h_0$, оценим точность арифметической средней

$$M = \frac{\mu}{\sqrt{[p]}} = \sqrt{\frac{[pv^2]}{[p](n-1)}} = \sqrt{\frac{104}{14(3-1)}} = 1,9 \text{ см.}$$

§ 11. УСЛОВНЫЕ ЗНАКИ

Карты и планы, представляющие собой плоские изображения горизонтальных проекций земной поверхности, должны точно и выразительно отображать местные предметы и рельеф.

Под местными предметами, подробностями или ситуацией подразумеваются дороги, мосты, леса, кустарники, реки, озера, болота, пески, пашни, луга, огороды, неселенные пункты и др. К местным предметам относятся также искусственные неровности земной поверхности, созданные в результате деятельности человека (карьеры, котлованы, насыпи и др.).

Рельефом земной поверхности называется совокупность всех неровностей естественного происхождения — горы, холмы и пр.

Участки земной поверхности при составлении планов и карт в зависимости от масштаба последних уменьшаются во много раз, при этом они настолько изменяют свои очертания, что становятся трудноопознаваемыми. Подписать же все объекты не представляется возможным, так как изображения многих местных предметов настолько близко расположены друг к другу, что не позволяют разместить названия, да к тому же большое число надписей значительно ухудшило бы чтение карты или плана.

Поэтому наиболее важные и характерные для данной местности объекты, соответствующие назначению карты или плана, выражаются условными знаками.

Условными знаками называются графические символы, применяемые для изображения предметов местности и рельефа на картах и планах.

Основные требования, предъявляемые к условным знакам, заключаются в их простоте, изяществе в графическом исполнении и наглядности (последнее достигается некоторым сходством условных знаков с видом обозначаемых ими местных предметов). Это обстоятельство, а также то, что условные знаки одних и тех же предметов местности на картах и планах разных масштабов имеют одни очертания (отличие заключается только в размерах знаков) позволяет их легче запомнить. Так, для чтения планов и карт достаточно в основном изучить условные знаки какого-нибудь одного масштаба.

Все условные знаки по форме делятся на три основные группы: контурные или масштабные, внесмасштабные и пояснительные.

Контурными и условные (рис. 15) знаки называются потому, что они сохраняют на бумаге очертания контуров — границы местных предметов, а **масштабными** — потому, что при помощи масштаба можно определить натуральные размеры изображенного предмета местности.

Таковыми знаками изображаются все предметы местности, которые входят в содержание карт и планов согласно назначению последних и размеры которых не меньше точности масштаба.

Внесмасштабными (рис. 16) называются такие условные знаки, при помощи которых изображаются предметы, имеющие важное хозяйственное или оборонное значение, но размеры которых меньше значения точности масштаба данного плана или карты, т. е. такие предметы местности, границы которых не могут быть выражены контурными условными знаками в масштабе (дороги, линии электропередач, телефонные линии, газопроводы, геодезические пункты, радиомачты, отдельно стоящие деревья, колодцы, километровые столбы, межевые знаки, водонапорные башни, указатели дорог и др.). Эти условные знаки не сохраняют во многих случаях подобия изображаемого предмета, не дают возможности определить его размеры, а показывают только местоположение предмета.

Так, ось (середина) дороги, канала и других вытянутых объектов — наносится на бумагу в полном соответствии с ее положением в натуре, а ширина объекта показывается с некоторым увеличением.

Условные знаки для внесмасштабного изображения объектов следует располагать на плане, как правило, перпендикулярно к южной рамке. Чтобы обеспечить нанесение расположенных рядом знаков существенных объектов, допускается вычерчивание этих знаков с небольшим наклоном.

Положению объекта на местности должны соответствовать на плане следующие точки условного знака:

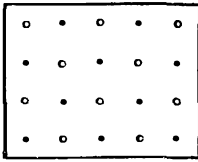
- а) для знаков правильной формы (круг, квадрат, треугольник и др.) — центр знака;
- б) для знаков в виде перспективного изображения объекта — середина основания знака;
- в) для знаков с прямым углом в основании — вершина угла;
- г) для знаков в виде сочетаний нескольких фигур — центр нижней из них*.

Какие из предметов следует изображать масштабными и какие внесмасштабными условными знаками, зависит от масштаба карты или плана, так как один и тот же предмет в одном масштабе может быть отображен, а в другом нет, т. е. он является внесмасштабным. Так, если на карте масштаба 1 : 5000 показаны

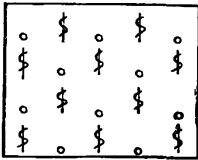
* Условные знаки для топографических планов масштабов 1 : 5000, 1 : 2000, 1 : 1000 и 1 : 500. М., «Недра», 1973. 144 с.



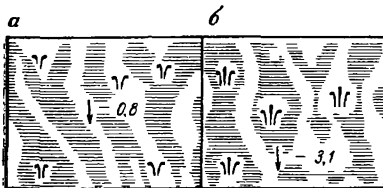
Пашни (а), огороды (б)



Сады фруктово-ягодные



Виноградники с фруктовыми деревьями

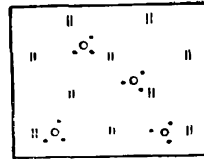


Болота проходимые:
 а — низкотравные, б — высокотравные (—0,8,
 —3,1 — глубина болот, м)

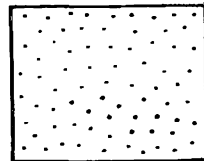
а	дуб	$\frac{18}{0,22}$	5
б	лиственница	$\frac{10}{0,10}$	4
в	береза	$\frac{15}{0,17}$	4
	ель	1,5	

Леса

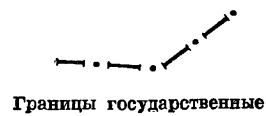
а — лиственные, б — хвойные, в — смешанные
 Характеристики древостоев (числитель — средняя
 высота, м; знаменатель — средняя толщина ство-
 лов; справа — среднее расстояние между де-
 ревями)



Кустарник на лугу



Пески



Границы государственные



Границы районов

Рис. 15. Масштабные условные знаки

в населенном пункте не только дома, но и их форма, то на карте масштаба 1 : 50 000 будут показаны только кварталы. При дальнейшем обобщении (генерализации) группа кварталов слита в один массив, огороды не показаны совсем. Понятно, что при последующем уменьшении масштаба сохранить подобие внешнего контура населенного пункта не представляется возможным и тогда применяется внемасштабный условный знак.

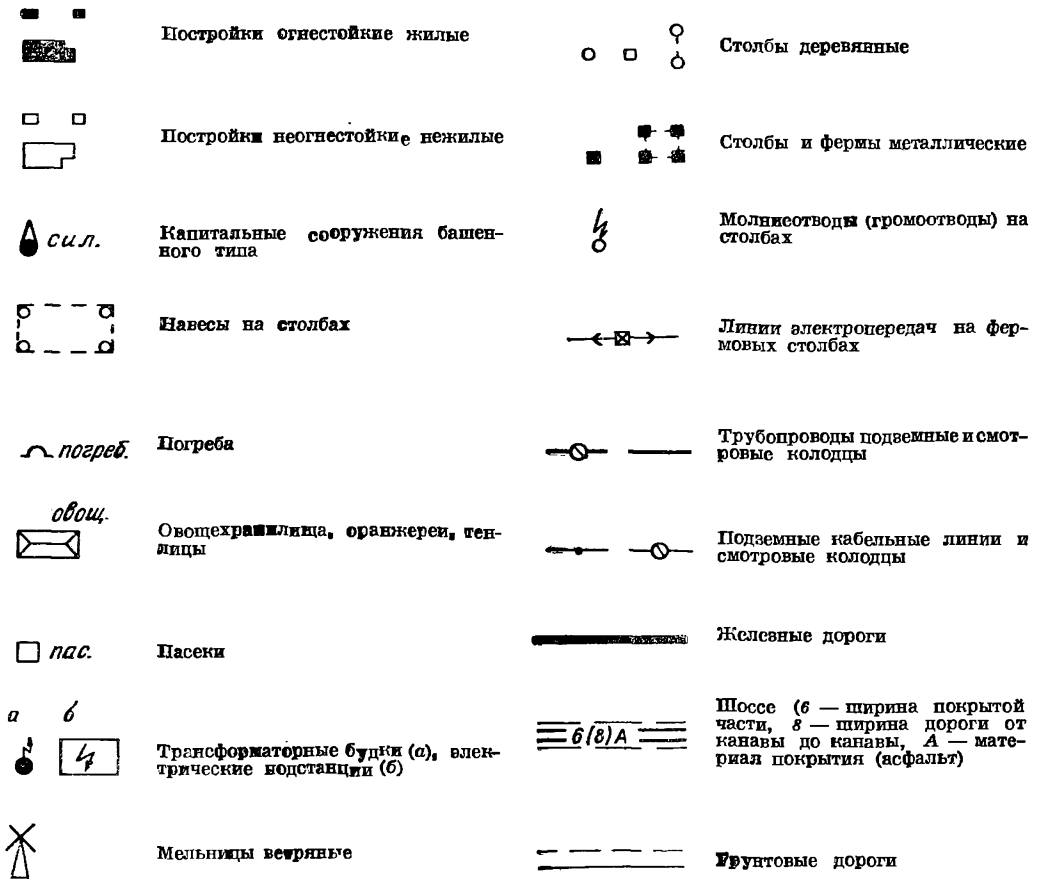


Рис. 16. Внемасштабные условные знаки

Пояснительные условные знаки служат для дополнительной характеристики предметов местности, выраженных на карте или плане контурными или внемасштабными условными знаками. Эти условные знаки можно подразделить на значковые, штриховые и цифровые.

Первые из них — значковые, как правило, располагаются внутри контуров, они не определяют ни размеров, ни действительного положения изображаемого предмета, а характеризуют его сущность. Так, например, контур леса заполняется кружками, которые показывают только вид растительного покрова, однако расположение кружков внутри контура не соответствует положению отдельных деревьев на местности, диаметр кружков не характеризует

действительную толщину деревьев, а значки, указывающие породу леса (хвойный, лиственный, смешанный), не отражают в масштабе высоту деревьев в натуре. На планах и картах допускаются сочетания не более чем из трех разных знаков.

Штриховые пояснительные условные знаки — буквы и подписи — располагаются возле условных знаков некоторых объектов местности и показывают какое-либо значение этих предметов. Например, *СС* — сельский Совет, *кирп.* — кирпичное производство, *бум.* — бумажное производство, *к.* — колодец, *арт. к.* — артезианский колодец, *род.* — родники, *ключи*, *вдхр.* — водохранилище, *пр.* — пруд и т. д.

Пояснительные надписи делаются стандартными, что позволяет по самому шрифту определить, к чему эта надпись относится. Цифровые обозначения применяются для указания числа дворов в сельских населенных пунктах, скорости течения рек, они же характеризуют дороги, мосты, лес и др. Цифры $\frac{30-8}{5}$, расположенные у моста, указывают в числителе соответственно его длину, ширину проезжей части (в м), а в знаменателе грузоподъемность (в тоннах); цифры $\frac{15}{0,25}$ 5, расположенные в контуре леса, характеризуют среднюю высоту деревьев — 15 м, толщину деревьев на уровне груди человека — 0,25 м. Справа среднее расстояние между деревьями — 5 м. Часто шрифтовые и цифровые условные знаки даются в сочетании. Например, надпись у брода *бр.* $\frac{0,8-107}{П-0,3}$,

означает, что глубина реки в этом месте равна 0,8 м, длина брода 107 м, дно песчаное, скорость течения воды 0,3 м/с.

Для изображения рельефа на планах и картах используются способы: штрихов, отмывки и горизонталей.

На рис. 17 рельеф изображен штрихами, густота и толщина которых усиливается с увеличением крутизны ската.

Подобным же образом изображается рельеф отмывкой (окраской), при этом более крутые склоны окрашиваются более темным тоном. Оба способа обладают наглядностью, однако из-за чрезвычайной их трудоемкости для выполнения на бумаге и, главное, недостаточной для инженерных целей точности наибольшее распространение получил способ горизонталей. *Горизонталями называются плавные кривые линии,*



Рис. 17. Изображение рельефа методом штрихов

проходящие через точки с одинаковой высотой. Возле некоторых горизонталей надписываются их высоты (отметки) и ставятся бергштрихи — черточки, указывающие направление стока воды. Подробно метод горизонталей рассматривается в § 69.

Условные знаки и пояснительные надписи должны быть расположены по определенному стандарту, что значительно облегчает пользование планами и картами. Надписи, как правило, принято делать горизонтально, а реки, ручьи хребты подписывать вдоль их направления. Отметки горизонталей подписываются в их разрыве так, чтобы верх цифр был обращен в сторону повышения ската местности.

Карты и планы выпускаются однокрасочные и многокрасочные (иллюминированные), в последнем случае получается большая выразительность за счет применения четырех красок. Зеленой краской обводятся контуры водоемов (рек, озер, прудов) и штрихуются болота, солончаки и заболоченные угодья; площади пресных водоемов окрашиваются бледно-синей краской, соленые и горько-соленые — подписываются; коричневой краской (жженой сиеной) показываются рельеф и пески; черной — остальные местные предметы, а также надписи. По своему назначению все условные знаки разделяются на топографические и специальные (отраслевые).

Условные обозначения, применяемые для составления топографических карт и планов — топографические условные знаки, устанавливаются Главным управлением геодезии и картографии при Совете Министров СССР и являются обязательными для всех ведомств, организаций и учреждений, ведущих съемочные работы. Это обеспечивает возможность свободного чтения карт и планов всеми, кто знает условные знаки, и позволяет использовать плановые материалы, созданные любой организацией, независимо от ведомственного подчинения.

Для удобства практического пользования все условные знаки (а их более 400) сведены в таблицы и издаются либо отдельно для каждого масштаба, либо для группы масштабов.

В таблицах условные знаки распределяются в следующие группы: населенные пункты, местные предметы, железные дороги и сооружения при них, шоссе и грунтовые дороги, гидрография, рельеф, растительность.

В этих таблицах каждый условный знак имеет свой порядковый номер, название и размер. Нужный номер условного знака легко найти по алфавитному указателю.

Во многих случаях, однако, указанными условными знаками нельзя изобразить на планах и картах требуемые предметы местности, главным образом специальные элементы землеустроительных планов, объекты промышленных предприятий, некоторые элементы инженерного оборудования населенных мест и др. Поэтому отдельные ведомства разрабатывают по согласованию с ГУГК дополнительные условные знаки применительно к условиям своего производства, являющиеся обязательными для учреждений и организаций данной системы. Примером этого могут быть «Условные знаки, применяемые при окраске планов внутрихозяйственного землеустройства, выдаваемых сельскохозяйственным артелям», изданные в 1951 г. Главным управлением землеустройства и севооборотов Министерства сельского хозяйства СССР.

Важнейшие топографические специальные условные знаки приведены на топографической карте масштаба 1 : 25 000 (Учебные топографические карты, издания ГУГК) и схеме внутрихозяйственного землеустройства совхоза «Гигант» (см. рис. 197).

Необходимо помнить, что условные знаки являются азбукой, без знания которой нельзя пользоваться планами и картами. Наилучшее изучение условных знаков достигается чтением планов и карт с использованием таблиц условных знаков в качестве справочников.

12. ЧЕРТЕЖНЫЕ ИНСТРУМЕНТЫ И МАТЕРИАЛЫ

Порядок выполнения геодезических чертежей. Заключительным этапом всяких геодезических работ является графическое оформление чертежей, при выполнении которого особое внимание уделяется точному и изящному вычерчиванию

карт, планов и профилей в соответствии с условными знаками. Вопросы изображения местных предметов и рельефа на геодезических чертежах, приемы черчения и способы овладения ими излагаются в специальном учебном предмете — топографическом черчении. Только при соблюдении приемов топографического черчения и наличии доброкачественных чертежных инструментов и материалов возможно высокое качество чертежных работ. Ввиду того что студенты агрономических специальностей курс топографического черчения не изучают, ниже кратко описываются основные приемы, инструменты и материалы, применяемые при выполнении геодезических чертежей.

Чертежные инструменты. Самыми простыми и необходимыми чертежными инструментами являются: линейка, треугольник, измеритель, циркуль, транспортир, рейсфедер и кисть.

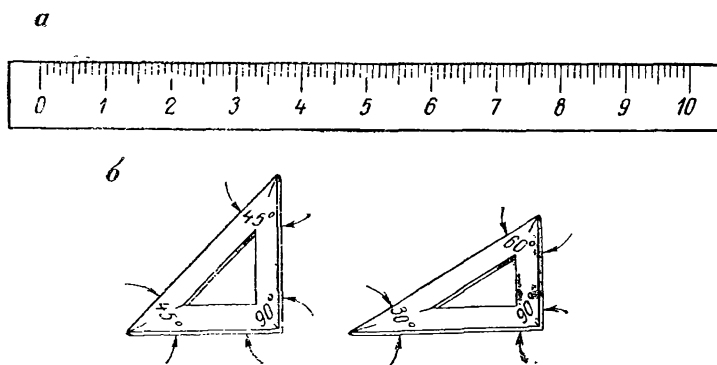


Рис. 18. Линейка, треугольники

Л и н е й к а (рис. 18, а) служит для проведения на бумаге прямых линий. Пригодная к работе линейка должна соответствовать двум требованиям: 1) не быть покоробленной; 2) каждое ребро ее должно представлять собой прямую линию. Первое условие проверяется на глаз или прикладыванием линейки плашмя к плоскости. Для проверки второго условия линейку кладут на чистый лист бумаги и по всей длине проверяемого ребра прочерчивают прямую линию твердым тонко очиненным карандашом; затем поворачивают линейку вокруг на 180° и снова прикладывают линейку тем же ребром к прочерченной линии. Если на всем протяжении прочерченная линия совпадает с краем линейки, то ребро это верно. Аналогично проверяется и второе ребро. Линейки могут изготавливаться из различных материалов (дерево, пластмасса и др.), но для точных работ следует применять металлические.

Т р е у г о л ь н и к (рис. 18, б) представляет собой комбинацию из трех линеек и служит в сочетании с линейкой для проведения перпендикулярных и параллельных линий. Для работы вполне достаточно иметь два прямоугольных треугольника: один с равными катетами (гипотенуза образует с катетами угол в 45°) и второй с катетами разной длины, у которого гипотенуза образует с меньшим катетом угол в 60° и с большим — в 30° . Треугольник должен быть также проверен: 1) он не должен быть покороблен (проверяется так же, как и в линейке); 2) каждое из трех ребер должно представлять прямую линию. Это условие можно проверять так же, как и в линейке, а при наличии выверенной линейки ребро угольника прикладывают к ребру этой линейки и смотрят, по всей ли длине угольник плотно пристает к линейке; 3) один из углов треуголь-

ника должен быть прямым. Это проверяют так: на листе бумаги к выверенной линейке AB (рис. 19) приставляют треугольник abc так, чтобы его край ac (меньший катет) плотно прилегал к линейке, и по второму катету ab проводят карандашом тонкую линию, затем, оставив линейку неподвижной, перекладывают угольник, вращая его вокруг катета ab (треугольник займет положение $a_1b_1c_1$). Если катет a_1c_1 плотно прилегает к линейке, а катет a_1b_1 совпадает с ранее прочерченной линией, следовательно, угол a прямой.

Измеритель используется для измерения и откладывания линий. У правильно собранного измерителя при сдвинутых ножках концы иглол должны давать одну точку. Иголочки ножек измерителя нужно держать в хорошо заточенном состоянии, так чтобы они давали накол диаметром менее 0,1 мм.

Для откладывания малых расстояний применяются циркули-измерители (рис. 20, а), микроизмерители (рис. 20, б), а для больших — штангенциркули (рис. 20, в).

Транспортир. Для построения и измерения углов на чертежах применяется транспортир, состоящий из масштабной линейки (см. § 8) и полукруга, разделенного на полуградусные и градусные деления от 0 до 180° (рис. 21).

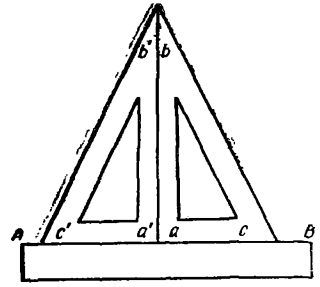


Рис. 19. Проверка треугольника

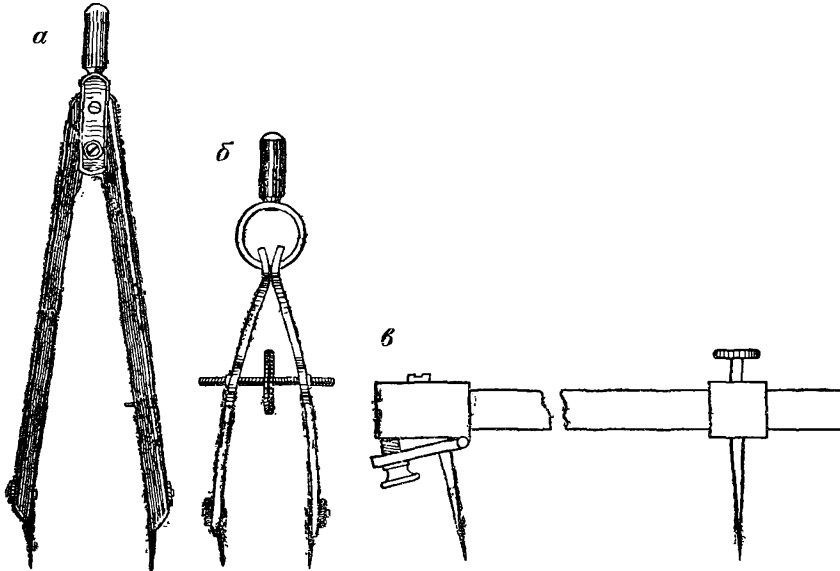


Рис. 20. Инструменты для измерения:

а — циркуль-измеритель; б — микроизмеритель; в — штангенциркуль

При измерении угла его вершину совмещают с точкой C (центром полукруглости транспортира), а одну из сторон угла — с направлением диаметра транспортира. Направление другой стороны укажет на делениях транспортира, какое число градусов содержит измеряемый угол. Аналогичным образом происходит и построение транспортиром углов.

Рейсфедер (рис. 22, а) служит для вычерчивания прямых линий с применением линейки. Состоит рейсфедер из стального пера и ручки. Заря-

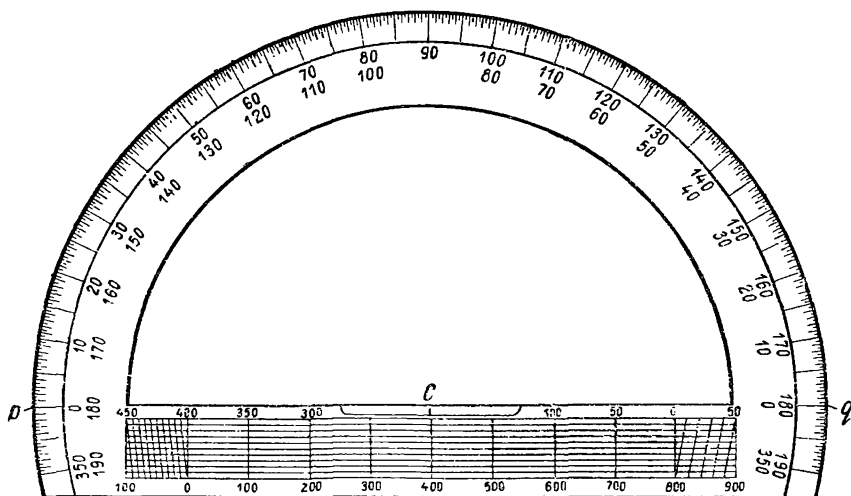


Рис. 21. Транспортир

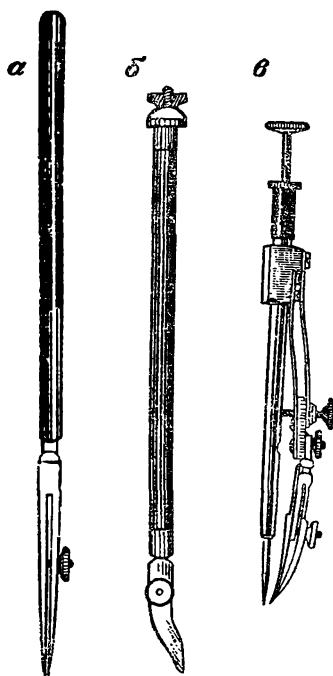


Рис. 22. Чертежные инструменты:

а — рейсфедер; б — рейсфедер-кривоножка; в — кронциркуль

жают рейсфедер тушью при помощи обычного пера. При черчении рейсфедер нужно держать перпендикулярно к бумаге, почти не надавливая на бумагу. Нижняя толщина линии устанавливается при помощи имеющегося на перо винта. Время от времени перо нужно очищать тряпочкой от высыхающей на нем туши.

Рейсфедер-кривоножка (рис. 22, б) применяется для проведения кривых линий.

К р о н ц и р к у л ь. Для вычерчивания окружностей малого радиуса пользуются круговым циркулем (рис. 22, в), у которого конец одной ножки объемный, который позволяет вставлять карандаш или рейсфедер.

Г о т о в а л ь н и. Комплект чертежных инструментов (циркули, рейсфедеры, кронциркули и др.), помещенных в специальный футляр, называется готовальней. В зависимости от числа инструментов в наборе готовальни распределяются на малые, средние и большие.

В набор средних и больших готовален входит свыше десятка предметов. Для топографического черчения выпускают специальные готовальни.

Чертежные инструменты должны содержаться в чистоте и исправном состоянии. После окончания работы они должны быть протерты замшей или сухой мягкой тряпочкой.

Л е к а л а. Меридианы и параллели на картах, а также другие кривые линии с переменной кривизной чертят при помощи специальных кривых или фигурных линеек, называемых лекалами (рис. 23), края которых представляют собой кривые различных радиусов. Для проведения линии по лекалу сначала находят на чертеже положение трех-четырёх точек, которые и позволяют подобрать подходящее лекало.

Чертежные материалы. **Б у м а г а.** Для составления карт, планов и профилей применяются различные сорта бумаги. Лучшими сортами чертежной бумаги являются: бумага фабрики «Гознак», имеющая просвечивающиеся водяные отпечатки, «Ватман» и обыкновенная чертежная бумага. Хорошая чертежная бумага должна быть крепкой и гибкой, не впитывать акварельную краску и тушь, не лохматиться во время чистки, незначительно деформироваться, не желтеть под действием света, иметь одну сторону шероховатую, а другую — гладкую. Односторонние планы удобнее чертить на гладкой стороне, а шероховатую поверхность используют для карт и планов, раскрашиваемых акварельными красками.

Чертежи, как правило, выполняются на листах бумаги определенных стандартных размеров. Самый большой размер стандартного листа 1152×814 мм, а далее следуют размеры листов бумаги в таком порядке (в мм): 814×576 ; 576×407 ; 407×288 ; 288×203 ; 203×144 , т. е. каждый последующий размер листа по площади вдвое меньше предыдущего.

В некоторых случаях для предохранения планов и карт от деформации бумага, на которой они составляются, предварительно наклеивается на тонкие листы фанеры или алюминия и в таком виде сохраняется после вычерчивания.

В последние годы для составления оригиналов применяются заменители бумаги — винипроз и астролон, обладающие большой прочностью, прозрачностью, незначительной деформацией и, главное, на них хорошо ложится специальная тушь.

Для составления профилей и различных схем используют миллиметровую бумагу, на которой по желтому, голубому или синему фону нанесены квадраты со стороной 1 мм, более толстыми линиями выделены квадраты со сторонами 1 см и 1 дм.

Копирование чертежей производят на прозрачную провощенную бумагу, называемую калькой или восковкой.

Т у ш ь. Окончательная отделка чертежа, составленного карандашом, выполняется тушью. Тушь бывает жидкая разных цветов и сухая в виде палочек (только черная). Сухая тушь перед употреблением натирается кругообразным движением в специальных тушницах (баночках с шероховатым дном) в теплой воде; чтобы натертая тушь не смывалась водой, в нее добавляют две-три капли уксусной кислоты или двуххромовокислого калия (хромпика). Необходимо помнить, что тушь быстро сохнет, а поэтому ее следует всегда держать закрытой. Тушь нужно оберегать также от мороза, так как при замерзании она портится.

К р а с к и. Для окраски (иллюминировки) планов и карт применяются акварельные краски — краски, разводимые водой.

Основные цвета акварельных красок: красный, синий и желтый; смешение их в различных комбинациях и пропорциях дает различные цвета и оттенки,



Рис. 23. Лекала

применение которых обуславливается действующими условными знаками.

Акварельные краски бывают твердые (в плитках), мягкие (в фаянсовых чашечках) и полужидкие (в грубках).

Чертежные принадлежности. Карандаши. Применяются простые (нечернильные) карандаши с граненой оправой, чтобы они не скатывались с чертежной доски.

Твердость карандаша отмечается на его фабричном клейме буквенными и цифровыми обозначениями. Твердые карандаши в порядке возрастания твердости обозначаются Т, 2Т, 3Т и т. д. Мягкие — в порядке возрастания мягкости М, 2М, 3М и т. д. Карандаши ТМ по твердости графита занимают среднее положение между карандашами Т и М (среднетвердые). Точные и тонкие чертежные работы выполняются сравнительно твердым карандашом 2Т. Карандаш должен быть достаточной длины для того, чтобы иметь устойчивое положение в руке.

Точность работы карандашом во многом зависит от правильной его заточки: острым ножом срезают на конус дерево карандаша на длине 25—30 мм так, чтобы графитовый стержень выступал на 8—10 мм, образуя вершину конуса. Обработку (заострение) графита можно производить на наждачной бумаге, наклеенной на картон или фанеру. Окончательную шлифовку и заострение графита производят на обычной твердой бумаге, положенной на ровную поверхность.

Резинки. Для удаления с чертежа карандашных линий применяются мягкие простые белые резинки, которые легко стирают карандаш и не пачкают бумагу. Снятие с чертежа линий, проведенных тушью, проводится твердыми мелкозернистыми стеклянными резинками, а также острыми перочинными ножками и хирургическими скальпелями. Соскабливать тушь нужно осторожно, не спеша и не нажимая на бумагу, чтобы не порвать ее. После того как основная масса туши снята лезвием ножа, остаток туши счищается твердой резинкой. Зачищенное на бумаге место должно быть зашлифовано твердым предметом, например костяной рукояткой ножа.

Кисти. При окраске (иллюминовке) чертежей употребляются мягкие кисти № 7—15, изготавливаемые из волос хорька, белки или зайца. Кисть считается хорошей, если при смачивании имеет правильный острый конусообразный конец без отделившихся волосков. Отжимаются кисти промокательной бумагой.

Перья. При черчении применяют специальные чертежные перья № 40, 41, 291 и 2350, отличающиеся от обычных меньшими размерами. Такое перо имеет очень острый конец, позволяющий проводить тонкие линии. Во время работы тушь набирается обычно на верхнюю сторону пера. Перо протирается хлопчатобумажной тряпочкой.

Ручки. Пользуются специальными тонкими ручками, а при отсутствии их — обычными ученическими.

Чертежная доска. При составлении чертежей бумага приклеивается (крахмальным клеем или взбитым яичным белком) или прикрепляется кнопками к чертежной доске, рабочая плоскость которой должна быть плоской. Для проверки этого условия прикладывают к доске ребро выверенной линейки и передвигают его во всех направлениях. Если между поверхностью доски и ребром линейки не будет заметных просветов, то доска пригодна к работе. Лучшие чертежные доски — липовые.

Общие правила выполнения геодезических чертежей. Геодезические чертежи выполняются в следующем порядке.

1. Составляют чертеж в карандаше и производят разграфку строк для надписей.

При выполнении первой части работы — составлении чертежа в карандаше — не следует сильно нажимать на бумагу, чтобы не оставлять углубленных бороздок. Толщина линий, проводимых хорошо отточенным карандашом, должна быть равна 0,15 мм, а укол такого карандаша представляет точку диаметром 0,3 мм. При черчении нужно стараться не загрязнять бумагу карандашом, руками, нижней поверхностью линейки, треугольника или транспортира, а поэтому как руки, так и инструменты должны быть чисты.

Для надписей проводят две горизонтальные параллельные линии, расстояние между которыми обуславливается высотой букв.

2. Оформляют чертеж тушью, вычерчивая все линии и делая все надписи. Эта работа проводится рейсфедером, кривоножкой или просто чертежным пером.

Толщина линий, размеры условных знаков выполняются в точном соответствии с действующими инструкциями.

Большое внимание уделяется правильному расположению и качественному вычерчиванию надписей, составляющих значительную часть нагрузки карт, планов и профилей и значительно способствующих раскрытию их содержания. Все заголовки и пояснительные надписи располагают параллельно верхнему обрезу листа. Исключение составляют названия рек, ручьев, урочищ, которые размещают параллельно оси этих местных предметов. Надписи должны быть отчетливыми, однако располагать их нужно так, чтобы они не затеняли других элементов чертежа. Оформление чертежа должно быть стандартным по содержанию (кроме заголовка), но выполняться может различными шрифтами. Вид шрифта и его размер зависят от характера надписываемого предмета и масштаба чертежа. Шрифт должен быть четким, ясным, изящным и простым для выполнения. Для сельскохозяйственных планов чаще всего применяется н о р м а л ь н ы й шрифт. Линии букв этого шрифта имеют одинаковую толщину, а сами буквы наклонены к строке под углом в 75°. В зависимости от назначения надписи буквам даются различные размеры (табл. 8).

Т а б л и ц а 8

Показатели	Размеры по номерам шрифтов, мм							
	20	14	10	7	5	3,5	2,5	1,5
Высота букв и цифр	20	14	10	7	5	3,5	2,5	1,5
Ширина цифр и букв, кроме Д, Ж, М, Ф, Ш, Щ, Ы, Ю	14	10	7	5	3,5	2,5	1,7	1,0
Ширина букв Д, Ж, М, Ф, Ш, Щ, Ы, Ю	20	14	10	7	5	3,5	2,5	1,5
Расстояние между буквами и цифрами	7	5	3	2	2	1,5	1,0	0,5
Толщина обводки букв и цифр	2,5	2,0	1,5	1,0	0,7	0,5	0,3	0,2
Расстояние между строками	25	20	15	12	10	7	5,0	3,0

П р и м е ч а н и я:

1. Нижние отростки букв Д, Ц и Щ делают за счет нормальных промежутков между строками.
2. Расстояния между словами должны быть не менее ширины одной буквы шрифта данного номера.
3. Высота всех букв в строке одинакова.
4. Расстояние между буквами Г и А, Г и Д, Р и А, стоящими в слове рядом, можно несколько уменьшать по сравнению с указанными размерами.
5. Если слово пишется с заглавной буквы, то толщина обводки этой буквы должна быть такой же, как и всех остальных строчных букв.

Для вычерчивания надписей проводят для каждой строчки две горизонтальные параллельные линии (расстояние между ними определяется высотой

букв или цифр), на которых откладывают ширину букв и расстояния между ними; отмеченные точки при помощи линейки соединяют прямыми линиями — получается сетка параллелограммов (для букв высотой меньше 3 мм сетка не строится). По этой сетке строятся буквы и цифры вначале карандашом, а затем тушью. Мелкие надписи выполняются чертежными перьями, а крупные — особыми металлическими и стеклянными трубочками или перьями «Редис».

Примеры размещения надписей и оформления шрифтов на геодезических чертежах приводятся в инструкциях и таблицах условных знаков.

3. Очищают чертеж от лишних линий, грязи при помощи мягкой и жесткой резинок.

4. Окрашивают (иллюминируют) план. Эту работу нужно выполнять быстро и с особой аккуратностью, чтобы не образовать подтеков. Предварительно растворив акварельную краску в воде, начинают окраску контура с верхней части и горизонтальным слоем спускают краску, кистью помогая ей скатываться по наклонной плоскости чертежа. Дойдя до нижней части контура, лишнюю краску собирают. Кисти после работы хорошо промывают и отжимают для просушки.

РАЗДЕЛ II

ГОРИЗОНТАЛЬНАЯ СЪЕМКА ТЕРРИТОРИИ

Глава III

ВЕЩЕНИЕ И ИЗМЕРЕНИЕ ЛИНИЙ

§ 13. ЗАКРЕПЛЕНИЕ И ОБОЗНАЧЕНИЕ ТОЧЕК И ЛИНИЙ НА МЕСТНОСТИ

Как уже отмечалось, контуры ситуации имеют в природе различную форму и только в отдельных случаях бывают прямыми. При съемке криволинейных контуров, а также извилистых границ вместо кривой линии измеряют близкую к ней ломаную, состоящую из ряда прямых. Прямая линия на местности, как известно, определяется двумя точками, одна из которых находится в начале линии, а другая — в конце.

Для того чтобы измерить длину линии или угол между двумя линиями на местности, конечные точки линий, а значит, и сами линии нужно закре-
пить, а чтобы увидеть эти точки издали, — обозначить.

Закрепление точек и линий на местности. Для закрепления точек в зависимости от условий местности, назначения съемки, точности измерений, требований к сохранению точек применяются различные знаки.

Если точка имеет временное назначение (например, на период производства съемки), то для ее закрепления используются колышки длиной около 20—25 см с поперечным сечением 3×3 см.

Один конец колышка заострен, другой имеет плоскую поверхность. Такой колышек забивают в землю так, чтобы его верхняя часть оставалась над поверхностью земли. На боковой поверхности колышка простым черным карандашом пишется очередной номер точки, которую представляет собой центр верхушки колышка (при измерениях повышенной точности в верхний конец колышка забивают гвоздь). Так как не исключена опасность утратить колышек, то для лучшего обозначения точки его окапывают канавкой в виде окружности, равностороннего треугольника или квадрата, внутри которых легко впоследствии его отыскать.

Иногда колышек забивают вровень с землей, а для отыскания рядом с ним ставят еще один колышек, возвышающийся над землей на 10—15 см. Колышек, забитый вровень с землей, называется *точкой*, а стоящий рядом — *сторожкой* (рис. 24). На обращенной к точке стороне сторожка пишут номер.

В тех случаях, когда точки необходимо сохранить надолго (точки поворота границ колхозов, совхозов, лесных хозяйств и др.), закрепление производят столбами длиной 1,2—1,5 м, диаметром 0,15—0,20 м. К нижней части столба прикрепляют крестообразную перекладину длиной 0,5—0,6 м, чтобы предохранить его от вытаскивания из земли. Столб на 0,7—1,0 м закапывают в землю, окапывают канавой, а вынутую землю отбрасывают к столбу и образуют курган, имеющий форму усеченного конуса (рис. 25). Иногда для точного обозначения точки в верхний торец столба забивают гвоздь. В яму под столбом

закладывают камень, кирпич, уголь, стекло и другие предметы для того, чтобы в случае утери столба можно было восстановить место его нахождения.

Часть столба, зарываемую в землю, для предохранения от преждевременного загнивания нужно предварительно осмолить или обжечь.

В верхней части столба делают затес, на котором выжигают или пишут масляной краской серп и молот (для поворотных точек границ землепользований) или записывают номер точки и другие данные (для всех точек). Плоскость выреза при установке столба обращают на следующую по ходу поворотную точку.

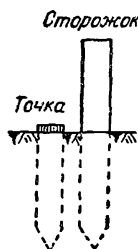


Рис. 24. Закрепление точки столбом

Для более продолжительного сохранения точек вместо деревянного столба применяют полутораметровые отрезки рельсов, металлических, гончарных или асбестовых труб, каменные столбы с крестовиной внизу.

В пределах города точки закрепляются при помощи металлических стержней, которые закладываются под асфальт тротуара и накрываются чугунной крышкой вровень с поверхностью асфальта.

Пункты государственной геодезической основы закрепляют особыми центрами, конструкции которых должны обеспечить их неподвижность и сохранность на протяжении многих лет. Центр состоит из двух-трех каменных или железобетонных монолитов, каждый из которых представляет усеченную четырехгранную призму с смонтированным в верхнее основание чугунным диском (маркой). В центре диска имеется отверстие, которое и обозначает точку на местности. Монолиты устанавливают один над другим в котловане с таким расчетом, чтобы центры их дисков находились на одной отвесной линии (это позволит в случае нарушения верхнего монолита установить его по нижним) и чтобы диск верхнего монолита располагался на 0,3 м ниже поверхности земли. После установки монолитов котлован засыпают, окапывают канавой и насыпают курган (рис. 26).

Некоторые точки представляют интерес только в высотном отношении. Такие точки закрепляются специальными знаками — реперами и марками.

Реперы устанавливают либо в цоколи каменных фундаментальных сооружений (водонапорных башен, устоев мостов), а также капитальных зданий (стенные реперы), либо в грунт (грунтовые реперы).

В первом случае реперы, отливаемые из чугуна, представляют собой диск и стержень с выступами (рис. 27). Стержень помещают в отверстие, специально пробитое в здании (на высоте 30—50 см от земли), и закрепляют цементным раствором. Диск репера выступает из стены на 3,5 см, для верхней его части определяется отметка.

Грунтовые реперы, представляющие собой временные знаки, устанавливают в тех случаях, когда невозможно заложить стенные реперы из-за отсутствия прочных зданий и сооружений. В зависимости от наличия строительных материалов грунтовые реперы могут быть либо в виде деревянного столба с кресто-

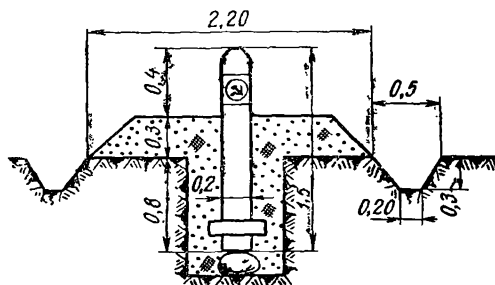


Рис. 25. Межевой столб

виной внизу и полочкой в верхней части, либо в виде отрезка рельса, металлической трубы и др. Закладывают грунтовый репер с таким расчетом, чтобы нижняя часть располагалась ниже слоя грунта, подверженного промерзанию, и обязательно в надежных местах, не подвергаемых затоплению, размыву и пр.

Марки отличаются от ственных реперов тем, что в центре диска марки имеется небольшое углубление, которое и принимается за основную точку. Закладываются марки в стену заподлицо, на высоте 1,5—2,0 м над землей.

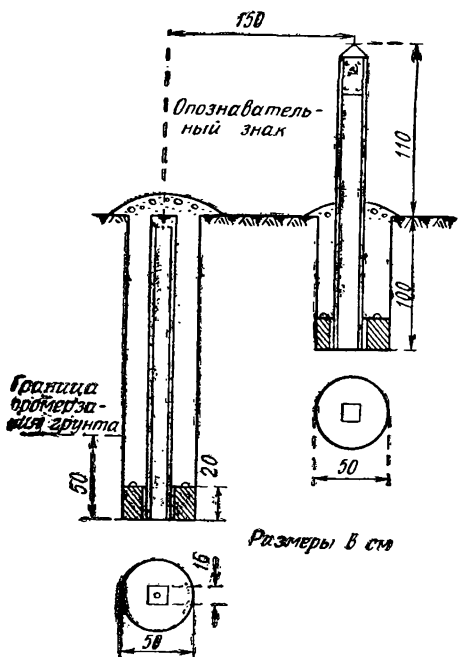


Рис. 26. Центр

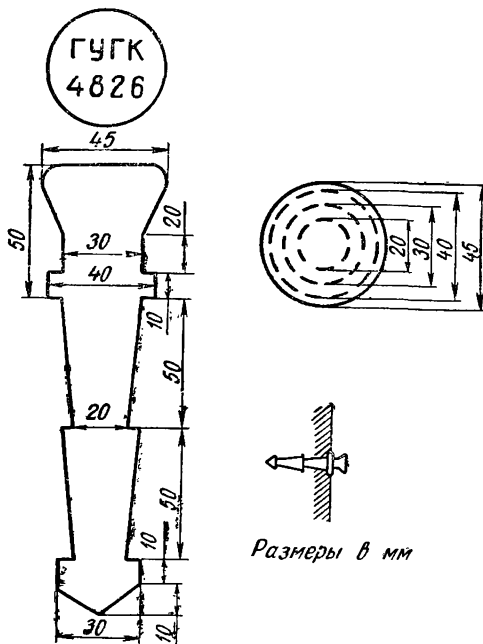


Рис. 27. Стенной репер

Обозначение точек и линий. Для обеспечения взаимной видимости закрепленных на местности точек их обозначают путем установки над ними разнообразных по размерам и конструкциям наземных геодезических знаков.

Обозначение точек при съемке проводится чаще всего с помощью вехи, устанавливаемой на кольшек-точку или в непосредственной близости от него. Веха представляет собой прямой, легкий и тонкий деревянный или металлический шест длиной до 3 м, нижний конек которого заострен. Для того чтобы веху было хорошо видно как на светлом, так и на темном фоне, ее окрашивают через каждые 20 см в белый и красный цвет (рис. 28). Иногда для обозначения точек применяются рейки (см. § 63).

Вехи, отвесно поставленные в начале и конце данной линии местности, тем самым ее обозначают, делая видимым направление и длину. В некоторых случаях для обозначения на местности линий недостаточно обозначить их конечные точки. Так, например, линии границ землепользований в поле обозначают межами, а в лесу — просеками, если есть разрешение лесхоза

Опорные пункты государственных геодезических сетей, расстояния между которыми достигают 25—35 км, обозначаются постоянными деревянными или

металлическими знаками — пирамидами (рис. 29) и еще более сложными сооружениями — сигналами (рис. 30) высотой в несколько десятков метров.

Установленные на длительное время знаки, которыми закрепляются или обозначаются точки, сдаются по акту местным органам власти для охраны.



Рис. 28. Веха

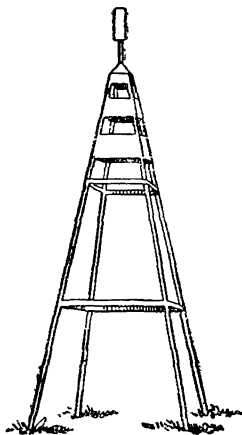


Рис. 29. Пирамида

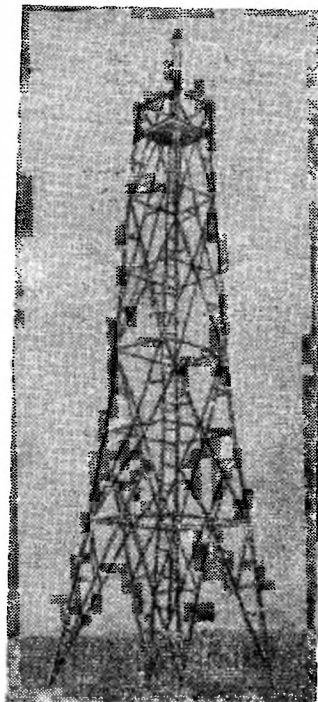


Рис. 30. Сигнал

§ 14. ВЕШЕНИЕ ЛИНИЙ

Если длина линии более 100—130 м или видимость между точками затруднена, то для обозначения линии на местности и уточнения съемки ситуации методом перпендикуляров линию обозначают рядом дополнительных (промежуточных) вех, устанавливаемых в воображаемой вертикальной плоскости, проходящей через данную линию и называемой створом линии. Установка вех в створе линии называется вешением (провешиванием) линии. Выставленные при вешении вехи должны закрывать одна другую, если на них смотреть из любой точки провешиваемой линии.

Существует два вида вешения: 1) по продолжению линии; 2) между двумя точками.

Вешение по продолжению линии. Предположим, что на местности дана линия AB , которую требуется продолжить (рис. 31). В точках A и B устанавливают вехи, после чего съемщик, взяв запас вех, отходит по заданному направлению на 70—100 шагов, поворачивается лицом к поставленным вехам и пере-

двигается вправо или влево до тех пор, пока вежа в точке *B* не закроет вежу в точке *A*, и на этом месте (точка *I*) отвесно втыкает свою вежу в землю. Затем, ступив от точки *I* на несколько шагов в направлении точки *2*, съёмщик проверяет, покрывает ли вежа, установленная в точке *I*, первые две вежи *B* и *A* и не наклонена ли она в сторону. Исправив, если надо, положение вежи и прочно установив ее в точке *I*, аналогичным образом устанавливают вежи в точках *2* и *3*.

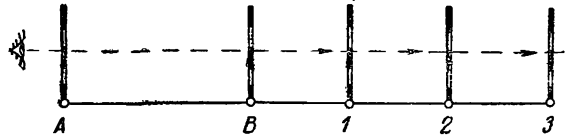


Рис. 31. Вешение по продолжению линии

Вешение линии между двумя точками. Вешение линии между двумя точками может выполняться как с конца, так и из середины линии.

Вешение линии с конца

В тех случаях, когда линия проходит в равнинной местности, вешение, как правило, проводится с конца. Так, вешение линии *AB* (рис. 32), как и любой другой линии, начинают с установки вех в начале и конце ее. Затем съёмщик становится в нескольких шагах за точкой *A* на продолжении линии с таким расчетом, чтобы вежа *A* закрывала вежу *B*, а своего помощника с запасом вех посылает вперед по линии. Помощник движется примерно в створе линии *AB* и, не доходя до точки *B* 50—100 м, останавливается и поворачивается лицом в сторону съёмщика, держа вежу несколько выше центра тяжести, чтобы вежа висела над землей по отвесной линии. Выполняя сигналы съёмщика о передвижении вправо или влево, помощник держит вежу несколько на откосе, чтобы своим телом не заслонять вежи *B*. По сигналу «воткнуть вежу» помощник дает возможность веже свободно отвесно скользнуть в ладони и тем самым обозначить на земле точку, которая должна быть отмечена вежой. Не сводя глаз с намеченной точки, помощник берет вежу обеими руками и несколькими сильными ударами вгоняет конец вежи в землю.

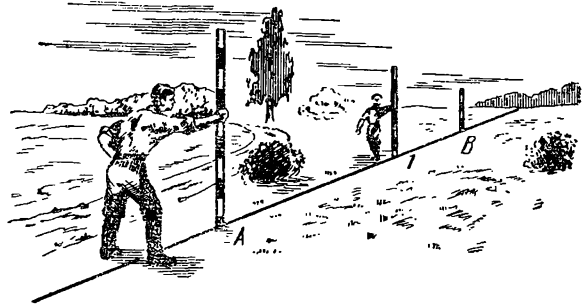


Рис. 32. Пример вешения линии

Убедившись по сигналу съёмщика, что вежа находится точно в створе, помощник аналогично устанавливает вежу в точках *2*, *3*, *4*. Как видно из чертежа (рис. 33), расстановку вех съёмщик ведет от дальней точки на себя, отсюда описанный способ называется способом вешения «на себя».

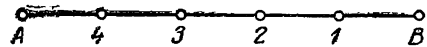


Рис. 33. Вешение линии на себя

Вешение «от себя» отличается тем, что установка промежуточных вех идет от вежи *A* к дальней точке *B* в обратной последовательности, т. е. *4*, *3*, *2*, *1*.

Вешение линии из середины

Если между конечными точками линии находится какое-либо препятствие (холм, овраг и др.), то обычно применяется вешение из середины, техника выполнения которого излагается ниже.

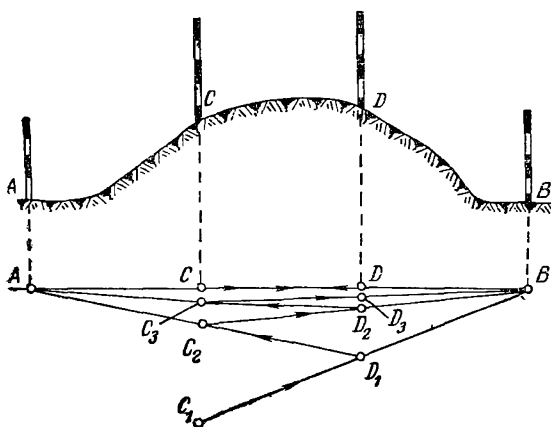


Рис. 34. Вешение через возвышенность

Так же выставляются вехи D_2 , C_3 , D_3 и, наконец, C и D . Вехи C и D устанавливают так, чтобы съемщику, находящемуся в точке C , веха D закрывала веху B , а помощнику в точке D веха C закрывала веху A . Такое положение свидетельствует, что вехи C и D находятся в створе с вехами A и B .

Вешение через овраг (рис. 35) проводится путем постепенного спуска и выставления вех в створе линии на склонах. Съёмщик становится на

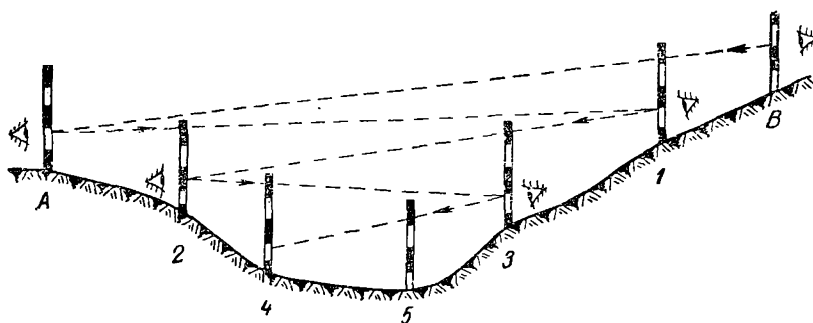


Рис. 35. Вешение через овраг

продолжении линии в нескольких шагах от точки B_2 и по вехам B и A направляет своего помощника с вехой в точку 1 , находящуюся в створе вех A и B . Затем по вехам A и 1 устанавливают веху 2 и по вехам 1 и 2 — веху 3 и т. д.

Точное вешение длинных линий выполняется с помощью прибора (например, теодолита); если же не требуется высокая точность, то короткие линии провешиваются на глаз.

При вешении необходимо соблюдать следующие правила.

1. Вешение всегда производить на себя. При установке вех от себя ближняя веха закрывает следующую и не позволяет точно установить ее.

2. Определять створность нужно не менее чем по трем-четырем вехам, визируя при этом обоими глазами.

3. Вешить следует по низу вех, а не по вершинам, которые могут оказаться отклоненными от вертикального положения.

4. Все указания относительно передвижения и установки вех передавать помощнику заранее установленными сигналами, которые обычно подаются руками. Так, движение руки вправо или влево показывает, куда нужно передвигать веху; резкое движение руками сверху вниз — поставить и закрепить веху, а такое же движение снизу вверх — убрать веху; движение руки вправо или влево — поправить верх вехи, подав ее по направлению движения руки; сложение рук над головой означает правильную установку вехи.

5. Вехи нужно настолько глубоко втыкать в землю, чтобы они не наклонялись от ветра.

6. На ровной местности вехи следует устанавливать на расстоянии 50—100 м одну от другой, на холмистой — 10—50 м.

7. По окончании вешения обязательно проверить правильность выполненной работы. Для этого съемщик становится несколько в стороне от створа линии и наблюдает, как его луч зрения касается выставленных вех. Если вешение проведено правильно, то ряд выставленных вех создаст впечатление длинного забора, по которому скользит луч зрения, в противном случае ряд вех создаст впечатление кривой линии (рис. 36).

На практике могут встретиться и другие случаи вешения линии — вешение с обходом препятствия; вешение линии, проходящей через лес или кустарник, и др. В каждом конкретном случае, пользуясь изложенной выше методикой, нужно выбрать метод вешения и инструменты, необходимые при этом.

§ 15. ПРИБОРЫ ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ЛИНИЙ НА МЕСТНОСТИ И ИХ ПОВЕРКИ

Для непосредственного измерения длин линий на местности применяют: мерную ленту, рулетку, полевой циркуль.

Посредственное измерение линий проводится специальными приборами, называемыми дальномерами (см. § 35).

Мерная лента. Стальная лента является наиболее распространенным прибором для измерения линий. Она представляет собой стальную полосу длиной 20 м, шириной 15—20 мм, толщиной 0,4 мм. Иногда применяют ленты длиной 24, 30, 50 и 100 м. Концы ленты закрепляют в толстые металлические планки, к которым крючками прикрепляют ручки. Начало и конец ленты отмечены штрихами. Такие ленты называются штриховыми в отличие от концевых, у которых за длину принимают расстояние между концами ручек. Каждый метр на ленте отмечен металлической пластинкой с отштампованным на ней числом, причем на одной стороне ленты счет идет от одного ее конца, а на другой — от другого; полуметры обозначены латунными, медными или алюминиевыми заклепками, а дециметры — сквозными отверстиями, расположенными по оси ленты (рис. 37), сантиметры отсчитываются на глаз.

При перевозке и хранении ленту наматывают на специальную оправу — железное кольцо диаметром около 20 см (рис. 38), имеющее ушки, в одно из которых ввинчивается болтик, удерживающий ленту на кольце.

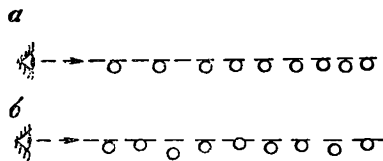


Рис. 36. Проверка вешения:
а — точное вешение; б — неточное вешение

Необходимой принадлежностью ленты является комплект из 10 шпильек по 30—40 см длиной, изготовленных из толстой стальной проволоки (рис. 39). Шпильки применяются для того, чтобы отмечать на местности число целых лент, уложенных в измеряемой линии, конец каждой ленты отмечается вертикально воткнутой в землю шпилькой. Шпильки при переносе надеваются на металлическое кольцо (см. рис. 39), которых рекомендуется иметь два — одно для рабочего, ставящего шпильки, а другое — для рабочего, собирающего их.

Проверка ленты. Правильно измерить линию местности можно только при условии, что лента будет точно равна 20 м. Вот почему перед началом работ делают проверку ленты — определяют ее действительную длину, сравнивая с нормальной мерой, которая называется эталоном. Приборы, на которых проверяют длины лент, называются компараторами, а сама проверка — компарированием.

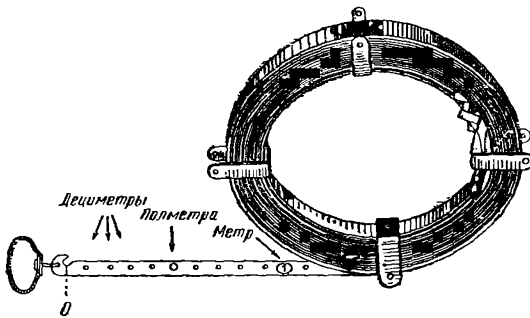


Рис. 37. Мерная штриховая лента

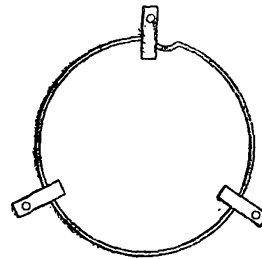


Рис. 38. Кольцо



Рис. 39. Комплект шпильек

На производстве компарирование лент чаще всего проводится путем сравнения их длины с нормальной (контрольной) лентой. Такая лента, длина которой точно определяется на компараторе, служит только для проверок других лент и в полевых измерениях не используется.

Для компарирования обе ленты укладывают рядом на горизонтальной плоскости, совмещают начальные штрихи и, натянув ленты с одинаковой силой, проверяют совпадение штрихов на их противоположных концах. Если одноименные штрихи не совпадают, то металлической линейкой с миллиметровыми делениями измеряют разность между ними. Если разность превышает ± 2 мм, то в результаты измерений нужно вводить поправки.

Так, если длина ленты отличается от эталона на величину Δl , то при измерении линий каждая укладка ленты вносит ошибку, равную Δl , а общая ошибка измерения будет равна $n \Delta l$ (n — число уложенных лент). Если лента короче 20 м на Δl , то результат измерения будет больше действительного на $n \Delta l$. Таким образом, для определения правильной длины линии необходимо ввести поправку, т. е. из полученного результата измерений вычесть величину $n \Delta l$. Если лента длиннее 20 м на Δl , то результат измерения меньше действительного на $n \Delta l$, и тогда величину этой поправки следует прибавить к результату измерения.

Рулетка. Для измерения небольших расстояний также применяются стальные и тесьмяные рулетки (рис. 40) длиной 5, 10 и 20 м.

Одна из сторон рулетки разделена на сантиметры, а иногда и миллиметры. Метровые и дециметровые деления оцифровываются.

Рулетки наматываются на ось, находящуюся внутри металлического или пластмассового футляра, при помощи небольшой рукоятки.

Проверка рулетки производится сравнением с длиной нормальной (контрольной) ленты.

Измерение рулеткой производится так, как и мерной лентой (см. § 16).

Мерный циркуль. Нередко в колхозах и совхозах для быстрых измерений линий применяют так называемые мерные циркули — «двухметровки» (рис. 41). Этот циркуль представляет собой деревянный мерный циркуль

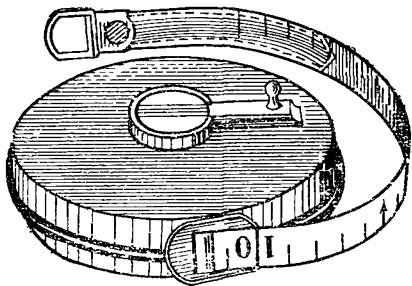


Рис. 40. Рулетка

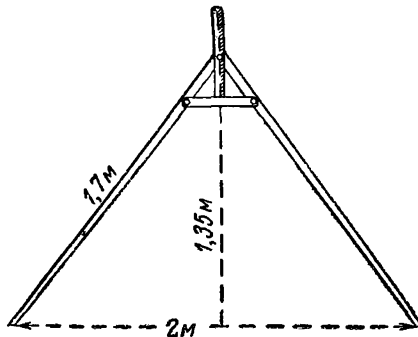


Рис. 41. Мерный циркуль

с двухметровым раствором концов ножек (для удобства переноски и хранения их часто делают складными). Мерные циркули удобно применять при измерении четко обозначенных линий местности (край межи, канавы, дороги и пр.). Измерение линий производят вращением мерного циркуля строго по линии, при этом измеряющий считает повороты циркуля.

§ 16. ИЗМЕРЕНИЕ ЛИНИЙ. ПОНЯТИЕ ОБ ОШИБКАХ И ТОЧНОСТИ ИЗМЕРЕНИЯ ЛИНИИ

На местности можно измерять только прямые линии. В случае, если линия кривая, то ее предварительно разбивают на отрезки, которые принимают за короткие прямые, и, таким образом, вместо кривой измеряется ломаная линия.

До начала измерений линию обязательно провешивают или по крайней мере устанавливают вежу в концах ее, если длина линии не превышает 100—150 м. Измерение линии лентой, сущность которого заключается в последовательном укладывании ленты по измеряемой линии, ведется двумя рабочими в следующем порядке.

Вывинтив закрепительный болтик из кольца, передний рабочий разматывает ленту, забирает кольцо с десятью шпильками и, взяв в руки ручку ленты, идет вперед по линии.

Задний рабочий совмещает начальный штрих своего конца ленты с началом измеряемой линии — серединой столба (кольшка) и, придерживая ручку ленты рукой или наступив на нее ногой, устанавливает переднего точно в створе линии.

Передний, стараясь не сдвинуть конец ленты в сторону, встряхивает волнообразно ленту, придавая ей прямолинейное направление и натягивая, чтобы не было прогибов, прижимает к земле свой конец ленты. После этого снимает с кольца первую шпильку и через вырез на конце ленты втыкает ее в землю.

По сигналу переднего рабочего («готово!») задний освобождает конец ленты, передний снимает ленту со вставленной им шпильки, и оба идут вперед, держа ручки ленты в руках.

Затем задний рабочий, дойдя до шпильки, оставленной передним, дает команду «стой», задевает вырезом ленты за воткнутую в землю шпильку и, придерживая при этом шпильку рукой, снова направляет переднего рабочего в створ линии. Следует отметить, что передний рабочий и сам может стать в створе линии, не ожидая команды заднего. Для этого он должен занять такое положение, чтобы голова заднего рабочего и задняя вежа находились на одной линии.

После того как передний рабочий воткнет в землю вторую шпильку, задний вынимает первую шпильку (по вынутым шпилькам ведется счет уложенных лент), надевает ее на свое кольцо, и оба идут вперед.

Израсходовав все десять шпильек, укладывают ленту описанным выше порядком одиннадцатый раз. При этом передний рабочий придерживает на земле конец ленты, а задний вынимает последнюю шпильку и по счету передает переднему 10 шпильек; измерение продолжается прежним порядком. Каждая передача задним рабочим переднему десяти шпильек должна учитываться в журнале для записи результатов измерений. Обычно эти записи ведет третий член измерительной группы — инженер или техник, который, кроме этого, наблюдает за точностью измерений, производит окончательное определение длины линии.

При подходе к концу измеряемой линии передний рабочий протягивает ленту вперед за кольцо, на всю ее длину, после чего определяют длину остатка, т. е. считают число метров, дециметров и сантиметров от последней воткнутой в землю шпильки до центра кольца.

При этом ленту нужно натягивать и следить, чтобы она не перевертывалась, так как последнее может привести к неправильному отсчету целых метров из-за обратной подписи делений на нижней стороне ленты (например, прочесть 8 м вместо 12 м).

Общая длина линии L определяется по формуле

$$L = nl + r + n \Delta l,$$

где l — номинальная длина ленты; n — число всех отложенных лент; r — значение остатка, Δl — поправка за компарирование.

Ошибки измерения линий. Измерение линий сопровождается систематическими, случайными и грубыми ошибками. Систематические ошибки появляются при одних и тех же обстоятельствах, имеют одну и ту же величину и один и тот же знак, например измерение неверной лентой приводят к тому, что результаты измерений систематически увеличиваются или уменьшаются. Во избежание влияния этого рода ошибок ленты до начала работ компарируют, а затем в результаты измерений вводят соответствующую поправку.

Случайные ошибки возникают от различных причин (неравномерное натяжение ленты, неверное укладывание ее в створе линии, провес или прогиб ленты, неточная отметка на местности концов ленты) и учесть их невозможно. Тщательным измерением можно свести к минимуму случайные ошибки и тем самым повысить точность результатов.

Грубые ошибки являются результатом грубых промахов в работе, например просчет целой ленты. Чтобы избежать грубых ошибок, каждую линию измеряют дважды — в прямом и обратном направлениях.

Для более точного измерения линий лентой необходимо придерживаться следующих правил:

- расчистить поверхность земли по створу линии от камней, кустов и прочих препятствий, мешающих измерению;

- предварительно провешивать линии, длиннее 100—150 м;

- держать ручку ленты и шпильки (кольцами вправо) в левой руке, не класть шпильки на землю;

направлять ленту точно по створу, отклонение переднего конца ленты от створа не должно превышать 10 см;

- встряхивать и натягивать ленту с усилием, примерно равным 10 кг;

- вставлять шпильки в землю вертикально и не допускать их прогиба или сдвига;

- вытаскивать заднюю шпильку только после того, как установлена передняя и только по сигналу переднего рабочего;

- измеряя остаток линии, ленту необходимо укладывать так, чтобы значения целых метров возрастали в направлении измерения;

- проводить измерение каждой линии дважды — в прямом и обратном направлениях, при допустимых расхождениях за окончательную длину линии принимают среднее значение;

- бережно обращаться с лентой (по окончании работ протирать тряпкой; при работе в сырую погоду счищать грязь, а затем насухо протирать; не допускать образования петель, так как лента в этом месте может переломиться; переносить ленту за обе ручки, а не волочить по земле; при измерениях вдоль дороги ленту укладывают на обочине, чтобы не допускать переезда ее транспортом, и др.).

Следует помнить, что измерение линий является наиболее ответственной частью геодезических работ, требующих от измерителя особенно внимательного отношения. Небрежное измерение линий приводит к полной негодности всей работы.

Точность измерения линий. Неизбежная разность между результатами прямого и обратного измерений линии представляет собой абсолютную ошибку, которая, как известно, не может служить критерием точности. Абсолютная ошибка зависит от длины измеряемой линии (она пропорциональна длине); вот почему для суждения о точности выполнения измерительных работ необходимо определить, какую долю измеренной величины составляет полученная абсолютная ошибка, т. е. вычислить относительную ошибку. Именно это и подразумевается под выражением: **точность измерения линии**. На точность измерения линий существенно влияют характер рельефа и почвенно-растительный покров. Местность по благоприятности для измерений подразделяют на три категории:

I — местность благоприятная: поверхность земли ровная, непересеченная, твердая, с плотным грунтом;

II — местность средняя: поверхность земли холмистая, с рыхлым грунтом, частично покрытая растительностью;

III — местность неблагоприятная: почва песчаная, кочковатая, заболоченная, поросшая кустарником; поверхность изрезана оврагами; сильно пересечена.

Установлено, что при измерении линии стальной лентой с соблюдением изложенного выше порядка и требований относительная ошибка для каждой категории местности соответственно не должна превышать:

для I категории		$\frac{1}{3000}$,
для II	»	$\frac{1}{2000}$,
для III	»	$\frac{1}{1000}$.

Если полученная относительная ошибка меньше допустимой, то для определения окончательного значения измеренной линии вычисляют среднее арифметическое из двух измерений. Если же относительная невязка превышает допустимую величину, то линию измеряют в третий раз.

Ошибка измерения линий рулетками примерно в полтора раза выше, чем лентами.

Точность измерения мерным циркулем — порядка $\frac{1}{200}$.

§ 17. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГОРИЗОНТАЛЬНЫХ ПРОЛОЖЕНИЙ ЛИНИЙ

При составлении планов необходимо знать не длины линий местности вообще, а их горизонтальные проекции на горизонтальную плоскость, называемые в геодезии горизонтальными проложениями. Для определения горизонтального проложения, как это видно из рис. 42, необходимо кроме измерения наклонной линии определить еще и ν угол наклона ее к горизонту.

Измерив на местности линию AB (см. рис. 42), равную D , угол наклона ее к горизонту ν , можно определить горизонтальное проложение линии d из прямоугольного треугольника ABC по формуле

$$d = D \cos \nu. \quad (\text{III.1})$$

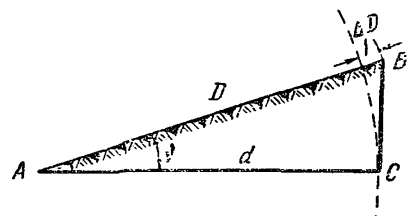


Рис. 42. Горизонтальное проложение линии

Значения косинусов углов выбираются из специальных таблиц натуральных значений тригонометрических функций.

Однако удобнее горизонтальное проложение d вычислять не по формуле (III.1), а путем введения в измеренную длину поправки за наклон Δ , представляющей разность между длиной измеряемой линии и ее горизонтальным проложением.

Поправку за наклон определяют по формуле

$$\Delta = D - d = D - D \cos \nu = D(1 - \cos \nu) = 2D \sin^2 \frac{\nu}{2}. \quad (\text{III.2})$$

Поскольку D всегда больше d , то поправка Δ из измеренной длины линии всегда вычитается

$$d = D - \Delta. \quad (\text{III.3})$$

Поправки определяют по таблицам, составленным по формуле (III.2) для различных значений D и ν (табл. 9).

Таблица для вычисления поправок за наклон линий

$$\Delta = 2D \sin^2 \frac{\nu}{2}$$

Угол наклона ν , градус	Длина линии, м								
	10	20	30	40	50	60	70	80	90
1	0,002	0,003	0,005	0,006	0,008	0,010	0,011	0,012	0,014
2	0,006	0,012	0,018	0,024	0,030	0,036	0,042	0,048	0,054
3	0,014	0,027	0,041	0,054	0,068	0,082	0,095	0,108	0,122
4	0,024	0,049	0,073	0,098	0,122	0,146	0,171	0,196	0,220
5	0,038	0,076	0,114	0,152	0,190	0,228	0,266	0,304	0,342
6	0,055	0,110	0,164	0,220	0,274	0,328	0,384	0,440	0,494
7	0,075	0,149	0,224	0,298	0,373	0,448	0,522	0,596	0,671
8	0,097	0,195	0,292	0,390	0,487	0,584	0,682	0,780	0,877
9	0,123	0,246	0,369	0,492	0,615	0,738	0,861	0,984	1,107
10	0,152	0,304	0,456	0,608	0,760	0,912	1,064	1,216	1,468
11	0,184	0,367	0,551	0,734	0,918	1,102	1,285	1,468	1,652
12	0,219	0,437	0,656	0,874	1,093	1,312	1,530	1,748	1,967
13	0,256	0,513	0,769	1,026	1,282	1,538	1,795	2,052	2,308
14	0,297	0,594	0,891	1,188	1,485	1,782	2,079	2,376	2,673
15	0,341	0,681	1,022	1,362	1,703	2,044	2,384	2,724	3,065
16	0,387	0,775	1,162	1,550	1,937	2,324	2,712	3,100	3,487
17	0,437	0,874	1,311	1,748	2,185	2,622	3,059	3,496	3,933
18	0,489	0,979	1,468	1,958	2,447	2,936	3,426	3,916	4,405
19	0,545	1,090	1,634	2,180	2,724	3,268	3,814	4,360	4,904
20	0,603	1,206	1,809	2,412	3,015	3,618	4,221	4,824	5,427
21	0,664	1,328	1,993	2,656	3,321	3,986	4,649	5,312	5,977
22	0,728	1,456	2,184	2,912	3,640	4,368	5,096	5,824	6,552
23	0,795	1,590	2,385	3,180	3,975	4,770	5,565	6,360	7,155
24	0,865	1,729	2,594	3,458	4,323	5,188	6,052	6,916	7,781
25	0,937	1,874	2,811	3,748	4,685	5,662	6,559	7,446	8,433
26	1,012	2,024	3,036	4,048	5,060	6,072	7,084	8,096	9,108
27	1,080	2,180	3,270	4,360	5,450	6,540	7,630	8,720	9,810
28	1,171	2,341	3,512	4,682	5,835	7,024	8,194	9,364	10,535
29	1,254	2,508	3,761	5,016	6,269	7,522	8,777	10,032	11,285
30	1,340	2,679	4,019	5,358	6,698	8,038	9,377	10,716	12,056

Так, например, если длина измеренной линии равна 332,45 м, а угол наклона 3° , то в графе ν таблицы находим 3° и в этой строке по горизонтали выбираем:

на 300 м — 0,41
 30 м — 0,041
 2 м — 0,003
 0,45 м — 0,001

332,45 м — 0,455, или округленно 0,46 м.

Таким образом, горизонтальное проложение измеренной линии будет равно $332,45 - 0,46 = 331,99$ м.

На местности редко встречаются линии, имеющие на всем своем протяжении одинаковый наклон, обычно отдельные их части имеют разные наклоны. Точки a, b, c , линии AB (рис. 43) называются точками перелома рельефа или характерными точками рельефа. Горизонтальная проекция такой линии определяется как сумма горизонтальных проекций ее отдельных частей, для получения которых линия на местности разбивается на отдельные отрезки (Aa, ab и т. д.), измеряются длина каждого отрезка и его угол наклона.

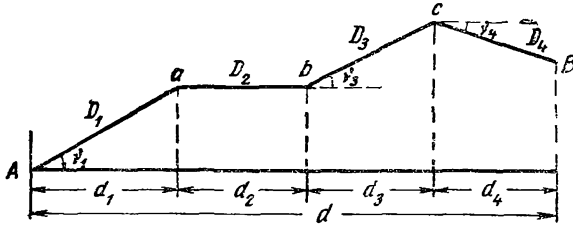


Рис. 43. Определение горизонтального продолжения линии с различными наклонами в разных ее частях

Для углов наклона менее 2° с короткими линиями (100—200 м) поправки за наклон не вводятся из-за их незначительности.

§ 18. ЭКЛИМЕТР

Эклиметр — прибор, при помощи которого на местности измеряют углы наклона.

В практической работе чаще всего применяется эклиметр конструкции Брандиса (рис. 44). Он состоит из круглой металлической коробки 1, внутри

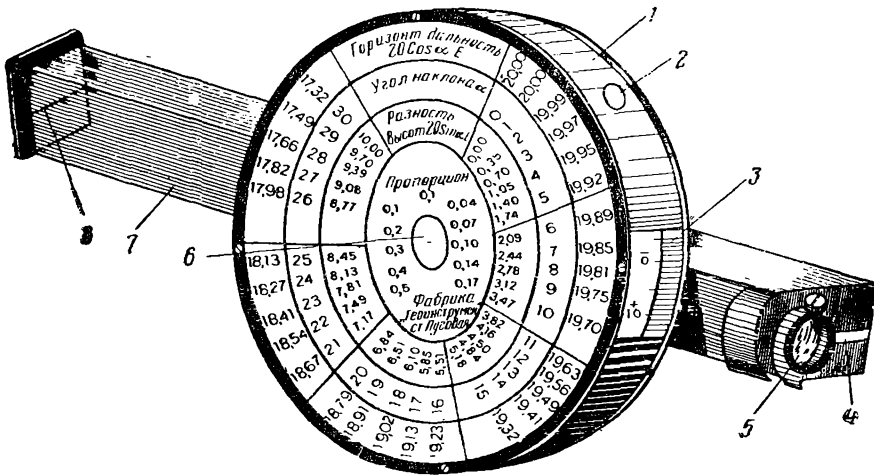


Рис. 44. Эклиметр

которой на вращающейся оси 6 подвешен цилиндрический диск. На верхнем ободке диска 3 нанесены градусные деления от 0 до 60° в обе стороны от штриха, отмеченного нулем.

Знаки $+$ и $-$ у делений на диске позволяют различать углы повышения и понижения. Сверху коробки имеется кнопка 2, которая постоянно удерживает

диск в неподвижном состоянии. Если нажать на кнопку, то диск освобождается и под действием прикрепленного к нему груза после нескольких качаний принимает в пространстве исходное положение (нулевой диаметр занимает горизонтальное положение), независимо от наклона коробки. В цилиндрической стенке коробки имеется вырез, закрытый стеклом, через который при помощи лупы 5 видны увеличенные градусные деления диска. Сбоку к коробке припаяна визирная трубка 7 четырехгранного сечения. На обоих концах трубки имеются горизонтальные прорезы: на одном узкая, в виде щели, называемая глазным диоптром 4 (он приставляется к глазу), на противоположном — широкая с горизонтальной металлической нитью 8, которая называется предметным диоптром (он обращен к предмету). К боковой поверхности коробки приклеена таблица, по среднему кругу которой записаны градусы от 0 до 30°, против каждого из которых для линий в 20 м нанесены соответствующие горизонтальные проложения (по внешнему кругу) и по внутреннему кругу — превышения.

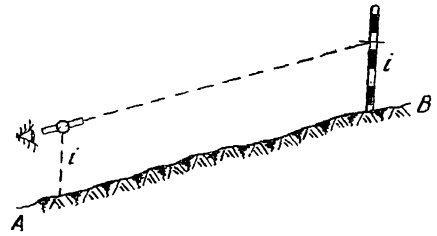


Рис. 45. Пример измерения угла наклона эклиметром

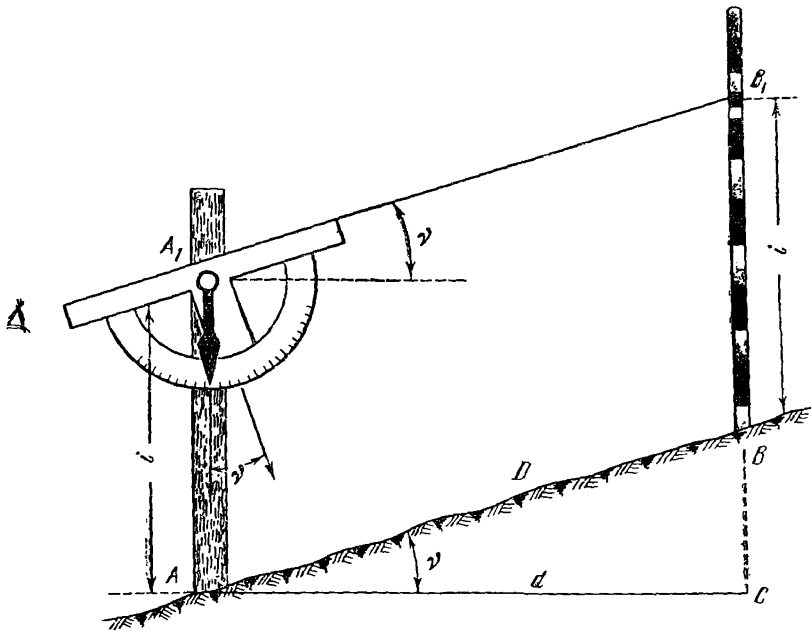


Рис. 46. Измерение угла простым эклиметром

Для измерения угла наклона линии AB (рис. 45) в точке B вертикально устанавливают вежу с меткой (например, с яркой перевязкой), сделанной на высоте i , равной высоте глаза наблюдателя. Наблюдатель, став в точку A , держит эклиметр на уровне глаза так, чтобы ось его диска была горизонтальна. Затем, глядя в глазной диоптр, направляет предметный диоптр на метку вежи и, нажав на кнопку, освобождает диск. Когда диск после колебательных

вращений успокоится, т. е. его нулевой диаметр займет горизонтальное положение, наблюдатель опускает кнопку и отсчитывает через лупу то деление диска, которое совпадает с продолжением нити предметного диоптра, оценивая десятые доли градуса на глаз. Отсчет представляет собой значение измеряемого угла наклона γ . Ошибка измерения углов эклиметром равна $\pm 30'$.

Перед началом работ эклиметр повернется. Необходимо, чтобы при горизонтальном положении визирной трубки нулевой диаметр диска занял также горизонтальное положение, т. е. отсчет равнялся нулю.

Проверка выполнения этого условия состоит в двукратном измерении угла наклона линии местности — в прямом и обратном направлениях.

Если эклиметр правильный, то отсчеты по диску, взятые на обоих концах линии, должны быть по абсолютной величине равны, но с противоположными знаками. Если это условие не выполнено, то эклиметр нужно исправить. Для этого надо снять крышку коробки и, открепив груз, передвинуть его вправо или влево. После этого проверка повторяется.

Можно работать и не исправляя эклиметр, но в этом случае необходимо измерять угол наклона с двух концов линии и из полученных результатов брать среднее арифметическое.

При отсутствии эклиметра описанной выше конструкции несложно изготовить более простой эклиметр (рис. 46), представляющий собой деревянный или металлический полукруг с градусными делениями, подпись которых идет от нуля в обе стороны до 90° . Сверху к полукругу наглухо прикреплена линейка для визирования. Полукруг своим центром надевается на небольшую ось, закрепленную в деревянном шесте, который при работе втыкается в землю; на этой же оси подвешивается отвес. Для измерения угла в начальной точке линии устанавливают эклиметр так, чтобы шест, на котором он укреплен, занимал приблизительно вертикальное положение, а в конечной точке — вежу, на которой меткой отмечена высота инструмента. На эту метку наводят линейку эклиметра и по нити отвеса делают отсчет градусной величины угла наклона.

Простейшим по конструкции эклиметром может быть обыкновенный транспортир с отвесом, нить которого прикреплена к центру дуги транспортира.

Глава IV

ПРОСТЕЙШИЕ СПОСОБЫ СЪЕМОК

§ 19. СЪЕМКА МЕРНОЙ ЛЕНТОЙ

У специалистов сельскохозяйственного производства часто возникает потребность составить план небольшого участка, например хозяйственного двора, поля севооборота, лесопитомника и пр. Необходимую для этого съемку при отсутствии более сложных геодезических инструментов, о которых пойдет речь ниже, можно провести при помощи мерной ленты. Съемка лентой может выполняться способами треугольников и обхода.

Способ треугольников. При этом способе участок местности, имеющий форму многоугольника, разбивают диагоналями на отдельные треугольники (рис. 47, а), вершины которых закрепляют кольшками и обозначают вехами. Сначала измеряют стороны многоугольника, а затем диагонали. По результатам измерений строят на бумаге соответствующие треугольники. При этом нужно начинать с построения треугольника, расположенного в центре участка, при-

страивая к нему последовательно удаленные треугольники, что обеспечивает равномерное распределение ошибок графического построения.

Может быть применен и другой вариант съемки по методу разбивки на треугольники. Он заключается в том, что в центре участка (рис. 47, б) выбирают

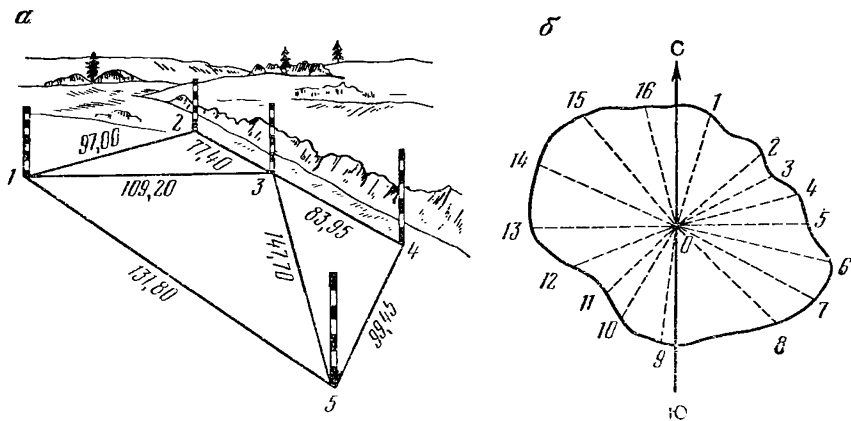


Рис. 47. Способы съемки:
а — треугольников; б — полярный

точку — полюс — и измеряют линии, соединяющие ее с вершинами многоугольника. По этим данным строится на бумаге план участка. Такой прием измерения линий из одной точки называют **п о л я р н ы м**.

Способ разбивки многоугольника на треугольники применяется только для съемки открытых участков, где ничто не мешает измерять все стороны каждого треугольника; при этом план будет составлен наиболее точно в том случае, когда треугольники на местности будут близки к равносторонним.

Способ обхода. В тех случаях, когда нельзя вести измерение линий внутри участка, так как мешают постройки, лес, кустарник, болото и другие объекты, съемку ведут вторым способом — способом обхода (рис. 48). При этом по ходу часовой стрелки измеряют стороны многоугольника, называемого **п о л и г о н о м**, и углы между ними. Пользуясь только мерной лентой, углы измеряются так. От вершины угла, например точки 1, на линиях 1—2 и 1—6 одновременно откладывают лентой одинаковые отрезки (10 или 20 м) и измеряют расстояния между полученными точками *a* и *b*, т. е. третью сторону *ab* построенного треугольника *Iab*. В этом треугольнике и определяется величина угла. Аналогично измеряются все остальные углы многоугольника. По результатам измерения строится план. Для этого на бумаге прочерчивают линию и на ней в определенном масштабе откладывают линию 1—6; на этой линии отмечают точку *b* на расстоянии 10 м от точки 1. Из вершины 1 радиусом, равным 10 м, проводят дугу (для увеличения точности построения радиусы можно откладывать в масштабе более крупном, чем масштаб плана), а из точки *b* радиусом, равным *ab*,

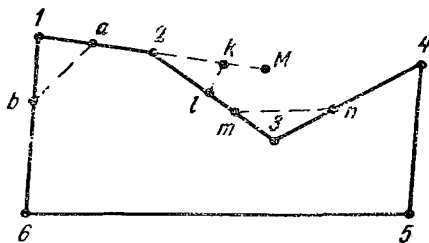


Рис. 48. Способ обхода

проводят вторую дугу. Пересечение этих дуг дает точку a , через которую проводится линия 1—2. Подобным образом строятся остальные углы участка.

В тех случаях, когда внутренний угол больше 180° или его нельзя измерить (линии, составляющие угол, проходят, например, вдоль леса), то измеряют внешний угол. Для этого по линиям 3—2 и 3—4 откладывают по 10 м и измеряют линию mn . Построение внешнего угла на плане проводится подобно изложенному выше порядку построения внутренних углов.

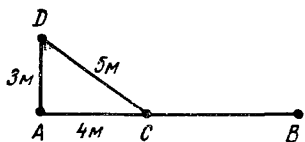


Рис. 49. Откладывание прямых углов

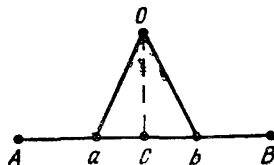


Рис. 50. Восставление перпендикуляра

В тех случаях, когда и внутренний и внешний углы больше 120° (например, при точке 2), то внутренний угол определяют измерением внешнего угла, дополняющего внутренний до 180° . Для этого линию 1—2 провешивают до произвольной точки M , по линиям 2— M и 2—3 отмечают точки k и l в 10 или 20 м от вершины 2 и измеряют линию kl . Построив треугольник $2kl$, получают направление линии 2—3.

Мерной лентой и рулеткой кроме рассмотренных выше измерений угла можно выполнить ряд задач, потребность в решении которых часто возникает как при геодезических съемках, так и вообще в сельскохозяйственной практике.

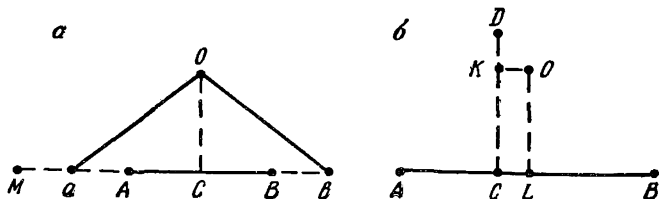


Рис. 51. Способы опускания перпендикуляра:
а — первый, б — второй

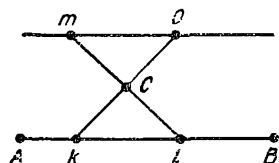


Рис. 52. Проведение линии, параллельной данной прямой

Откладывание прямых углов. Чтобы построить прямой угол, от точки A (рис. 49) по направлению AB откладывают 4 м и получают точку C , затем, приложив к точке A нулевой штрих рулетки, а к точке C деление 8 м, натягивают рулетку, и, держа рукой за деление 3 м, находят точку D . Полученный при этом треугольник со сторонами 3, 4 и 5 м удовлетворяет известной теореме Пифагора, а следовательно, угол DAC — прямой.

Восставление перпендикуляра. Если требуется восставить перпендикуляр к линии AB в точке C (рис. 50), то поступают следующим образом. По линии AB в обе стороны от точки C откладывают равные расстояния Ca и Cb , например по 5 м; в точках a и b укрепляют концы рулетки и, взяв рукой за середину ее, оттягивают и находят точку O . Необходимо, чтобы Oa и Ob были прямыми линиями. Линия OC , являющаяся высотой полученного равнобедренного треугольника, и будет искомым перпендикуляром.

Опускание перпендикуляра. Может быть два способа опускания перпендикуляра из точки O к линии AB , применение которых зависит от расстояния между точкой и линией.

Высота перпендикуляра меньше длины ленты (рулетки). В этом случае, закрепив один конец ленты в точке O (рис. 51, а), другой конец натягиваем и перемещаемся вокруг точки O до тех пор, пока этот конец не попадет в створ линии AB (что подтверждает помощник, стоящий на продолжении линии AB , например в точке M); полученную точку a закрепляем кольшиком. Аналогично определяем положение точки b и также закрепляем ее. Разделив пополам линию ab , получим точку C , которая и будет основанием перпендикуляра.

Высота перпендикуляра больше длины ленты (рулетки). На линии AB (рис. 51, б) выбираем точку C , которая, как нам кажется на глаз, является основанием перпендикуляра, который требуется опустить из точки O . При помощи ленты в точке C восставим перпендикуляр. Если

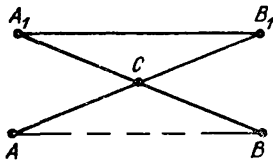


Рис. 53. Измерение длины линии, середина которой недоступна

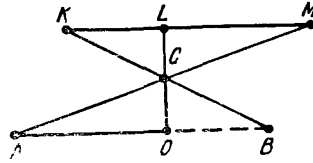


Рис. 54. Измерение расстояния между точками, одна из которых недоступна

его продолжение пройдет через точку O , то задача решена, если же он займет положение CD , то нужно из точки O опустить перпендикуляр OK и измерить его длину (эта длина должна быть меньше длины ленты, иначе перпендикуляр невозможно будет опустить). Отложив затем на линии AB расстояние, равное OK , получим точку L — основание перпендикуляра.

Проведение линии, параллельной данной прямой. Пусть требуется через точку O провести линию, параллельную прямой AB (рис. 52). Измеряем длину произвольной прямой, проведенной из точки O в любую точку линии AB , например в точку k , и находим середину линии Ok , получаем точку C . После этого через точку C проводим произвольную линию Cl , измеряем ее и продолжаем на расстояние St , равное Cl . Прямая, проходящая через O и t , и будет параллельной AB .

Измерение длины линии, середина которой недоступна. Если длину линии AB невозможно измерить из-за какого-либо препятствия, то выбираем точку C в месте, удобном для измерения линий AC и BC , измеряем эти линии и на их продолжениях откладываем отрезок CA_1 , равный AC , затем отрезок CB_1 , равный BC . После этого измеряем длину линии A_1B_1 , которая, как видно из рис. 53, равна AB .

Измерение расстояния между точками, одна из которых недоступна. Для измерения линии AB , точка B которой недоступна (рис. 54), отмечаем в доступном месте точку O и в стороне от нее, также на удобном месте для измерения, — точку C .

Измерив линию AC , откладываем полученное расстояние на ее продолжении, получаем точку M , так, $AC = CM$. Аналогично получим точки L и K . Длина линии MK равна линии AB .

§ 20. ЭККЕРЫ

При проведении съемок небольших участков, при съемке ситуации, а также при решении ряда задач на местности — определении створа линии через препятствия, разбивках квадратов, простейших инженерных сооружений и других случаях — возникает потребность в построении прямых углов. Строят прямые углы на местности при помощи приборов, называемых эккерами.

Некоторыми эккерами можно построить постоянные углы в 45, 135, 180°. По своей конструкции эккеры подразделяются на отражательные, призмные и простые.

Из отражательных эккеров наибольшее распространение получил в настоящее время двухзеркальный (рис. 55). Он состоит из трехгранной

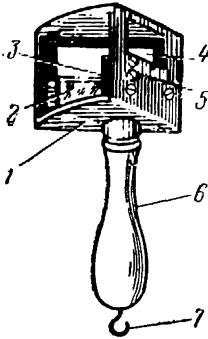


Рис. 55. Двухзеркальный эккер

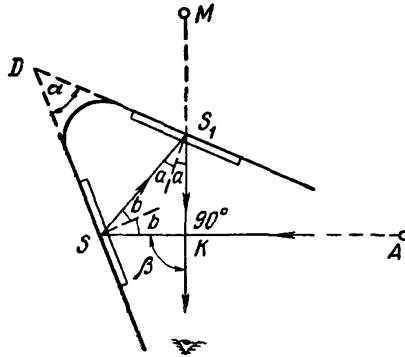


Рис. 56. Ход лучей в двухзеркальном эккере

металлической коробки 1, у которой одна грань открыта, а две другие расположены под углом 45°. Внутри коробки к нижней части этих граней прикреплены винтами два плоских зеркала 2 и 3, а в верхней — сделаны окошки-прорези 4; около одного из зеркал установлены исправительные винты 5. Внизу в коробку ввинчивается ручка 6 с крючком для отвеса 7. С помощью отвеса эккер можно удерживать над точкой местности. Во время работы эккер нужно держать в руке на уровне глаз так, чтобы плоскости зеркал были вертикальны.

Устройство двухзеркального эккера основано на принципе дважды отраженного от зеркала луча, составляющего со своим начальным направлением угол, в два раза больший угла между зеркалами. Так, луч света, отраженный от вехи, установленной в точке A (рис. 56), падает на первое зеркало в точке S под углом b . Отразившись от зеркала под тем же углом b (угол падения равен углу отражения), луч падает на второе зеркало в точке S_1 и под тем же углом отразится к глазу наблюдателя по направлению S_1K , образуя с падающим лучом AS угол β , равный 2α . Это несложно доказать, исходя из того, что сумма внутренних углов треугольника SDS_1 равна 180° , т. е. $(90 - b) + (90 - a) = 180^\circ$, откуда $a + b = \alpha$.

Угол β как внешний для треугольника SS_1K равен сумме двух внутренних, с ним не смежных, т. е.

$$\beta = 2(a + b),$$

отсюда $\beta = 2\alpha$.

Таким образом, угол β между первоначальным направлением и отраженным будет 90° , так как угол между зеркалами эккера равен 45° .

Работа с эккером сводится к восстановлению или опусканию перпендикуляра.

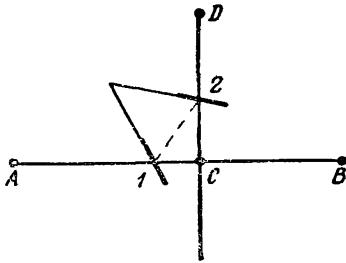


Рис. 57. Построение прямого угла эккером

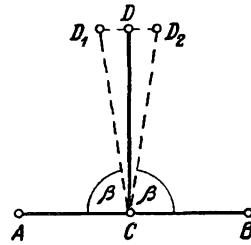


Рис. 58. Проверка двухзеркального эккера

Для того чтобы эккером восстановить перпендикуляр в точке C на линии AB , поступают так (рис. 57).

В точках A и B устанавливают вехи, а рабочего с третьей вехой посылают по предполагаемому направлению перпендикуляра.

Наблюдатель становится у точки C лицом в ту сторону, в какую нужно строить перпендикуляр, и, держа в руке эккер по отвесу над точкой C , поворачивает эккер открытой стороной коробки к одной из вех, например к вехе B . При этом зеркало 1 будет обращено в сторону вехи, а зеркало 2 — к глазу наблюдателя.

Поймав в зеркале 2 изображение вехи B , наблюдатель смотрит мимо ближайшей грани коробки в окошко над этим зеркалом и передвигает рабочего с третьей вехой до тех пор, пока эта веха, видимая простым глазом в прорези, не будет казаться продолжением изображения в зеркале вехи B . Заметив это совмещение, дают команду рабочему отвесно установить веху. Полученная на местности прямая CD и будет искомым перпендикуляром к линии AB , а угол $BСD$ — прямым.

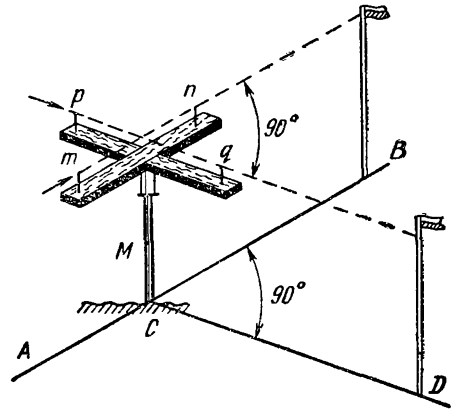


Рис. 59. Крестообразный эккер

Правильность построения перпендикуляра CD нужно проверить повторным построением его, но уже используя веху A . Построение проводится аналогично описанному выше; положение вехи D должно быть в той же самой точке.

Чтобы опустить перпендикуляр из точки D на прямую AB (см. рис. 57), надо в точках A , B и D установить вехи. Тогда наблюдатель становится на линии AB близко к предполагаемому основанию перпендикуляра, повернувшись лицом к точке D . Получив в зеркале 2 изображение вехи B , наблюдатель передвигается по линии AB (наблюдая в прорези над зеркалом 2 за положением вехи D) до тех пор, пока изображение вехи B в зеркале не сольется с вехой D , которая видна через отверстие. Точка C на линии AB , над

которой в этот момент находится эккер, и будет искомым основанием перпендикуляра, она закрепляется колышком.

Правильность решения задачи, как и в случае на восстановление перпендикуляра, проверяется повторным построением прямого угла, используя для этого уже веху A .

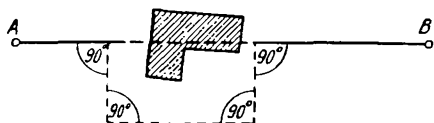


Рис. 60. Вешенные линии через препятствие

Перед началом работ эккер проверяют. Для этого к прямой AB (рис. 58) в точке C восстанавливают перпендикуляр сначала по вехе A , затем по вехе B . Если оба полученных направления перпендикуляра сольются в одну линию CD , то эккер верен, в противном случае получается два направления CD_1 и CD_2 , что свидетельствует о необходимости исправления эккера — изменения величины угла между зеркалами. Для этого устанавливают веху в точке D — середине

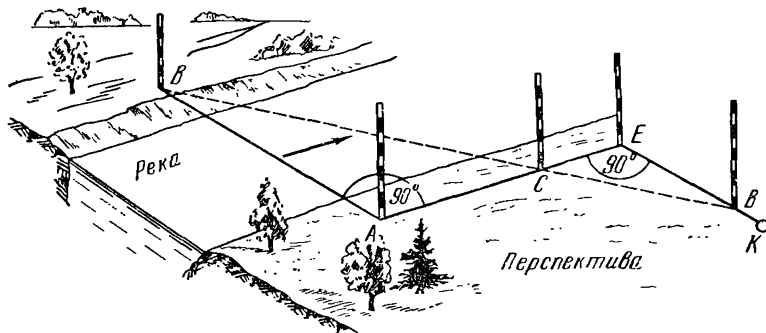


Рис. 61. Определение длины линии без ее измерения

между вежами D_1 и D_2 — и при помощи исправительных винтов передвигают одно из зеркал до тех пор, пока изображение вежи A (или B) в зеркале не сольется с вежей D , видимой в прозели.

К простым относится крестообразный эккер (рис. 59), состоящий из кола и двух взаимно перпендикулярных деревянных планок. На концах планок забивают иголки (или гвозди со срезанными головками) с таким расчетом, чтобы прямые линии между ними точно образовали прямой угол.

Для того чтобы к линии AB местности восстановить перпендикуляр из створной точки C , устанавливают эккер в этой точке так, чтобы плоскость двух иголок m и n (рис. 60) одной планки совпала с линией AB . Затем, не меняя положения инструмента, выставляют веху D в плоскости другой противоположной пары иголок p и q . Полученная линия DC составит с линией AB угол, равный 90° .

При помощи эккеров на местности можно решить ряд задач: провешить линию, когда на ней имеется какое-либо препятствие (см. рис. 60); определить

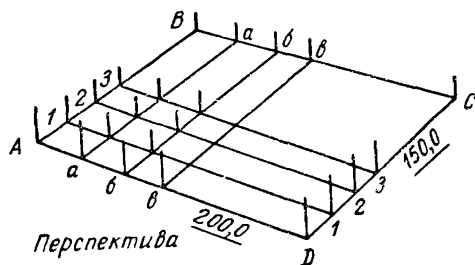


Рис. 62. Разбивка участка на квадраты или прямоугольники

длину линии без непосредственного измерения, пользуясь свойствами подобных треугольников (рис. 61); разбить участок на квадраты или прямоугольники различных размеров (рис. 62) и др.

§ 21. СЪЕМКА ЭККЕРОМ И ЛЕНТОЙ

При проведении геодезических съемок эккер, как правило, используется в качестве вспомогательного прибора. Однако в сельскохозяйственной практике при помощи эккера и ленты часто проводят съемку небольших участков земли или деталей контуров. В зависимости от характера снимаемого участка применяют следующие способы съемки эккером и лентой: координат или перпендикуляров, обхода и способ разбивки участка на треугольники.

Способ прямоугольных координат. При съемке способом координат примерно посередине снимаемого участка выбирают прямую линию, называемую магистралью, и обозначают ее вехами (рис. 63). Эту линию принимают за ось абсцисс, а за начало координат — начальную точку *I* магистрали. Двое рабочих измеряют лентой длину магистрали, а съемщик одновременно опускает эккером на нее перпендикуляры из всех точек поворота границы участка. При этом

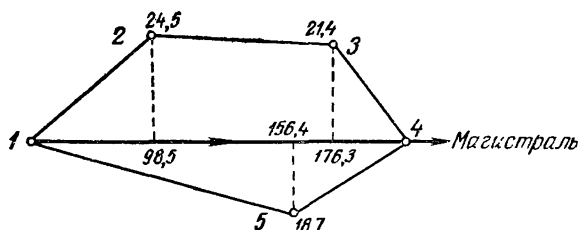


Рис. 63. Способ координат

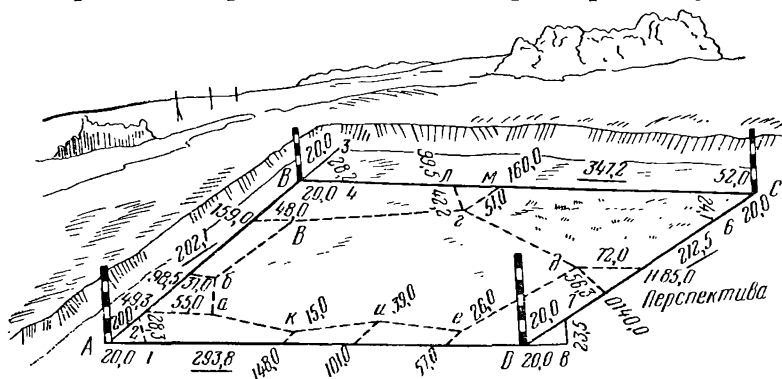


Рис. 64. Способ обхода

съемщик по ленте фиксирует расстояние от начала магистрали до оснований перпендикуляров, которые будут абсциссами определяемых точек, а рулеткой с помощью третьего рабочего определяет длины перпендикуляров — ординаты этих точек. Полученные две прямоугольные координаты каждой точки, значения которых тут же заносят на схематический чертеж, называемый абрисом, вполне определяют положение этих точек относительно выбранной оси. Для контроля измеряют лентой все стороны участка.

Если внутри участка имеется ситуация (здания, дороги и пр.), то положение каждого объекта определяют одновременно со съемкой границы при помощи перпендикуляров, опущенных эккером на магистраль.

Составление плана участка в заданном масштабе начинают с нанесения на бумагу магистрали. Затем откладывают на ней абсциссы, из полученных точек восставляют перпендикуляры и, откладывая на них ординаты, получают вершины участка, положение которых контролируется длинами сторон участка. Убедившись в правильности нанесения вершин, соединяют их прямыми и получают контур, подобный участку местности. После этого накладывают ситуацию и оформляют план в установленных условных знаках.

Способ обхода. В тех случаях, когда на участке съемки невозможно проложить магистраль (например, при наличии труднопроходимого болота, леса, озера, пруда и пр.), применяют способ обхода, который обычно сочетается со способом координат. При этом способом экером в максимальной близости от границ снимаемого участка разбивают много-

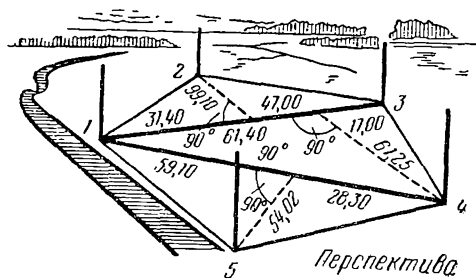


Рис. 65. Способ разбивки участка на треугольники

угольник с прямыми углами, стороны которого принимают за магистрали (рис. 64). В этом многоугольнике измеряют все линии-магистрали, попутно отмечая расстояния до перпендикуляров, опущенных с характерных точек границы снимаемого участка на ближайшую магистраль (определяют абсциссы точек), и измеряют все перпендикуляры (ординаты).

Внутренняя ситуация участка снимается перпендикулярами, опущенными на ближайшую сторону многоугольника.

Составление плана начинают построением многоугольника с прямыми углами, а затем по измеренным абсциссам и ординатам наносят искомые точки, соединив которые получают границу снимаемого участка.

Способ разбивки участка на треугольники. Разбив участок на треугольники (рис. 65), в каждом из них строят экером высоту и измеряют лентой основание и высоту. Для сокращения работы следует для двух смежных треугольников брать за основание общую для них сторону.

По результатам измерений строят в заданном масштабе цепь треугольников на бумаге, получая план снятого участка.

Способ разбивки на треугольники применим на открытой местности (поле, двор, поляна в лесу), если снимаемый участок ограничен небольшим числом прямых линий.

Глава V

ОРИЕНТИРОВАНИЕ ЛИНИЙ

§ 22. ОРИЕНТИРОВАНИЕ ЛИНИЙ. АЗИМУТЫ И РУМБЫ ЛИНИЙ

Для определения положения снимаемого участка на земной поверхности необходимо его ориентировать, т. е. определить положение относительно стран света (север, юг, восток, запад). Так как при съемке устанавливается взаимосвязь между линиями снимаемого участка, то для ориентирования участка достаточно ориентировать хотя бы одну из его сторон.

Ориентированием линии называется определение ее положения на местности или на бумаге относительно направления, принятого за исходное.

В геодезии в качестве исходного направления принимают:

— географический, или истинный, меридиан, которым называют пересечение земной поверхности плоскостью, проходящей через данную точку, ось вращения земли, Северный и Южный географические полюсы. Направление истинного меридиана, проходящего через данную точку, определяют из астрономических наблюдений;

— магнитный меридиан — линию, получающуюся в пересечении отвесной плоскости, проходящей через полюсы магнитной стрелки (компаса, буссоли), с горизонтальной плоскостью.

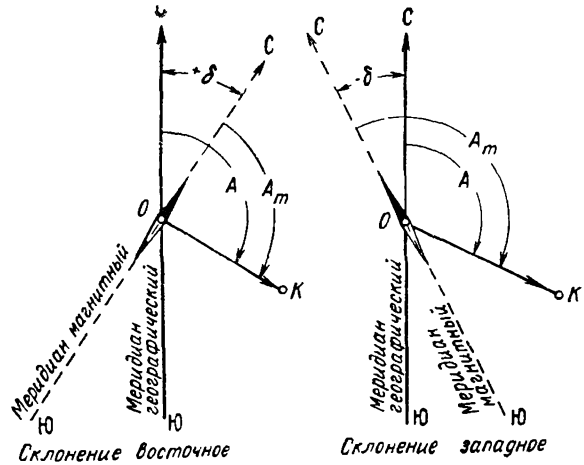


Рис. 66. Склонение магнитной стрелки

В связи с тем, что соответствующие географический и магнитный меридианы не совпадают, угол между ними называется *склонением магнитной стрелки* δ . Склонение (рис. 66) считают *восточным* и пишут со знаком плюс, если северное направление магнитного меридиана в данной точке отклоняется от географического меридиана к востоку,

и *западным*, при отклонении северного направления магнитного меридиана к западу (оно имеет знак минус). Склонение магнитной стрелки, или, как оно еще называется, *магнитное склонение*, изменяется из года в год и даже на протяжении суток — различают вековое, годовое и суточное изменение склонения. Величина магнитного склонения в каждом районе достаточно хорошо изучена и обязательно указывается на всех современных топографических картах, под южной рамкой.

Положение линий относительно исходных направлений определяется горизонтальными углами, образованными этими исходными направлениями и ориентируемыми линиями.

Называются они *углами ориентирования* и подразделяются на *азимуты* и *румбы*.

Азимуты. *Азимутом называется угол, отсчитываемый от северного направления меридиана по ходу часовой стрелки до ориентируемой линии* (рис. 67). По величине азимут может изменяться от 0 до 360°. Если линию ориентируют относительно географического меридиана, то азимут называют *географическим* или *истинным* и обозначают A , а если относительно магнитного меридиана, — *магнитным* и обозначают A_m (см. рис. 67).

Ориентирование обычно проводится относительно географического (истинного) меридиана, так как план участка, ориентированный относительно

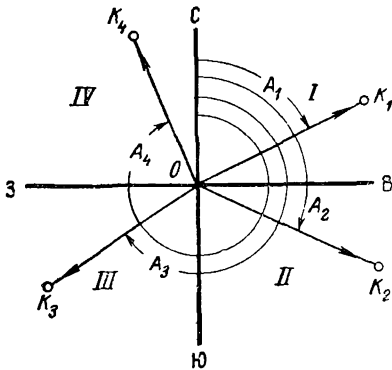


Рис. 67. Азимуты

магнитного меридиана, через несколько лет может оказаться неверно ориентированным вследствие изменения склонения. Однако определение направления истинного меридиана требует большой затраты времени и особых приемов измерений, что не всегда возможно. Вот почему при производстве съемок для инженерных целей ориентирование часто проводится по магнитному меридиану, направление которого определяется при помощи магнитной стрелки. Зная склонение магнитной стрелки и определив магнитный азимут, легко вычислить истинный (см. рис. 67), используя формулу

$$A = A_m + \delta. \quad (V.1)$$

Таким образом, для перехода от магнитного азимута к истинному нужно к магнитному азимуту прибавить склонение магнитной стрелки, если оно восточное, и вычесть, если оно западное.

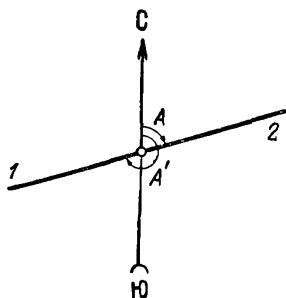


Рис. 68. Связь между прямым и обратным азимутами

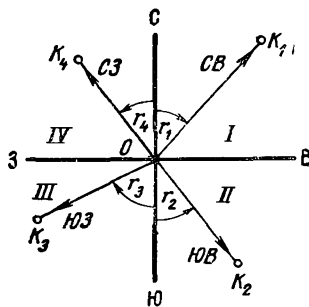


Рис. 69. Румбы

В геодезии принято различать прямое и обратное направления линии. Соответственно различают прямой A и обратный A' азимуты — они показаны на рис. 68. Из рисунка видно, что

$$A' = A \pm 180^\circ, \quad (V.2)$$

т. е. прямой и обратный азимуты линии в одной и той же точке различаются на 180° .

Румбы. Румбом называется угол, отсчитываемый от ближайшего направления меридиана до ориентируемой линии. В зависимости от меридиана, к которому отнесены румбы, они бывают истинные и магнитные.

Отличие румбов от азимутов заключается в том, что они отсчитываются как от северного, так и от южного направления меридиана в обе стороны от 0 до 90° . Но величины румбов в градусах не дают полного определения направления линии по отношению к странам света. Как видно из рис. 69, ориентируемая линия может располагаться в любой из четырех четвертей, образованных меридианом и линией, перпендикулярной к нему. Чтобы направление линии было вполне определено, величине румба приписывают название, состоящее из двух букв названий стран света, например СВ (первая четверть), ЮВ (вторая четверть), ЮЗ (третья четверть) и СЗ (четвертая четверть). При этом первой ставится буква С или Ю, соответственно для севера или юга, а второй В или З — для востока или запада. Полностью румбы записываются следующим образом: СВ : $27^\circ 36'$ (читается: северо-восток $27^\circ 36'$), ЮЗ : $89^\circ 59'$ (читается: юго-запад $89^\circ 59'$) и т. д.

Таблица 10

Четверть	Название румба	Определение румбов по азимутам	Определение азимутов по румбам
I	СВ	$r = A$	$A = r$
II	ЮВ	$r = 180^\circ - A$	$A = 180^\circ - r$
III	ЮЗ	$r = A - 180^\circ$	$A = 180^\circ + r$
IV	СЗ	$r = 360^\circ - A$	$A = 360^\circ - r$

Как и азимуты, различают прямой и обратный румбы линий, причем по величине угла они одинаковы, но названия их различаются, например: СЗ: $20^\circ 30'$ и ЮЗ: $20^\circ 30'$ или ЮВ: $76^\circ 41'$ и СЗ: $76^\circ 41'$.

Связь между азимутами и румбами. Между румбами и азимутами несложно установить простую геометрическую связь, пользуясь которой по известным азимутам можно определить румбы и, наоборот, по румбам вычислить азимуты (табл. 10).

Примеры. Даны азимуты линий. Используя формулы, приведенные в табл. 10, найдем соответствующие им румбы.

Азимуты	Румбы
1. $57^\circ 46'$	1. СВ : $57^\circ 46'$
2. $112^\circ 36'$	2. ЮВ : $67^\circ 24'$
3. $196^\circ 13'$	3. ЮЗ : $16^\circ 13'$
4. $320^\circ 00'$	4. СЗ : $40^\circ 00'$

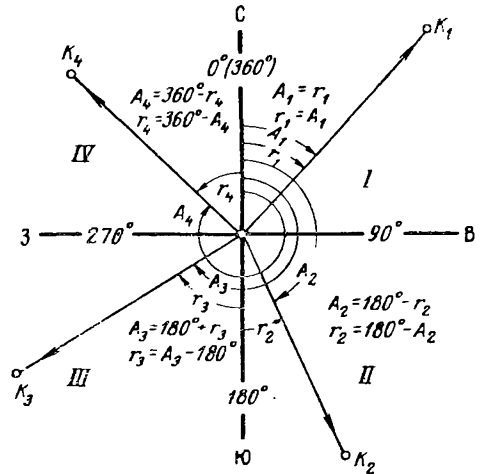


Рис. 70. Связь азимутов и румбов

Известны румбы. Пользуясь формулами, найдем азимуты.

Румбы	Азимуты
1. СВ : $42^\circ 14'$	1. $42^\circ 14'$
2. ЮВ : $10^\circ 00'$	2. $170^\circ 00'$
3. ЮЗ : $45^\circ 20'$	3. $225^\circ 20'$
4. СЗ : $10^\circ 40'$	4. $349^\circ 20'$

Перевычисления азимутов в румбы и наоборот легко выполнить в уме; для этого необходимо только четко представить схему расположения четвертей и ориентируемых линий. До получения необходимых навыков эту схему рекомендуется чертить на бумаге (рис. 70).

§ 23. ДИРЕКЦИОННЫЕ УГЛЫ

В предыдущем параграфе с целью упрощения изложения не подчеркивалось, что меридианы как истинные, так и магнитные не параллельны между собой (они, как известно, сходятся у полюсов). Эта непараллельность меридиана

приводит к тому, что азимуты линии в различных ее точках будут различны (рис. 71). Поэтому при ориентировании линии по истинному или магнитному меридиану нужно указывать точку, где взят азимут, а это создает определенные неудобства. Значительно проще, если угол ориентирования для всех точек отсчитывать от одного меридиана, принятого за исходный.

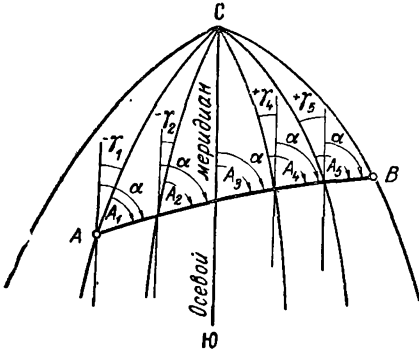


Рис. 71. Сближение меридианов

Перевычисление их в румбы проводится по тем же формулам, которыми пользовались для перевода азимутов в румбы (см. табл. 10).

Обратный дирекционный угол отличается от прямого на 180° .

Из рис. 71 видно, что азимут какой-либо линии местности отличается от ее дирекционного угла на величину сближения меридианов, которая представляет собой угол между осевым меридианом зоны и истинным меридианом, проведенным в данной точке. Для восточной половины зоны сближение

Земной шар принято делить меридианами на зоны через 3 или 6° по долготе. Средний меридиан каждой зоны, называемый *осевым*, является тем меридианом, который используют для определения угла ориентирования любой линии данной зоны.

Угол α , отсчитываемый от северного направления осевого меридиана или линии, ему параллельной, по ходу часовой стрелки до ориентируемой линии, называется дирекционным углом.

Дирекционные углы, как и азимуты, изменяются в пределах от 0 до 360° .

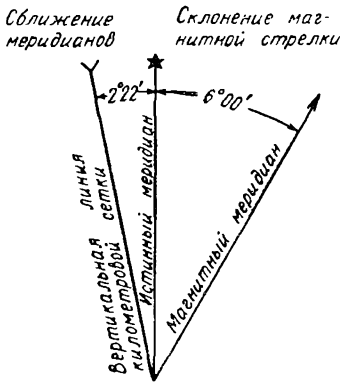


Рис. 72. Схема склонения магнитной стрелки и сближения меридианов

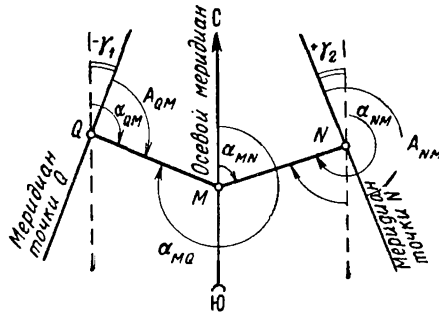


Рис. 73. Связь между дирекционными углами и истинным азимутом ориентируемой линии

меридианов считается положительным, а для западной — отрицательным. Величина сближения меридианов зависит от расположения места съемки в данной зоне и вычисляется по формуле

$$\gamma = \Delta\lambda \sin \varphi, \tag{V.3}$$

где φ — широта точки; $\Delta\lambda$ — разность долгот меридиана данной точки и осевого меридиана. Из формулы (V.3) следует, что на экваторе ($\varphi = 0$) сближение меридианов равно нулю, а на полюсе $\gamma = \Delta\lambda$.

Величина сближения меридианов, как и склонение магнитной стрелки, указывается на специальной схеме (рис. 72), помещаемой внизу на полях карты.

Связь между дирекционным углом ориентируемой линии, истинным азимутом ее и сближением меридианов (рис. 73) выражается формулой

$$\alpha = A - \varphi. \quad (V.4)$$

Следовательно, для определения дирекционного угла ориентируемой линии нужно знать истинный азимут этой линии и величину сближения меридианов. В любой точке данной линии дирекционный угол сохраняет свою величину, а прямой и обратный дирекционные углы отличаются на 180° . Поэтому предпочтительно во всех возможных случаях ориентирование линий местности производить с помощью дирекционных углов.

§ 24. СВЯЗЬ МЕЖДУ УГЛАМИ ПОЛИГОНА, АЗИМУТАМИ, ДИРЕКЦИОННЫМИ УГЛАМИ И РУМБАМИ

Связь между азимутами, дирекционными углами и внутренними углами полигона. Если известны азимуты линий на местности, то можно вычислить угол между этими линиями. Так, например, для замкнутого хода 1, 2, 3, 4, 5, называемого полигоном (рис. 74), при съемке определяют все внутренние углы, лежащие вправо по ходу ($\beta_1, \beta_2, \beta_3, \beta_4, \beta_5$) и дирекционный угол хотя бы одной из сторон, например стороны 1—2. Дирекционные углы остальных сторон вычисляются последовательно. Так, из рис. 74 видно, что дирекционный угол следующей стороны 2—3 будет равен дирекционному углу предыдущей $\alpha_{1-2} + 180^\circ - \beta_2$ минус угол, лежащий вправо по ходу, аналогично можно определить значение дирекционного угла любой стороны. Таким образом, для любой пары сторон, образующих угол β_n , имеем:

$$\alpha_n = \alpha_{n-1} + 180^\circ - \beta_n, \quad (V.5)$$

т. е. дирекционный угол последующей стороны α_n равен дирекционному углу предыдущей стороны α_{n-1} плюс 180° и минус угол между этими сторонами, лежащий вправо по ходу β_n . Если сумма $\alpha_{n+1} + 180^\circ$ окажется меньше вычитаемого угла β_n , то к этой сумме прибавляют 360° .

Несколько преобразуя формулу (V.5), получим

$$\beta_n = \alpha_{n-1} + 180^\circ - \alpha_n. \quad (V.6)$$

Следовательно, угол между двумя сторонами, лежащий справа по ходу, равен дирекционному углу предыдущей стороны плюс 180° и минус дирекционный угол последующей стороны. Если сумма $\alpha_{n-1} + 180^\circ$ окажется меньше угла α_n , то к ней прибавляют 360° и потом вычитают угол α_n .

Связь между румбами и внутренними углами полигона. Внутренний угол между двумя линиями может быть определен также и по румбам этих линий. На рис. 75 изображен полигон, в котором обозначены внутренние углы, прямые

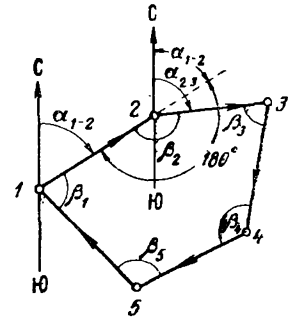


Рис. 74. Связь между азимутами, дирекционными и внутренними углами

и обратные румбы. Несложно установить, что в зависимости от названия румбов можно вычислить внутренние углы по следующим четырем правилам:

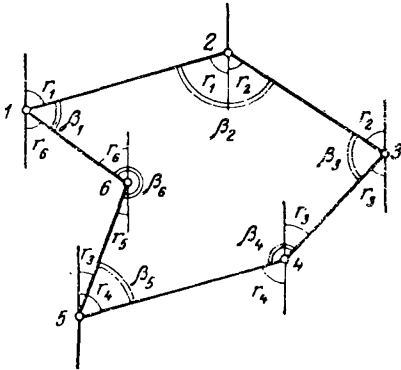


Рис. 75. Связь между румбами и дирекционными углами

1. Угол равен сумме румбов, если вторые буквы названий румбов одинаковы. Например, угол $\beta_2 = r_1 + r_2$.

2. Угол равен 180° без суммы румбов, если первые буквы одинаковы. Например, $\beta_3 = 180^\circ - (r_2 + r_3)$.

3. Угол равен 180° минус разность румбов, если названия румбов одинаковы. Например, $\beta_4 = 180^\circ - (r_4 - r_3)$.

4. Угол равен разности румбов, если названия румбов совершенно различны. Например, $\beta_5 = r_4 - r_5$.

Следует отметить, что эти правила пригодны, если внутренние углы менее 180° . Поэтому угол β_6 (см. рис. 75), значение которого больше 180° , не может быть определен по этим правилам. При определении внутренних углов по румбам необходимо в каждом случае составлять схему и производить соответствующие вычисления. Проще эта задача решается, если румбы сначала перевести в азимуты и уже по ним определять значение соответствующих углов.

§ 25. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДИРЕКЦИОННЫХ УГЛОВ, АЗИМУТОВ И РУМБОВ НА ПЛАНАХ И КАРТАХ

Для определения на топографической карте или плане дирекционного угла какой-либо линии используют имеющуюся на карте (плане) прямоугольную сетку, вертикальные линии которой параллельны осевому меридиану, и транспортир.

Измеряя дирекционный угол, прикладывают на карту транспортир так, чтобы отмеченная штрихом середина его линейки совпала с точкой пересечения ориентируемой линии с вертикальной линией прямоугольной сетки (если нет пересечения, то ориентируемую линию предварительно продлевают до ближайшей линии сетки), а край линейки транспортира, т. е. линию $0-180^\circ$, совмещают с ориентируемой линией (рис. 76). Отсчет по шкале транспортира по ходу часовой стрелки от северного направления линии прямоугольной сетки до ориентируемой линии представляет собой значение дирекционного угла.

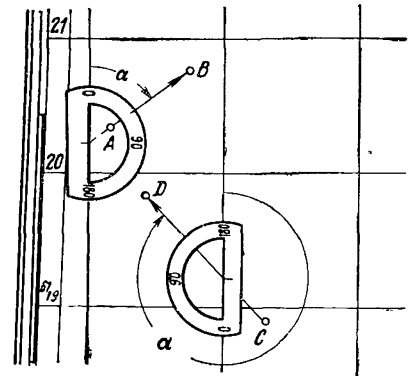


Рис. 76. Определение дирекционных углов линий на карте и плане

Определение истинных азимутов. После определения по карте дирекционного угла ориентируемой линии вычисляется истинный азимут ее по формуле (V.4). Необходимая для вычислений величина сближения меридианов берется со схемы, помещаемой на полях топографической карты (см. рис. 72).

Истинный азимут ориентируемой линии можно определить также и непосредственно по карте при помощи транспортира. Для этого вблизи начальной точки ориентируемой линии проводят линию меридиана, соединяя точки южной и северной рамок с одноименными долготами. После чего измеряют угол транспортиром, приложив середину линейки к точке пересечения, а край линейки — к линии, параллельной рамке.

Определение магнитных азимутов. Зная истинный азимут данной линии, можно вычислить магнитный азимут, введя в значение истинного азимута поправку за склонение магнитной стрелки по формуле (V.1). Значение поправки берется с той же схемы, что и сближение меридианов.

Глава VI БУССОЛЬНАЯ СЪЕМКА

§ 26. БУССОЛЬ. ИЗМЕРЕНИЕ МАГНИТНЫХ АЗИМУТОВ И РУМБОВ

Буссоль. Буссолью называется угломерный инструмент, предназначенный для непосредственного измерения на местности магнитных азимутов и румбов.

По виду (рис. 77) буссоль напоминает компас, но отличается более сложной конструкцией и большей точностью измерений. Состоит буссоль из медной или пластмассовой коробки 6, покрытой сверху стеклом; магнитной стрелки 3, которая с помощью вправленного в центре тяжести ее твердого камня-агата 1 свободно вращается на стальной игле или шпиле 7, установленном в центре коробки; передвигающейся муфточки 4 для уравнивания стрелки; арретира 8; рычажка с винтом 5, позволяющего поднять стрелку и прижать к стеклу буссоли, а при работе — освободить; буссольного кольца 2, на котором нанесены градусные или полуградусные деления, подписанные через 10°.

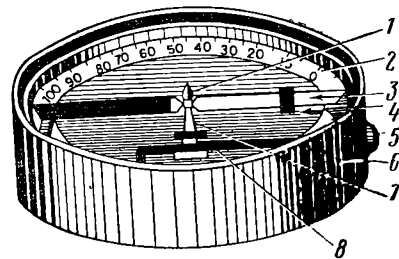


Рис. 77. Буссоль

Магнитная стрелка, являющаяся основной частью буссоли, представляет собой искусственный магнит в виде удлиненной ромбической или плоскопараллельной формы стальной пластинки, которая, находясь в свободно подвешенном состоянии, устанавливается под действием земного магнетизма в плоскости магнитного меридиана. Конец стрелки, обращенный к северу, называется северным (делается он обычно темным — вороненым), противоположный — южным.

В зависимости от оцифровки делений буссольные кольца бывают азимутальные и румбические. На азимутальном кольце, которое представлено на рис. 78, градусные деления подписаны от 0 до 360° против хода часовой стрелки. Диаметр, обозначенный цифрами 0 и 180°, называется нулевым диаметром. На румбическом кольце (рис. 79) деления подписаны от 0 до 90° в обе стороны от диаметра, обозначенного 0—0° (нулевой диаметр).

Описанная выше буссоль является, как правило, составной частью или принадлежностью более сложных геодезических приборов и не используется при съемках как самостоятельный прибор.

Однако иногда съемки проводятся только буссолью и лентой. В таких случаях лучше использовать буссоли с диоптрами — буссоли, снабженные специальным визирным приспособлением в виде линейки с диоптрами,

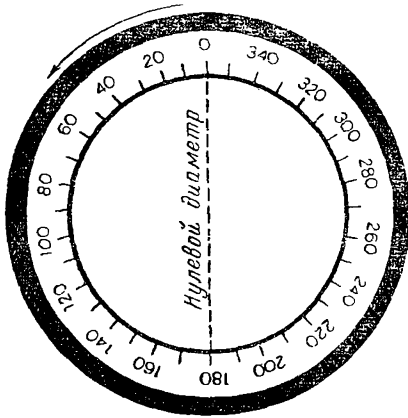


Рис. 78. Азимутальное кольцо

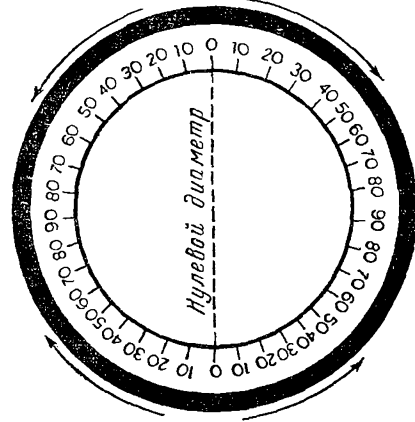


Рис. 79. Румбическое кольцо

которая крепится к коробке так, чтобы визирная плоскость, проходящая через глазной (щель) и предметный (волосок) диоптры, совмещалась с нулевым диаметром кольца (рис. 80).

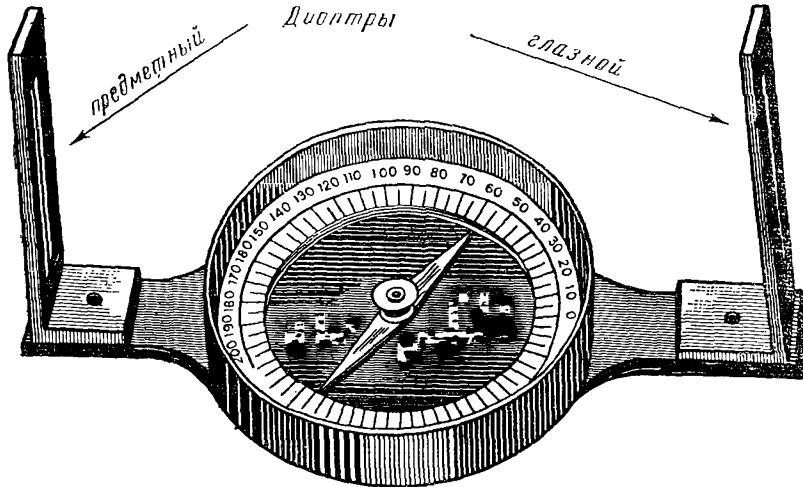


Рис. 80. Буссоль с диоптрами

Для удобства пользования и повышения точности измерений некоторые буссоли устроены так, что их можно устанавливать на штатив (общее устройство штативов рассматривается в § 32).

Проверки буссоли. Перед началом работ буссоль, как и всякий геодезический инструмент, необходимо проверить и убедиться в соблюдении следующих требований.

1. *Магнитная стрелка должна быть хорошо намагничена.* Чтобы проверить это условие, освобождают стрелку и, дав ей успокоиться, делают отсчет. Затем к буссоли два-три раза подносят железный предмет и убирают его, наблюдая за состоянием магнитной стрелки. Если после каждого удаления железного предмета она будет быстро возвращаться и устанавливаться против первоначального отсчета, то условие выполнено; в противном случае стрелку нужно вынуть и намагнитить или отточить шпиль.

2. *Магнитная стрелка должна быть уравновешена.* Для проверки буссоль устанавливается горизонтально, и если при этом концы стрелки будут находиться на уровне краев кольца буссоли, то условие соблюдено. Если такого положения не будет, то следует уравновесить стрелку передвижением муфточки,

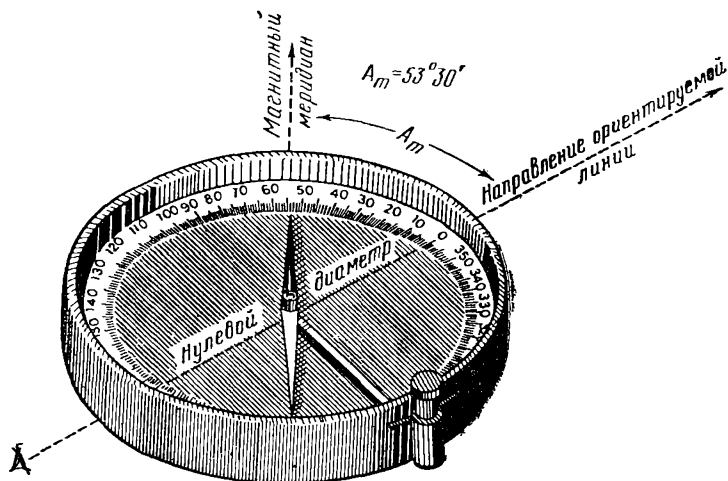


Рис. 81. Измерение азимутов буссолью

или при ее отсутствии конец стрелки, поднимающийся выше края кольца, утяжелить, прикрепив к нему кусочек растопленного сургуча, воска или пластилина.

3. *Ось вращения магнитной стрелки должна находиться в центре градусного кольца буссоли.* Делают отсчеты по обоим концам магнитной стрелки. Условие будет выполнено, если по азимутальному кольцу отсчеты будут отличаться точно на 180° , а по румбическому кольцу отсчеты будут равны. Если же расхождение превышает $30'$, то говорят, что буссоль имеет эксцентриситет, т. е. ось вращения стрелки не совпадает с центром буссольного кольца. Для исключения влияния эксцентриситета отсчеты нужно делать обязательно по обоим концам стрелки и за окончательное значение азимута или румба принимать среднее арифметическое из двух отсчетов. Следует, однако, помнить, что если измерения проводились буссолью с азимутальным кольцом, то при определении среднего значения отсчет по южному кольцу нужно изменить на $\pm 180^\circ$.

Измерение азимутов. Измерение азимутов буссолью с азимутальным кольцом проводится в следующем порядке:

- устанавливают буссоль над начальной точкой ориентируемой линии;
- по уровню или на глаз приводят буссоль в горизонтальное положение;
- ориентируют буссоль, совмещая нулевой диаметр ($0-180^\circ$) с направлением данной линии (рис. 81), в конце которой установлена веха. При этом нулевое

деление кольца должно быть обращено к вехе, а деление 180° — к глазу наблюдателя;

отпустив арретир, освобождают магнитную стрелку буссоли;

после того, как стрелка успокоится, делают отсчет на буссольном кольце по северному кольцу стрелки с точностью до четверти градуса.

Для контроля правильности сделанного отсчета и для исключения влияния эксцентриситета берется второй отсчет — по южному концу стрелки. Так как ошибка от эксцентриситета не может превышать 1° , то по южному концу стрелки отсчет следует брать только в минутах, после чего берут среднее арифметическое из минут первого и второго отсчетов и, суммируя его с градусами первого отсчета, получают окончательное значение магнитного азимута ориентируемой линии.

Измерение румбов. Работа выполняется буссолью с румбическим кольцом, аналогично описанному выше измерению азимута. Градусная величина румба отсчитывается по обоим концам магнитной стрелки и за окончательное значение румба принимают среднее арифметическое из двух отсчетов. Первую букву названия румба (С или Ю) определяют по концу стрелки, ближе расположенному к ориентируемой линии; для определения второй буквы необходимо стать лицом на север и проследить, как расположена данная линия относительно магнитной стрелки: если справа, то будет буква В (восток), если слева — З (запад).

Кроме определения азимутов и румбов с помощью буссоли можно решать и другие задачи:

ориентировать карту по известным азимутам и румбам;

определять углы между двумя направлениями, измерив буссолью их азимуты или румбы;

проводить линии, параллельные заданной, воссоставлять перпендикуляр к линии, опускать перпендикуляр из точки на линию и др.;

проводить низкоточные хозяйственные съемки небольших участков и пр.

При работе с буссолью нельзя иметь вблизи металлические предметы, так как под их влиянием магнитная стрелка отклоняется и показывает неверные результаты.

Ориентирование карты по буссоли. *Ориентировать карту — значит расположить ее так, чтобы направления линий на карте стали параллельными направлениям горизонтальных проложений линий местности.*

Чтобы ориентировать карту, следует установить на ней буссоль так, чтобы нулевой диаметр или одно из ребер основания, параллельных ему, совместились с истинным меридианом карты, которым является западная и восточная стороны рамки карты. Затем отпускают стрелку и поворачивают карту вместе с установленной на ней буссолью до тех пор, пока северный конец стрелки не установится на отсчете, равном указанному на карте склонению магнитной стрелки.

Карту можно ориентировать и по осевому меридиану. Для этого буссоль прикладывают к одной из вертикальных линий прямоугольной сетки. После чего карту с буссолью поворачивают до тех пор, пока северный конец магнитной стрелки не установится на отсчете, равном

$$\Pi = \delta - \gamma, \quad (V.7)$$

т. е. поправка Π учитывает и склонение магнитной стрелки δ и сближение меридианов γ .

§ 27. БУССОЛЬНАЯ СЪЕМКА МЕСТНОСТИ

Понятие о буссольной съемке. Буссольная съемка, при которой используются в качестве основных инструментов буссоль, лента, а иногда и эккер, является горизонтальной съемкой малой точности. Применяется она при почвенных и геоботанических обследованиях, при предварительных мелиоративных изысканиях и в других случаях, когда нужно быстро нанести на план контуры сельскохозяйственных угодий или составить план небольшого участка местности.

Проведение буссольной съемки, как и всякой другой, начинается с рекогносцировки — предварительного осмотра в натуре снимаемой местности.

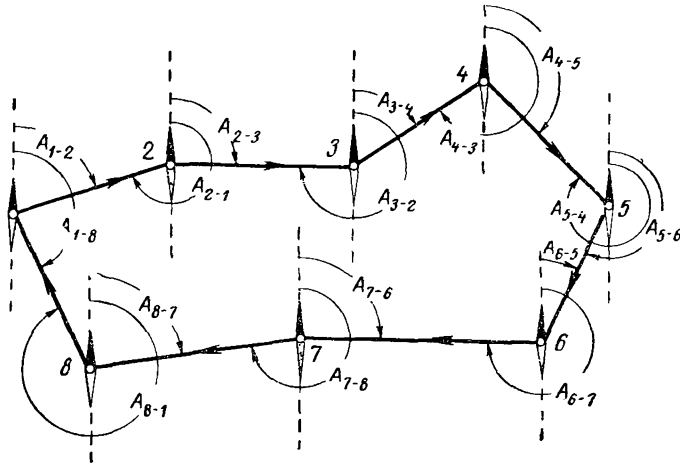


Рис. 82. Способ обхода

При этом выбираются поворотные точки (вершины) полигона, которые должны отвечать ряду требований:

располагаться на твердом грунте в удалении от железнодорожных линий, электролиний высокого напряжения и других объектов, где показания магнитной стрелки могут быть неверными;

быть видимыми с предыдущей и последующей вершин полигона;

отстоять друг от друга на расстоянии не менее 50 м и не более 200 м, а число их не должно превышать 20—25.

Во время рекогносцировки определяется также, какой из применяемых четырех способов буссольной съемки — обхода, полярный, засечек или прямоугольных координат (перпендикуляров) — наиболее приемлем для съемки границы и внутренней ситуации данного участка.

Способ обхода. Способ обхода является одним из основных и применяется для съемки вытянутых участков, границы которых состоят из прямых линий.

При этом способе вокруг снимаемого полигона, точки которого предварительно закреплены столбами или колышками, прокладывается замкнутый буссольный ход (рис. 82). Последовательно по ходу часовой стрелки в каждой вершине полигона устанавливают буссоль и в зависимости от оцифровки буссольного кольца определяют прямой азимут или румб последующей стороны и обратный азимут или румб предыдущей стороны. Разность между прямыми и обратными азимутами каждой линии не должна превышать $180^\circ \pm 0,5^\circ$, а между румбами $\pm 0,5^\circ$.

Одновременно между вершинами участка, которые при съемке называются станциями, измеряют лентой длины сторон в прямом и обратном направлениях (относительная ошибка измерения каждой линии не должна превышать $\frac{1}{500}$). Углы наклона сторон, если они больше 4° , измеряют эклиметром.

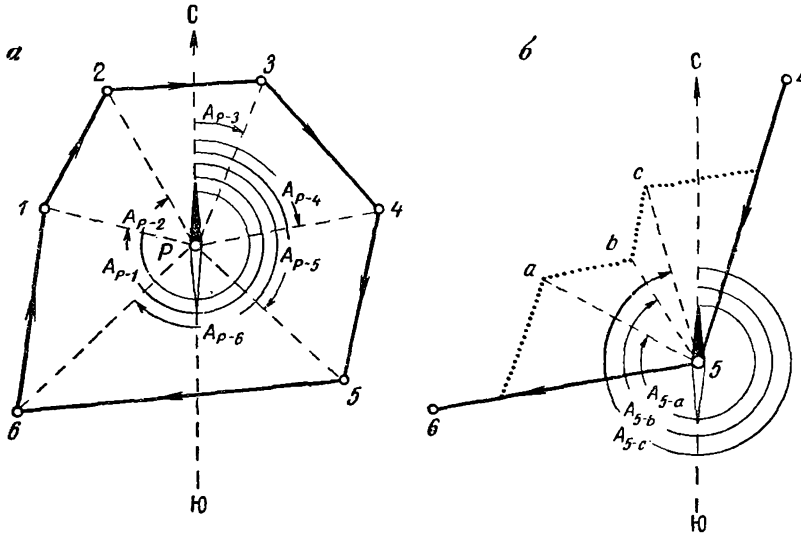


Рис. 83. Полярный способ

Попутно с прокладкой замкнутого буссольного хода способами засечек, полярным или прямоугольных координат производится съемка ситуации, прилегающей к ближайшим линиям буссольного хода. Все результаты измерений заносятся простым черным карандашом в полевой журнал (табл. 11) и на абрис.

Таблица 11

Журнал буссольной съемки

Номер вершины (станции)	Измеренные азимуты или румбы		Прямой средний азимут или румб	Измеренная длина линии,	Углы наклона	Примечание
	прямые	обратные				
1	73 00	253 30	73 15	119,41	—	Склонение магнитной стрелки восточное $\delta = +3^\circ$
2	91 30	271 30	91 30	127,50	6°	
3	55 30	235 00	55 15	110,02	—	(определено по топографической карте)
4						

Полярный способ. Полярный способ удобен для съемки открытых участков с небольшим числом сторон. Применяя его, буссоль устанавливается в какой-нибудь точке (например, точке P на рис. 83, а), выбранной в середине участка и на-

ываемой полюсом. Затем, последовательно визируя нулевой диаметр буссольного кольца на вежи, установленные в характерных точках контура 1, 2, 3, . . . , 6, определяют азимуты (румбы) линий, соединяющих полюс с вершинами участка A_{P-1} , A_{P-2} , A_{P-3} ... Одновременно измеряют лентой длины линий $P-1$, $P-2$, $P-3$, . . . , $P-6$. Полученные данные, которых вполне достаточно для составления плана участка, записывают на абрисе в специальную таблицу. Иногда для контроля съемки измеряют длины сторон участка.

Если полярный способ применяется для съемки внутренней ситуации участка, граница которого снимается способом обхода, то в качестве полюса берется одна из вершин участка (рис. 83, б) и азимуты (румбы) линий определяют между полюсом и характерными точками контура, а также измеряют расстояния от полюса до этих точек.

Способ засечек. Этот способ (рис. 84) применяется одновременно со способом обхода для съемки ситуации в открытой части участка или для определения местоположения отдельных точек. Так, если требуется установить, например, положение точек B и D относительно буссольного хода, то, приняв ближайшую линию хода $5-6$ за базис, устанавливают буссоль над точкой 5 и измеряют азимуты (румбы) направлений $5-A$ и $5-B$, а затем переходят с буссолью в точку 6 и определяют азимуты (румбы) направлений $6-A$ и $6-B$. Если по полученным азимутам (румбам) построить направления на бумаге, то при пересечении соответствующих линий получим искомые точки.

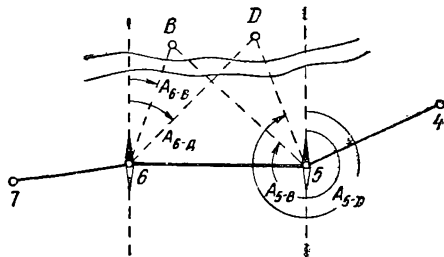


Рис. 84. Способ засечек

Рекомендуется, чтобы засечки были под углами не менее 30° и не более 150° .

Способ прямоугольных координат. Сущность этого способа рассмотрена в § 21. Применение его требует, как известно, наличия эскера.

§ 28. СОСТАВЛЕНИЕ ПЛАНА ПО РЕЗУЛЬТАТАМ БУССОЛЬНОЙ СЪЕМКИ

Понятие о камеральной обработке результатов буссольной съемки. Камеральные работы начинаются математической обработкой результатов измерений:

- вычисляются средние значения из прямых и обратных азимутов (румбов);
- вычисляются средние значения из двойных измерений сторон;
- определяются горизонтальные проложения линий;
- азимуты переводятся в румбы (если измерялись азимуты), так как накладку буссольного хода и ситуации лучше делать по румбам.

Полученные при этом значения азимутов, румбов и мер линий записывают в специальную таблицу. Иногда эти данные наносят также на схему снятого участка, которая хотя и составляется без соблюдения масштаба, но дает наглядное представление о выполненной работе и облегчает составление плана.

После математической обработки приступают к графическим работам, выполняемым при помощи транспортира, измерителя, масштабной линейки, треугольника, деревянной линейки, карандашей и других чертежных принадлежностей в следующем порядке:

- накладка буссольного хода по румбам;
- увязка буссольного хода;
- нанесение ситуации;
- оформление плана.

Накладка полигона по румбам. Накладка полигона начинается с того, что через середину листа бумаги, предназначенного для составления плана, прово-

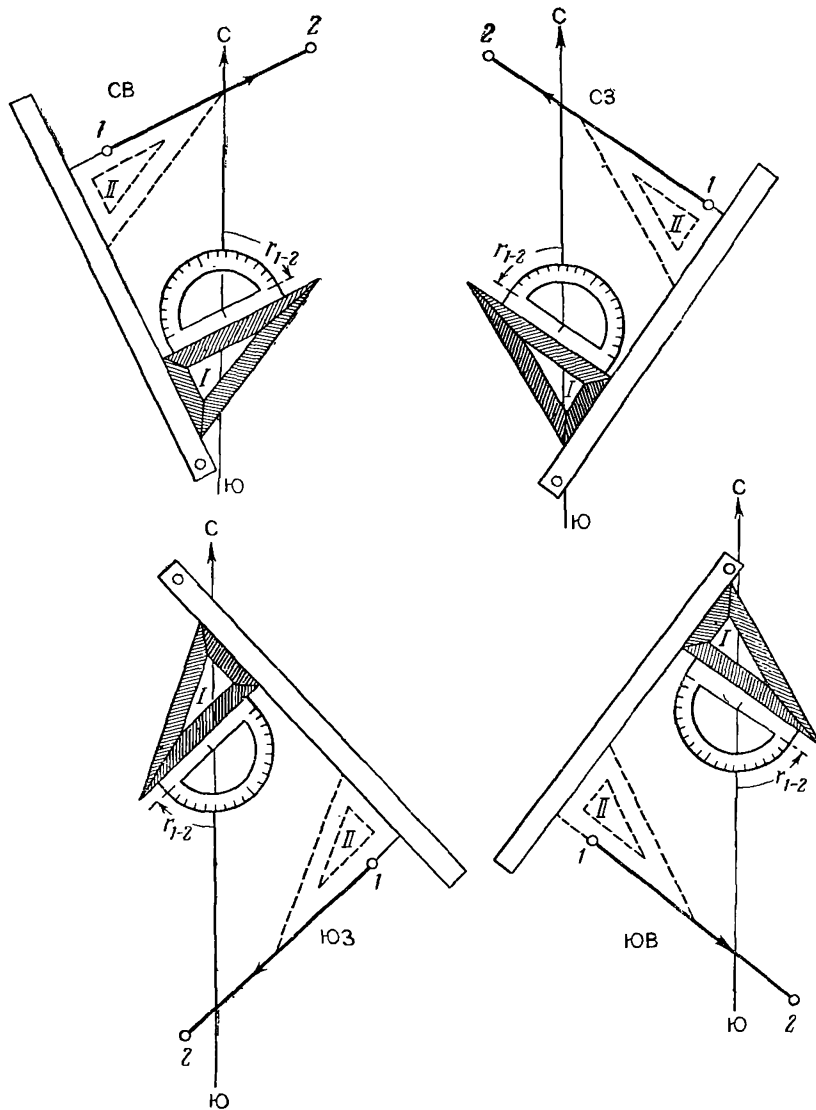


Рис. 85. Построение румбов

дят тонко очиненным твердым карандашом четкую вертикальную линию, которую условно принимают за направление меридиана. После этого легким уколом иглы измерителя обозначают первую точку (вершину) полигона, положе-

ние которой выбирается произвольно, но с таким расчетом, чтобы полигон разместился симметрично относительно краев листа. Чтобы легче находить место укола, его обводят карандашом и рядом ставится цифра, обозначающая номер точки.

Затем строят линию 1—2 по ее румбу. Для этого транспортир укладывают так, чтобы центр его и градусный отсчет румба на дуге совпали с меридианом, а основание шло по направлению искомой точки. На рис. 85 показаны все четыре возможные направления. К основанию транспортира осторожно прикладывают треугольник (его положение обозначено цифрой I), а к нему — линейку. Осторожно убрав транспортир в сторону, передвигают треугольник вдоль неподвижной линейки до тех пор, пока катет, который был приложен к транспортиру, не совместится с первой точкой полигона (на рис. 85 это положение обозначено цифрой II, а сам треугольник — пунктирными линиями). Прочерченная по этому катету линия и будет искомым направлением, на котором от начальной точки откладывают в масштабе длину первой стороны и получают точку 2. Ее, как и первую точку, обозначают уколом, кружком и цифрой.

Аналогично строят все остальные стороны полигона.

Линейная невязка. Вследствие случайных ошибок, допущенных при измерении на местности и при накладке буссольного хода на бумагу, конец последней линии обычно не совмещается с начальной точкой полигона, а располагается где-нибудь вблизи нее. На рис. 86 пунктирными линиями показан наложенный по румбам полигон, который не замкнулся на отрезок 1—1'. Этот отрезок называют абсолютной линейной невязкой $f_{\text{абс}}$, величину которой в метрах определяют измерителем по масштабу плана. Линейная невязка считается допустимой, если ее отношение к периметру P , представляющее собой относительную невязку $f_{\text{абс}}$, будет меньше $\frac{1}{200}$.

Пример. Абсолютная линейная невязка буссольного хода равна 5 м, периметр — 450,5 м, тогда $f_{\text{отн}} = \frac{f_{\text{абс}}}{P} = \frac{5}{450} = \frac{1}{90}$. Следовательно, полученная невязка недопустима, а это значит, что в измерениях линий и румбов на местности или в построении их на бумаге допущена грубая ошибка.

Предполагая, что такая ошибка допущена только в одной линии или в одном румбе, рекомендуются:

- 1) проверить длины сторон полигона, примерно параллельных невязке;
- 2) проверить правильность румбов линий, которые приблизительно перпендикулярны к направлению невязки.

Сначала проверяется правильность построения на бумаге. Если здесь не окажется ошибки, то выходят на местность и повторно измеряют соответствующие линии и румбы. Если и при этом ошибка не будет обнаружена, то это значит, что допущены грубые ошибки в нескольких измерениях и нужно заново проверить в натуре всю съемку и составить план участка. Следовательно, рассмотренные выше правила отыскания грубых ошибок приемлемы только в том случае, когда ошибка допущена только в одном измерении.

Если же невязка получилась допустимой, то построенный полигон у в а з ы в а ю т, т. е. распределяют невязку пропорционально длинам сторон и весь полигон перемещают так, чтобы конец последней линии попал в начальную точку, а допущенные при этом искажения длин линий и румбов были минимальны.

Увязка буссольного хода методом параллельных линий. Сущность метода заключается в распределении линейной невязки путем смещения вершин полигона по линиям, параллельным невязке.

Работа эта выполняется в такой последовательности.

В каждой вершине незамкнувшегося полигона (на рис. 86, а он изображен пунктирными линиями) проводят линии, параллельные линейной невязке $I-I'$, но идущие в направлении, обратном невязке, т. е. в направлении от точки I' к точке I . Эти направления показаны на рисунке стрелками.

Величину смещения каждой вершины проще всего определить графическим методом. Для этого рядом с построенным полигоном (рис. 86, б)

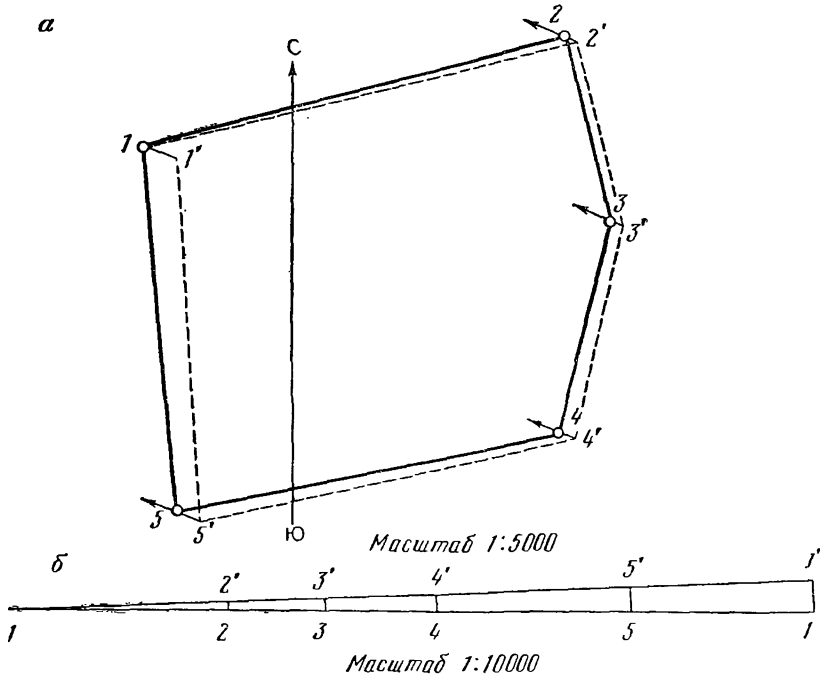


Рис. 86. Построение плана по румбам

проводят прямую линию, на которой в масштабе более мелком, чем масштаб плана, откладывают последовательно все стороны участка и получают прямую $I-I'$, равную периметру полигона. На перпендикуляре, восстановленном в конце этой прямой, откладывают в масштабе плана абсолютную линейную невязку $I-I'$ и соединяют полученную точку I' с начальной. После этого из точек $2, 3, \dots$ восстанавливают перпендикуляры до пересечения с наклонной линией $I-I'$, отрезки $2-2', 3-3', \dots$ являются искомыми величинами смещения соответствующих точек полигона.

Величины смещения являются частями линейной невязки и их можно также вычислять по формуле

$$\delta = \frac{f_{abc}}{P_S} P_c,$$

где δ — величина смещения данной точки в м; P_S — периметр всего полигона; P_c — расстояние от данной точки до начальной.

Последовательно соединяя прямыми линиями вновь полученные точки, включая точку I , образуют замкнутый многоугольник — увязанный полигон (на рис. 86 он показан сплошными линиями).

§ 29. НАНЕСЕНИЕ СИТУАЦИИ И ОФОРМЛЕНИЕ ПЛАНА

Нанесение ситуации на план. План буссольной съемки тоже составляется с соблюдением основного принципа геодезии: от общего к частному. Сначала на бумагу описанным выше способом накладывают и увязывают границу участка,

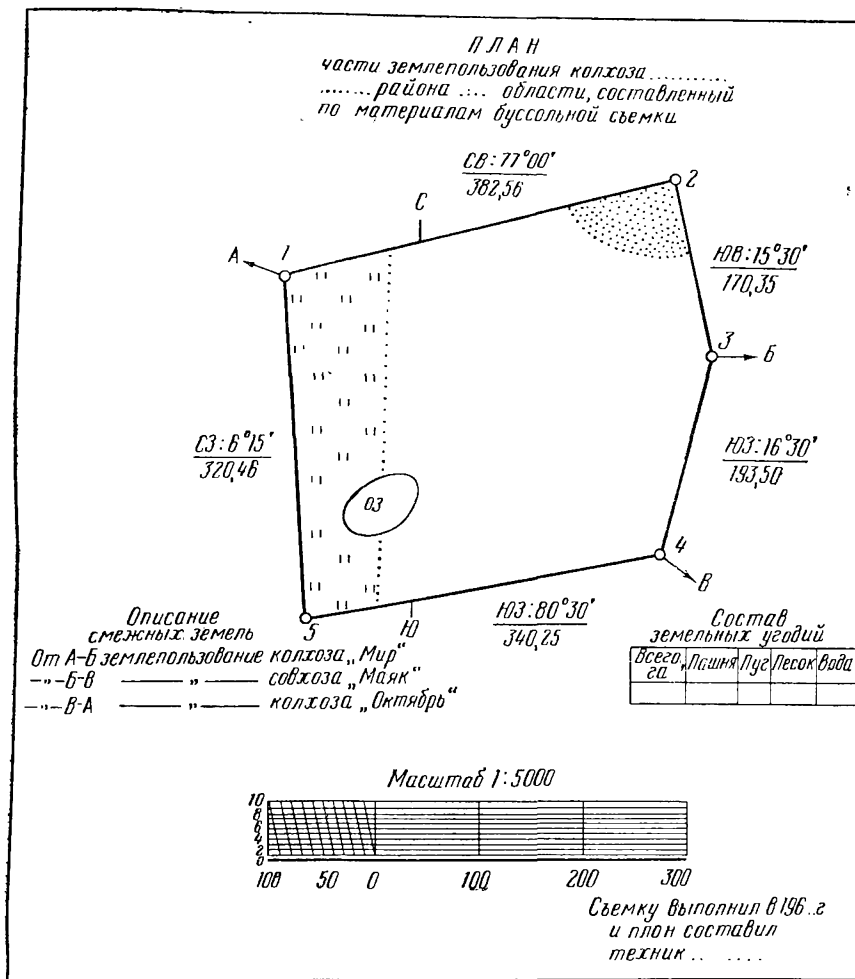


Рис. 87. План части землепользования

после чего, приняв вершины его за опорные точки, наносят относительно их по данным абриса внутреннюю ситуацию участка. При этом нанесение точек ситуации на план выполняется теми способами, которые были применены при съемке этих контуров, и в том порядке, который указан в абрисе, переходя последовательно от предыдущей линии к последующей.

Так, точки, снятые полярным способом и способом засечек, наносят на план с помощью транспортира, измерителя и масштабной линейки. Совместив центр транспортира с полюсом и нулевой диаметр с меридианом, отсчитывают соответствующее градусное значение румба, намечают точку, соединяют ее

с полюсом прямой линией и, откладывая на ней в масштабе расстояние, получают положение точки (накалывают ее).

При нанесении точек, снятых способом прямоугольных координат, сначала при помощи измерителя откладывают на магистрали расстояния до оснований перпендикуляров, затем транспортом строят перпендикуляры и, отложив в масштабе их длины, получают (накалывают) контурные точки. Затем, соединяя эти точки плавными кривыми линиями (соответственно абрису), образуют изображение того или иного контура.

Все длины линий откладываются при помощи измерителя и масштабной линейки.

Оформление плана. Окончив нанесение контуров и отдельных точек, приступают к оформлению плана. Поворотные точки (вершины) полигона обозначают кружками диаметром 1—1,2 мм и цифрами, стороны полигона — сплошными линиями толщиной 0,2 мм, контуры угодий — точечным пунктиром, а сами угодья изображают условными знаками, установленными для данного масштаба. Точки границы участка, где заканчивается одно (смежное) землепользование и начинается другое, показывают разделительными стрелками и буквами, а наименования этих землепользований указывают в таблице под заголовком «Описание смежных землепользований».

Формат бумаги для плана берут с таким расчетом, чтобы после построения участка остались чистые поля по 10—20 см с каждой стороны; на полях плана размещают различные надписи, таблицы, пояснения и пр. Так, в верхней части листа помещают название плана (картуш), против сторон полигона на расстоянии 1—1,5 см от них дробью записывают румбы (в числителе) и длины линий (в знаменателе). Внизу посредине листа пишут численный масштаб и строят линейный или поперечный масштаб. В нижнем левом углу размещают таблицу «Описание смежных земель», а в правом — таблицу земельных угодий, называемую экспликацией, дату проведения съемки и составления плана, фамилии лиц, выполнявших съемку, составивших план и руководивших работами.

План сначала оформляют в карандаше, а затем вычерчивают тушью. После этого резинкой стирают все вспомогательные линии (перпендикуляры, разграфку для подписей, векторы полярного способа, лучи засечек и пр.). Окончательный вид плана будет примерно таким, как показан на рис. 87.

Для лучшей наглядности планы часто окрашиваются.

Глава VII

ТЕОДОЛИТНАЯ СЪЕМКА

§ 30. СУЩНОСТЬ ТЕОДОЛИТНОЙ СЪЕМКИ И ПРИМЕНЯЕМЫЕ ИНСТРУМЕНТЫ

Понятие о теодолитной съемке. *Теодолитной съемкой называется совокупность полевых измерений, выполняемых теодолитом и другими инструментами, для получения контурного плана местности.* Теодолитная съемка, относящаяся к горизонтальным съемкам и используемая в равнинной местности, нашла самое широкое применение при составлении и корректировке планов землепользований колхозов и совхозов или отдельных их участков.

Соответственно основному принципу геодезии «от общего к частному» теодолитная съемка подразделяется на две части.

1. Создание рабочего, или съемочного, геодезического обоснования. На снимаемой территории наиболее точно определяют взаимное положение небольшого числа характерных точек, которые называются опорными.

Для съемки территорий колхозов и совхозов оно создается, как правило, прокладкой по внешним границам этих землепользований замкнутых теодолитных ходов — систем ломаных линий, представляющих собой замкнутые многоугольники, — полигонов.

Для съемки отдельных небольших, вытянутых в одном направлении участков рабочим обоснованием может быть разомкнутый теодолитный ход. Прокладка ходов заключается в измерении длин сторон и углов между ними.

2. Опираясь на рабочее обоснование, менее точными приемами снимают внутреннюю ситуацию. Часто для съемки ситуации и контроля полевых измерений возникает потребность в прокладке диагональных теодолитных ходов — ходов, расположенных внутри полигона между двумя любыми несмежными его вершинами.

Порядок проведения теодолитной съемки. Теодолитная съемка выполняется в такой последовательности.

1. Рекогносцировка снимаемого участка, выбор и закрепление опорных точек. Рекогносцировка заключается в осмотре участка, выяснении его границ, проверке сохранности межевых знаков окружной границы землепользования. Если же ведется съемка участка, границы которого не совпадают с границами землепользования, то на местности выбирают поворотные точки (вершины) участка, которые должны быть удобны для установки теодолита и съемки прилегающей ситуации, должны быть видны с предыдущих и последующих точек хода, располагаться по возможности на равных расстояниях друг от друга. Расстояние между точками не должно быть меньше 100 м и больше 300—400 м. Желательно, чтобы стороны хода имели возможно меньший угол наклона и располагались в местах, удобных для линейных измерений. Определяют также потребность в прокладке диагональных ходов и выбирают их поворотные точки.

Длина теодолитного хода зависит от масштаба съемки и точности измерения углов. Так, например, при работе 30-секундным теодолитом длина хода не должна быть более 4 км при масштабе съемки 1 : 5000 и 2 км — при масштабе 1 : 2000. Длина хода соответственно уменьшается в полтора раза при работе 1-минутным теодолитом.

В результате рекогносцировки определяют порядок проведения всех последующих съемочных работ и наиболее рациональные способы их выполнения.

2. Закрепление на местности точек съемочного обоснования (см. § 13). В необходимых случаях восстанавливают межевые знаки.

3. Подготовка линий к измерению — вешение, прорубка просек, удаление камней, кочек и пр.

4. Измерение линий и углов теодолитных ходов.

5. Съемка ситуации.

Инструменты, применяемые при теодолитной съемке. При проведении теодолитных съемок для нужд сельскохозяйственного производства углы измеряют теодолитами (см. § 32), длины линий — стальными мерными лентами, рулетками (см. § 15) и дальномерами (см. § 36), углы наклона — эклиметрами (см. § 18), углы ориентирования — буссолями (см. § 26), а построение прямых углов выполняют эккерами (см. § 20).

Для обозначения точек на местности применяются вехи (см. § 13).

шествующая проектирование, приспособления для отсчета градусных значений и установки центра лимба над вершиной угла.

Инструментом, отвечающим таким требованиям, является теодолит.

§ 32. ТЕОДОЛИТ И ЕГО ЧАСТИ

Общее устройство теодолита. Теодолитом называется прибор, предназначенный для измерения горизонтальных и вертикальных углов. Согласно рис. 88

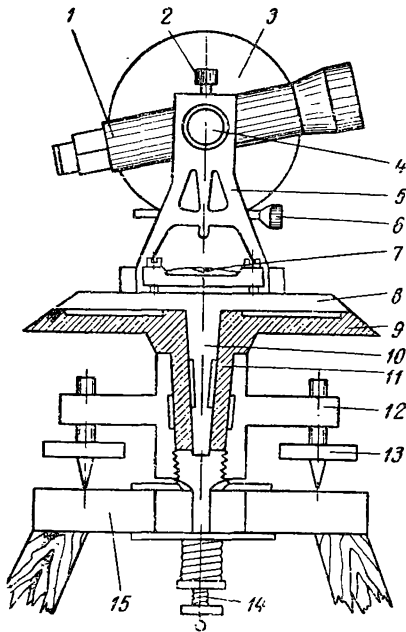


Рис. 89. Принципиальная схема теодолита

при измерении горизонтального угла направления BC и BA , выходящие из вершины измеряемого угла CBA , проектируются на горизонтальную плоскость P и между проекциями этих направлений bc и ba образуется горизонтальный угол β , обычно измеряемый угломерным инструментом — теодолитом. Роль горизонтальной плоскости у теодолита выполняет круг 9 (рис. 89), называемый

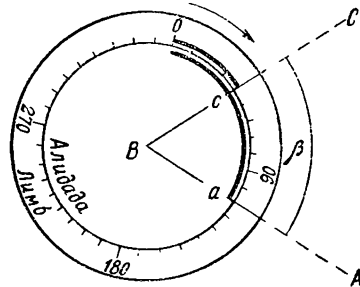


Рис. 90. Схема измерения угла

лимбом (рис. 90), на окружности которого нанесены градусные (или градовые) деления от 0 до 360° по ходу часовой стрелки. Центр лимба должен находиться на одной отвесной линии с вершиной измеряемого угла B . Чтобы отметить на лимбе проекции направлений ba и bc , над лимбом вращается второй круг 8 (см. рис. 89), называемый алидадой (см. рис. 90), ось вращения которой 10 (см. рис. 89) называется осью вращения инструмента. Лимб 9 и алидада 8 составляют горизонтальный круг теодолита.

Для проектирования направлений на плоскость лимба служит зрительная труба I , вращающаяся вместе с алидадой в горизонтальной плоскости, а также в вертикальных плоскостях H и Q (см. рис. 88), перпендикулярных плоскости лимба (и алидады) и проходящих через ось вращения инструмента.

Для измерения угла β (см. рис. 90) надо навести зрительную трубу по правой стороне угла, т. е. на точку A , и против штриха a , имеющегося на алидаде, произвести отсчет oa по лимбу. Затем, не вращая лимб, вращают алидаду, зрительную трубу наводят на точку C и против того же штриха алидады, который окажется в точке c , производят отсчет oc по лимбу.

Так как деления на лимбе подписаны по ходу часовой стрелки, то отсчет oa будет больше отсчета os , и горизонтальный угол β найдем по формуле

$$\beta = oa - os.$$

Если в этом случае отсчет на направление oa оказался меньше отсчета на os , то к oa надо прибавить 360° .

В соответствии с описанным принципом измерения горизонтального угла теодолит сконструирован следующим образом: ось 10 алидады (см. рис. 89) входит в трубчатую ось 11 лимба, а ось лимба входит в трубку подставки 12 . Для приведения оси вращения инструмента в горизонтальное положение служат

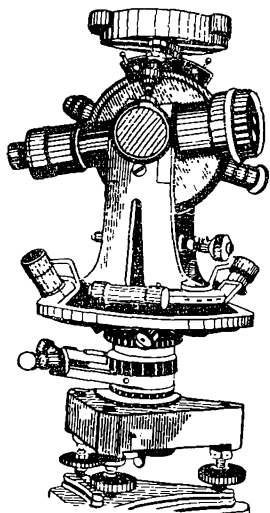


Рис. 91. Теодолит ТТ-50

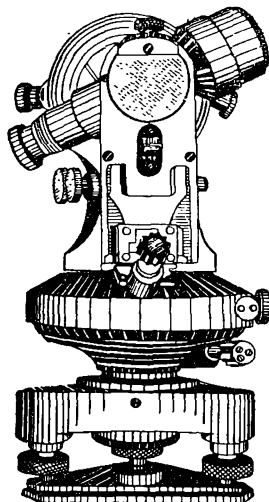


Рис. 92. Теодолит ТТ-5

ввинченные в подставку три подъемных винта 13 . Подъемные винты опираются на головку треноги (штатива) 15 . К треноге теодолит прикреплен посредством станового винта 14 . К крючку станового винта подвешивают отвес для центрирования теодолита над вершиной измеряемого угла.

К верхней поверхности алидады прикреплены две подставки 5 зрительной трубы, вращающейся на оси 4 .

Для измерения углов наклона служит вертикальный круг 3 , лимб которого вращается вместе со зрительной трубой на оси 4 вращения трубы, а алидада неподвижна. Для приведения оси вращения теодолита в отвесное положение служит один или два уровня 7 , прикрепленные к алидаде или к подставке трубы. Уровень имеется и при алидаде вертикального круга.

Зрительная труба имеет закрепительный винт (зажимной) 2 , посредством которого закрепляют трубу, и наводящий (микрометрический) 6 , позволяющий плавно и медленно вращать трубу и работающий только при завинченном закрепительном винте.

Такие же винты имеют лимб и алидада горизонтального круга. Микрометрический винт имеет также алидада вертикального круга.

Теодолиты снабжаются bussолью, обычно помещаемой в виде насадки над зрительной трубой. Помимо перечисленных частей горизонтальный и верти-

кальный круги теодолита снабжены лупами или микроскопами для отсчитывания.

Теодолиты, у которых лимб и алидада вращаются независимо друг от друга, называются **повторительными**. Раньше выпускались теодолиты простые, у которых лимб не вращался.

По точности теодолиты разделяются на высокоточные, точные и технические. При теодолитной съемке обычно применяются технические теодолиты, позволяющие измерять углы с точностью порядка 15—30". Различают также теодолиты с металлическими кругами, например: теодолиты ТТ-50 (рис. 91), ТТ-5 (рис. 92) и теодолиты оптические Т15, Т30.

Части теодолита

Лимб. Круг лимба ограничен конической поверхностью, в которую впаина серебряная

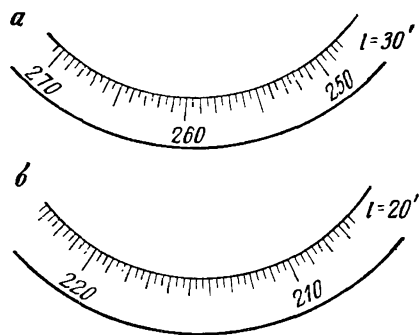


Рис. 93. Лимб теодолита

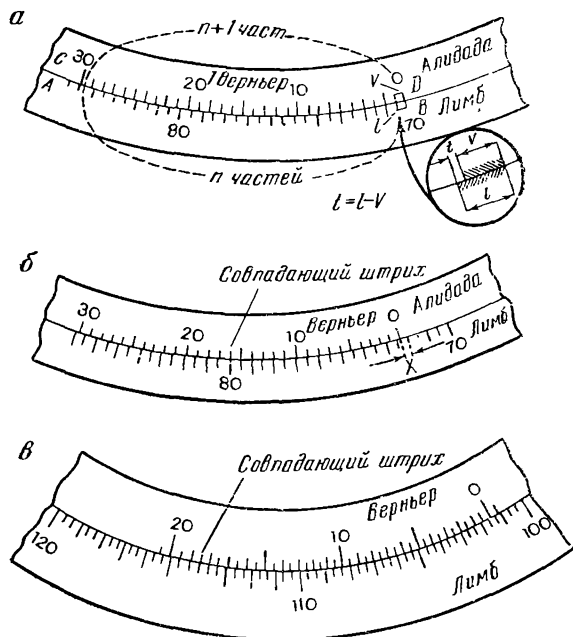


Рис. 94. Верньеры:

а — устройство; б — 1-минутной точности; в — 30-секундной точности

полоска. На этой полоске вся длина окружности разделена на 360°, а каждый градус, в свою очередь, на несколько частей. Деления на лимбе обозначаются цифрами через 10, 5 или 1° по ходу часовой стрелки.

Величина наименьшего деления между двумя соседними штрихами, выраженная в градусной мере, называется **ценой деления лимба**. Вычисляется она делением разности двух смежных чисел, написанных на лимбе, на число делений между ними. Например (рис. 93, а), число делений между смежными цифрами на лимбе равно 20, следовательно, цена деления лимба l будет

$$l = \frac{10^\circ}{20} = \frac{600'}{20} = 30''.$$

На рис. 93, б представлен лимб теодолита другой системы, на котором число делений между соседними цифрами равно 30; тогда

$$l = \frac{10^\circ}{30} = \frac{600'}{30} = 20''.$$

Аналогично определяют цену деления лимба любого теодолита.

Верньеры. Предположим, что на алидадном круге имеется только один штрих — указатель (например, штрих, обозначенный на рис. 94 нулем). При помощи этого единственного штриха можно сделать отсчет по лимбу, однако отсчет доли наименьшего деления лимба будет выполнен весьма грубо, что естественно скажется на точности измерения угла.

Построение на противоположных концах одного диаметра алидадного круга особых шкал, называемых *верньерами* или *нониусами*, позволяет производить отсчеты по лимбе с точностью до $1', 30''$ и точнее, что зависит от точности верньера.

Теория и устройство верньера находятся в тесной связи с ценой деления лимба.

Берут на лимбе дугу AB (см. рис. 94, a), равную n делениям, и переносят крайние штрихи ее A и B на алидадный круг. Полученную на алидаде длину дуги CD делят на $n + 1$ частей.

Обозначив цену деления верньера через v и лимба через l , получают очевидное равенство дуг

$$nl = v(n + 1),$$

откуда

$$v = l \frac{n}{n + 1}. \quad (\text{VII.2})$$

Разность между ценой деления лимба и ценой деления верньера называется *точностью верньера* и обозначается через t

$$t = l - v.$$

Если сюда вместо v подставить его значение из (VII.2), найдем

$$t = l - l \frac{n}{n + 1},$$

откуда после приведения к общему знаменателю получим

$$t = \frac{l}{n + 1}. \quad (\text{VII.3})$$

Таким образом, точность верньера равна цене деления лимба, деленной на число делений верньера.

Отсчеты по верньерам. Отсчет по верньерам выполняется в такой последовательности:

- 1) определяют цену деления лимба и точность верньера;
- 2) отсчитывают целое деление лимба, которое прошел нуль верньера (на рис. 94, b 72°);
- 3) находят штрих верньера, совпадающий с каким-либо штрихом лимба, и определяют его номер — число делений между этим штрихом и нулевым штрихом верньера (на рис. 94, b шестнадцатый штрих);
- 4) умножают номер совпадающего штриха на точность верньера $16 \times 1' = 16'$;
- 5) полученный результат суммируют с отсчетом, сделанным непосредственно по лимбу, и получают окончательный отсчет $72^\circ + 16' = 72^\circ 16'$.

Руководствуясь этими правилами, нетрудно сделать отсчет, если точность верньера равна $30''$. Так, если отсчет по лимбу будет $101^\circ 20'$, штрих верньера, совпадающий с одним из штрихов лимба, имеет номер 37, умножив который

на точность $37 \times 30''$, получают $18' 30''$. Окончательный отсчет есть результат суммирования

$$101^\circ 20' + 18' 30'' = 101^\circ 38' 30''.$$

Теоретически центры вращения лимба и алидады должны совпадать. В этом случае отсчеты по двум верньерам, расположенным на противоположных концах одного диаметра, должны отличаться на 180° . Однако часто вследствие несовпадения центров вращения лимба и алидады возникает так называемый эксцентриситет алидады.

Для того чтобы исключить влияние эксцентриситета, отсчеты производят обязательно по двум верньерам.

Окончательный отсчет, свободный от влияния эксцентриситета, будет равен числу градусов по первому верньеру плюс среднее значение из числа минут и секунд по первому и второму верньерам.

Например,

отсчет по I верньеру $56^\circ 10' 30''$;

отсчет по II верньеру $236^\circ 11' 00''$; тогда окончательное значение отсчета будет

$$56^\circ + \left(\frac{10' 30'' + 11' 00''}{2} \right) = 56^\circ 10' 45''.$$

Следует отметить, что перед отсчетом наблюдатель устанавливает лупу по глазу, т. е. добивается наилучшей видимости делений лимба и верньера (приближением или удалением от них лупы), которое осуществляется передвижением корпуса лупы в кольце держателя. Отсчитывать деления через лупу необходимо под прямым углом.

Цилиндрические уровни.

Уровни служат для приведения осей и плоскостей теодолита в горизонтальное или вертикальное положение и по форме бывают цилиндрические и круглые (в теодолитах устанавливаются цилиндрические уровни).

Цилиндрический уровень (рис. 95) представляет собой стеклянную ампулу с внутренней шлифованной поверхностью, имеющей в продольном разрезе вид дуги круга определенного радиуса. Ампулу заполняют кипящим серным эфиром и запаивают. При охлаждении жидкость уменьшается в объеме и внутри ампулы образуется пространство, заполненное парами эфира, называемое пузырьком уровня, который вследствие своей легкости всегда занимает верхнее положение.

Прямая NN_1 (рис. 95, а), касательная к внутренней поверхности стеклянной трубки уровня в наивысшей ее точке, называется осью уровня, а самая высокая точка O — нульпунктом уровня.

От точки O в обе стороны нанесены деления через 2 мм, которые позволяют судить об отклонении оси уровня от горизонтального положения.

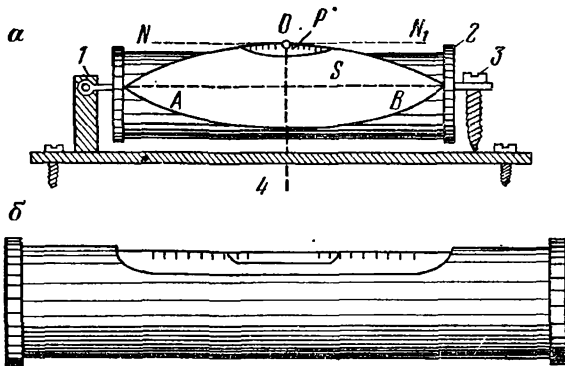
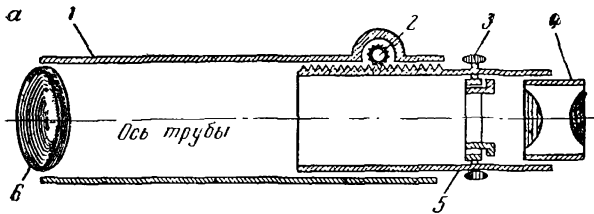


Рис. 95. Цилиндрические уровни

Ось уровня будет горизонтальна лишь тогда, когда края пузырька уровня расположатся симметрично относительно нульпункта.

Из этого следует, что положение пузырька в ампуле практически определяется по его концам, поэтому часто в уровнях нульпункт вовсе не отмечается, а деления наносятся в обе стороны от двух начальных черточек, равноудаленных от воображаемого нульпункта (рис. 95, б).

Стеклянная ампула вставляется в металлическую оправу 2 (см. рис. 95) и заливается гипсом. Оправа прикрепляется к подставке уровня металлической пластинкой 4 — с помощью винтов 1 и 3. Винт 3 имеет нарезку и называется



исправительным винтом.

Установка пузырька уровня алидады в нульпункт осуществляется при помощи подъемных винтов.

Зрительная труба. Зрительная труба позволяет производить наблюдения и визировать на значительно большие расстояния, чем невооруженным глазом.

В теодолитах применяются обычно астрономические трубы, потому что они короче и дают более яркое изображение, чем земные.

Зрительная астрономическая труба дает увеличенное, мнимое, обрат-

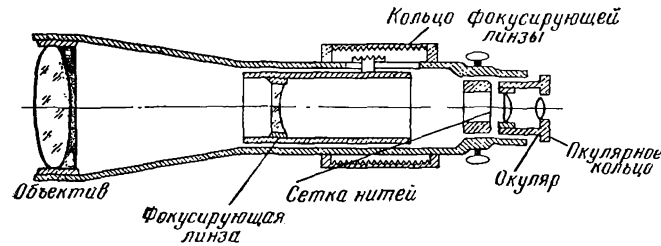


Рис. 96. Зрительные трубы:

а — с внешней фокусировкой; б — с внутренней фокусировкой

ное изображение наблюдаемого предмета и состоит из двух металлических цилиндров (рис. 96).

Цилиндр 1, называемый объективным коленом, имеет на конце сложный объектив б, состоящий из двух линз. Объектив во время работы всегда обращен к наблюдаемому предмету (кольшку, вехе, пирамиде и пр.) и предназначен для получения в трубе его действительного изображения.

Цилиндр 5, именуемый окулярным коленом, передвигается внутри объективного с помощью зубчатого винта 2, называемого кремальерой. Окуляр состоит из двух линз и служит для увеличения изображения наблюдаемого предмета, которое дает объектив. Расположен окуляр в специальной окулярной трубочке 4, закрепляемой в окулярном колене, и во время работы обращен к глазу наблюдателя.

Внутри окулярного колена помещается металлическое кольцо, в котором при помощи четырех исправительных винтов 3 вставлено тонкое стекло с нарезанной на ней сеткой нитей (рис. 97), предназначенной для точного наведения трубы на предмет. Средние (диаметральные) линии, пересекаясь, образуют точку, называемую центром сетки нитей. Исправительные винты сетки закрыты специальным колпачком.

По своим конструктивным особенностям зрительные трубы бывают с внешней фокусировкой и с внутренней фокусировкой.

Описанная выше труба, у которой при перемещении окулярного колена изменяется общая длина, называемая трубой с внешней фокусировкой.

Современные теодолиты снабжены трубами другой конструкции — с так называемой внутренней фокусировкой (см. рис. 96, б). Длина этих труб является постоянной, так как объективное и окулярное колена соединены наглухо. Четкое изображение предмета достигается посредством специальной фокусирующей линзы, перемещающейся внутри трубы между объективом и сеткой нитей при помощи кольца с шероховатой насечкой, находящегося на корпусе трубы. Конструкция зрительной трубы с внутренней фокусировкой предохраняет трубу от проникновения в нее пыли и влаги, наличие фокусирующей линзы обеспечивает большее увеличение и др.

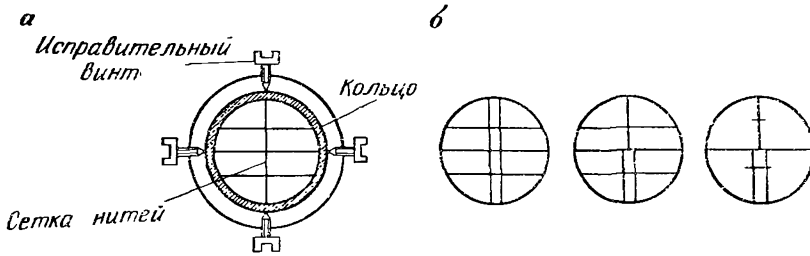


Рис. 97. Сетка нитей:

а — в оправе; б — различные виды сетки нитей

При работе трубу устанавливают по глазу и предмету. Установка трубы по глазу сводится к такому перемещению окулярной трубочки 4 в трубах с внешней фокусировкой (см. рис. 96, а) или окулярного кольца в трубах с внутренней фокусировкой (см. рис. 96, б), в результате которого сетка нитей при наблюдении ее в окуляр становится отчетливо видимой.

Установка трубы по предмету или ее фокусировка достигается путем перемещения окулярного колена в объективном посредством кремальерного винта в трубах с внешней фокусировкой или вращением кольца фокусирующей линзы в трубах с внутренней фокусировкой до тех пор, пока не получится отчетливое изображение наблюдаемого предмета.

Следовательно, при установке трубы для наблюдения на предмет местности сначала устанавливают трубу по глазу, а затем по предмету.

Оси теодолита. Каждый теодолит имеет вертикальную (основную) ось, вокруг которой вращаются лимб и алидада, и горизонтальную ось вращения зрительной трубы.

В трубе различают несколько осей: геометрическую, оптическую и визирную. Геометрической осью трубы называется ось цилиндра объективного колена. Оптической осью трубы называется воображаемая линия, соединяющая оптические центры объектива и окуляра. Визирной осью трубы называется воображаемая линия, проходящая через оптический центр объектива и центр сетки нитей.

Свою ось имеет также каждый уровень теодолита.

Вертикальный круг. Вертикальный круг, как и горизонтальный, состоит из лимба и алидады. Лимб представляет собой металлический круг 1 (рис. 98) с градусными делениями. Он наглухо скреплен с горизонтальной осью вращения трубы и вращается вместе с ней.

Деления на лимбе подписаны по ходу часовой стрелки от 0 до 360°, однако следует отметить, что в теодолитах других систем бывают разные типы надписей.

Алидада 2 вертикального круга неподвижна, наглухо прикреплена к подставке и представляет два сектора с верньерами, точность которых обычно

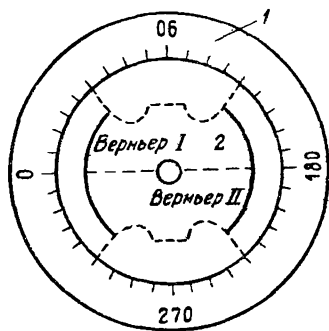


Рис. 98. Вертикальный круг

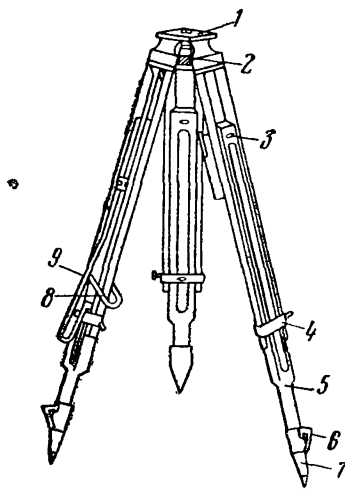


Рис. 99. Штатив:

1 — головка; 2 — становой винт; 3 — ограничитель; 4 — взаимное устройство; 5 — ножка; 6 — упор; 7 — металлический наконечник; 8 — ремень для ножек; 9 — плечевой ремень

равна точности верньеров горизонтального круга. Горизонтальное положение алидады контролируется имеющимся при ней цилиндрическим уровнем, пузырек которого передвигается при помощи микрометричного винта.

Когда зрительная труба горизонтальна, то отсчет по одному из верньеров должен быть равным 0°, а по другому — 180°. Если же объектив трубы опустится или подымется, то отсчет на вертикальном круге показывает значение вертикального угла (угла наклона), который образуется между осью уровня вертикального круга и визирной осью зрительной трубы.

Следует различать два положения вертикального круга относительно зрительной трубы. Если смотреть от окуляра к объективу и вертикальный круг расположен слева от трубы, то такое положение вертикального круга называют «круг лево» и сокращенно обозначают КЛ. Противоположное положение вертикального круга называется «круг право» и обозначается КП.

Штатив. Теодолит устанавливается на штатив (рис. 99), который состоит из металлической головки и прикрепленных к ней трех ножек. Металлическая головка изготавливается из антимагнитных металлов и сплавов и имеет становой винт с наружной резьбой.

Становой винт обеспечивает жесткую связь инструмента со штативом и центрирование теодолита над заданной точкой при помощи оптического или нитяного отвеса. Ножки штатива, изготовляемые из дерева или неметаллических заменителей, имеют в нижней своей части для прочности и более удобного вдавливания в землю металлические наконечники с упорами.



Рис. 100. Отвес

Отвес (рис. 100) представляет собой металлическую гирьку с острием внизу, которая подвешивается на тонком шнуре. Для регулирования положения отвеса над ним обычно расположена вторая гирька — противовес.

При помощи отвеса проводится **центрирование** теодолита — установка инструмента точно над заданной точкой.

Обращение с теодолитом. Теодолит, как и всякий другой геодезический инструмент, требует бережного обращения. Основные правила, которых необходимо придерживаться при работе с теодолитом, следующие.

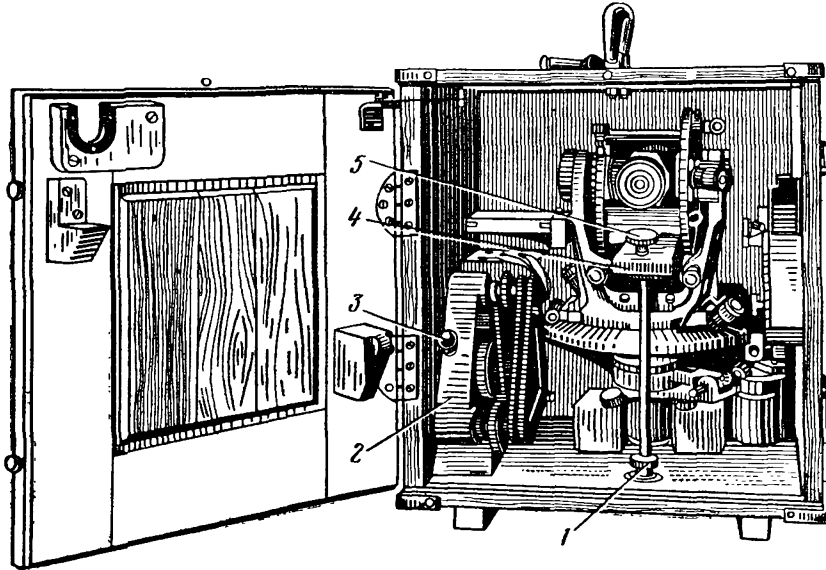


Рис. 101. Упаковка теодолита ТТ-50

1. Перед установкой теодолита на штатив его необходимо собрать, так как в нерабочее время он находится в разобранном виде в специальном ящике (рис. 101). Для этого отворачивают гайку 1 и закрепительный винт 5; снимают деревянную планку 4; вынимают теодолит; снимают треножник 2, отвинтив предварительно винт 3; вставляют ось лимба во втулку треножника и закрепляют винтом 3.

2. Приступая к работе, все подъемные и микрометрические винты надо установить на середину хода, что позволит вращать их в нужную сторону.

3. Закрепить теодолит становым винтом сразу же после установки инструмента на штатив.

4. Движение отдельных частей совершать плавно без толчков и применения особых физических усилий, не затягивать сильно становой и закрепительные винты.

5. При вращении алидады брать руками за подставку трубы, а не за трубу.

6. Закрепить все части теодолита перед тем, как переносить его на новое место.

7. Не оставлять теодолит при съемке без наблюдения.

8. Содержать теодолит в чистоте, для чего ежедневно после окончания полевых работ очищать его мягкой тряпочкой или кисточкой от пыли. Стекла

теодолита при необходимости можно промывать чистым спиртом и протирать льняной тряпочкой.

9. По окончании работы укладывать теодолит в ящик (в порядке, обратном изложенному в пункте 1). Если теодолит попал под дождь, то укладывать его в ящик можно только после полного просыхания.

§ 33. ПОВЕРКИ ТЕОДОЛИТА

Теодолит, как и любой другой геодезический инструмент, перед работой необходимо проверить. При этом следует разграничивать два понятия:

1) действия, связанные с выяснением, удовлетворяет ли теодолит тем или иным геометрическим условиям, называются *п о в е р к о й*;

2) действия, связанные с устранением причин, мешающих соблюдению требуемых геометрических условий, называются *к о с т и р о в к о й*.

Ниже сформулированы геометрические условия, которым должен удовлетворять теодолит, и освещены поверки и юстировки, которые проводит исполнитель перед началом работ.

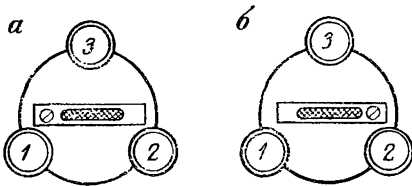


Рис. 102. Поверки цилиндрического уровня

1. *Ось цилиндрического уровня должна быть перпендикулярна к вертикальной оси инструмента.* Чтобы облегчить и ускорить установку теодолита над точкой, головку штатива, надавливая равномерно на ножки, устанавливают примерно в горизонтальное

положение, а затем, считая, что уровень в инструменте отъюстирован, окончательно приводят вертикальную ось в отвесное положение.

Для этого устанавливают уровень по направлению, параллельному линии, проходящей через два каких-либо подъемных винта, и, вращая оба винта в разные стороны (внутрь или наружу), приводят пузырек уровня на середину. Поворотом алидады на 90° устанавливают уровень по направлению третьего подъемного винта и, вращая его, снова приводят пузырек уровня в нульпункт.

После этой приближенной установки алидады и лимба в горизонтальное положение приступают уже к непосредственной поверке уровня.

Поверяемый цилиндрический уровень (рис. 102, а) устанавливают по направлению, параллельному линии, соединяющей два каких-либо подъемных винта, и действиями, описанными выше, приводят пузырек уровня в нульпункт. Это положение алидады фиксируется отсчетом на лимбе и верньере.

Поворачивают алидаду на 180° (рис. 102, б), проверяя это положение по полученному ранее отсчету. Если пузырек уровня после поворота остался в нульпункте или отклонился от него не более чем на два деления, то условие выполнено.

В противном случае исправительным винтом уровня переводят пузырек к нульпункту на половину дуги отклонения, а подъемными винтами, по направлению которых стоит цилиндрический уровень, приводят пузырек в нульпункт.

Указанную поверку повторяют несколько раз.

2. *Визирная ось трубы должна быть перпендикулярна к горизонтальной оси вращения трубы.* Если визирная ось не перпендикулярна к горизонтальной оси вращения трубы, то при визировании на предмет будет допущена ошибка, которую называют *к о л л и м а ц и о н н о й*. Эта ошибка обусловлена не-

правильной установкой сетки нитей. Для проверки этого геометрического условия теодолит приводят в рабочее положение.

Выбрав удаленную, но хорошо видимую на местности точку, находящуюся примерно вблизи линии горизонта, визируют на нее центром сетки нитей. Закрепив алидаду и трубу в этом положении, делают отсчет по лимбу и обоим верньерам, после чего вычисляют значение среднего отсчета a_1 . Переводят трубу через зенит и снова, визируя на ту же точку, производят отсчеты и вычисляют значение среднего отсчета a_2 . Полуразность средних отсчетов $(a_1 - a_2)/2$ выражает величину коллимационной ошибки.

Если полученная величина превышает полуторную точность верньера, то выполняют юстировку сетки нитей. Для этого, действуя микрометрическим винтом алидады, устанавливают на лимбе средний отсчет $(a_1 + a_2)/2$. Центр сетки нитей при этом не будет совмещаться с точкой, на которую проводили наведение ранее. Затем с помощью горизонтальных исправительных винтов сетки передвигают ее вправо или влево настолько, чтобы визирная ось совместилась с точкой наведения. Этим действием коллимационная ошибка будет исправлена. Проверку повторяют два-три раза.

Следует иметь в виду, что, пользуясь исправительными винтами сетки нитей, необходимо при ввинчивании одного винта противоположный винт вывинчивать.

3. *Горизонтальная ось вращения трубы должна быть перпендикулярна к вертикальной оси теодолита или параллельна плоскости лимба.* Это геометрическое условие обеспечивается равенством подставок горизонтальной оси вращения трубы. Для проверки этого условия устанавливают алидаду в горизонтальное положение, наводят центр сетки нитей на какую-либо высокую точку M , взятую, например, на стене ближайшего строения, в 30—50 м от теодолита (рис. 103), затем опускают трубу вниз и отмечают на стене точку m_1 , в которую проектируется точка M .

Переводят трубу через зенит и снова визируют на ту же точку M , опускают трубу вниз и отмечают на стене точку m_2 . Если точки m_1 и m_2 совпадают, то условие выполнено. В противном случае необходимо выполнить юстировку.

Расстояние между точками m_1 и m_2 делят пополам и намечают на середине этого отрезка точку m . Наводят зрительную трубу на точку m , поднимают объектив трубы до получения изображения этой точки на средней горизонтальной нити сетки, совмещают это изображение с центром нитей сетки с помощью исправительных винтов подставки трубы. В теодолите ТТ-50 такие винты отсутствуют, поэтому можно ослабить винты, крепящие подставку трубы к алидаде, и подложить под одну из них бумагу или фольгу. В теодолите ТЗ0 для исправления вращают эксцентренную втулку-лагеру оси вращения трубы.

4. *Вертикальная нить сетки должна быть отвесной, а горизонтальная — горизонтальной.*

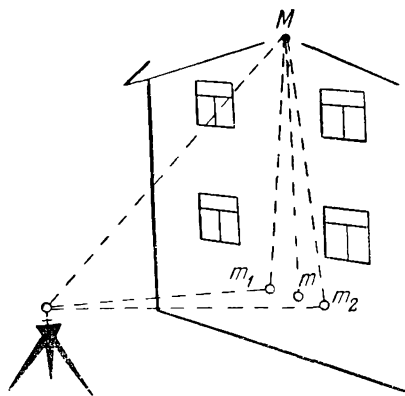


Рис. 103. Проверка положения оси вращения трубы

Для проверки этого условия приводят теодолит в горизонтальное положение, наводят центр сетки нитей на какую-нибудь точку и, действуя микрометрическим винтом алидады или лимба, поворачивают трубу вправо или влево, пропуская точку по всей нити. Выбранная точка должна оставаться на горизонтальной нити. В случае удаления точки от горизонтальной нити отпускают исправительные винты сетки и поворачивают ее так, чтобы условие было выполнено.

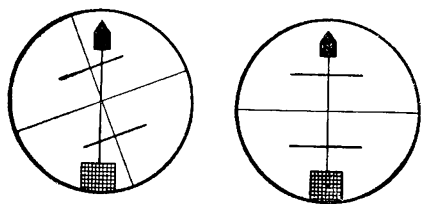


Рис. 104. Проверка сетки нитей

Проверку можно повторить наведением вертикальной нити сетки на шнур отвеса, подвешенного на расстоянии 8—10 м от инструмента (рис. 104). Если вертикальная нить совпадает со шнуром отвеса, то условие соблюдено.

Оптические теодолиты. В оптических теодолитах применяются стеклянные лимбы и оптические системы, позволяющие производить отсчеты по горизонтальному и вертикальному кругам при помощи одного микроскопа, расположенного рядом с окуляром зрительной трубы.

Оптические теодолиты удобны в эксплуатации, обеспечивают более высокую производительность труда, меньше утомляют наблюдателя в процессе работы.

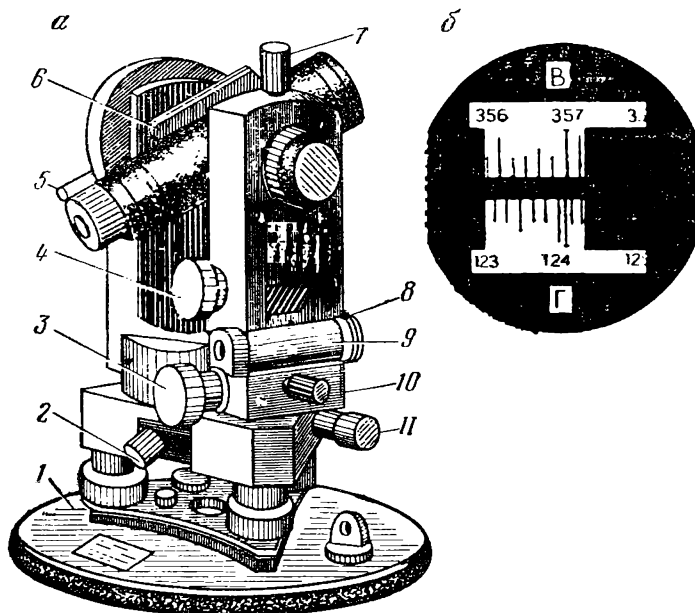


Рис. 105. Теодолит Т30:

a — общий вид, *b* — поле зрения отсчетного микроскопа. 1 — дно футляра; 2 — закрепительный винт горизонтального круга; 3 — наводящий винт алидады горизонтального круга; 4 — наводящий винт зрительной трубы; 5 — окуляр отсчетного микроскопа; 6 — оптический визир; 7 — закрепительный винт зрительной трубы; 8 — исправительный винт цилиндрического уровня; 9 — цилиндрический уровень; 10 — закрепительный винт алидады горизонтального круга; 11 — наводящий винт горизонтального круга

Теодолит Т30. Малогабаритный оптический теодолит (рис. 105, *a*) является повторительным и может иметь при трубе цилиндрический уровень.

Отсчеты по горизонтальному и вертикальному кругам производят с точностью до одной минуты по штриховому микроскопу, окуляр которого расположен рядом с окуляром зрительной трубы. Верхняя часть поля зрения дает изображение делений линий вертикального круга, а нижняя — горизонтального. Как видим (рис. 105, б), деления подписаны через градус, каждый градусный интервал разделен на шесть делений, следовательно, цена деления обоих лимбов $10'$. Отсчет минут в пределах этого деления оценивают на глаз. На рис. 105, б отсчет по лимбу вертикального круга равен $357^{\circ}00'$, а по лимбу горизонтального круга $124^{\circ}04'$. На зрительной трубе помещен оптический визир, позволяющий ускорять процесс визирования. При вертикальном круге уровня нет; его функции выполняет уровень при алидаде горизонтального круга. Основание теодолита одновременно служит основанием металлического футляра, что уменьшает массу комплекта и создает удобства при перенесении прибора с точки на точку, закрепленным на штативе прямо в футляре.

В теодолите предусмотрено использование зрительной трубы для центрирования над точкой. Для этого зрительную трубу устанавливают вертикально объективом вниз и через окуляр визируют на точку стояния.

§ 34. ИЗМЕРЕНИЕ ГОРИЗОНТАЛЬНОГО УГЛА ПОЛНЫМ ПРИЕМОМ. ЖУРНАЛ ИЗМЕРЕНИЙ

Понятие о способе приемов. Применяется несколько различных способов измерения горизонтальных углов. Одним из наиболее широко используемых является способ приемов, сущность которого заключается в том, что измерение одного и того же угла проводится двукратно — при двух положениях вертикального круга (КП и КЛ). Однократное измерение угла при каком-либо одном положении вертикального круга составляют *п о л у п р и е м*.

Измерение угла способом приемов проводится в такой последовательности:

- 1) установка теодолита в рабочее положение;
- 2) измерение угла первым полуприемом;
- 3) измерение угла вторым полуприемом.

Установка теодолита в рабочее положение. Установка теодолита в рабочее положение включает в себя следующие действия: а) центрирование инструмента, б) приведение основной оси теодолита в вертикальное положение — нивелирование инструмента и в) установку зрительной трубы и отсчетных приспособлений для наблюдений.

Центрирование теодолита в первом приближении осуществляется передвижением штатива. Для этого, держа в руках две ножки штатива, на котором закреплен выверенный теодолит, втыкают третью его ножку в землю. Придерживая теодолит, изменяют положение штатива так, чтобы острие подвешенного отвеса оказалось вблизи (до 2 см) от центра колышка или столба, головка штатива была примерно в горизонтальном положении, а теодолит был установлен на такой высоте, чтобы наблюдателю было удобно работать. При достижении такого положения ножки, которые находятся в руках, одновременно опускают на землю. Успокоив отвес, нажимают ногой на выступ той или иной ножки штатива — более точно устанавливают теодолит над вершиной угла и придают теодолиту устойчивое положение. Длина шнура отвеса должна быть отрегулирована так, чтобы острие отвеса находилось непосредственно над колышком или столбом.

Затем, ослабив становой винт, проводят окончательное центрирование перемещением теодолита на головке штатива (в пределах отверстия в головке).

Точно совместив острие отвеса с центром знака, обозначающего вершину угла, заворачивают становой винт.

Установка основной оси теодолита в вертикальное положение — нивелирование теодолита — также проводится в два этапа. Предварительная установка осуществляется на глаз одновременно с приближенным центрированием и заключается в расположении головки штатива примерно в горизонтальном положении. Окончательная установка проводится при помощи уровня, пользуясь подъемными винтами. Один из уровней устанавливают по направлению, параллельному линии, соединяющей два подъемных винта, и, вращая их, приводят пузырек в нульпункт. Действуя третьим подъемным винтом, приводят на середину пузырек второго уровня. Эту установку считают выполненной, если при повороте алидады на 180° отклонение пузырька от нульпункта будет не более 1—2 делений уровня. В процессе измерения угла при вращении алидады пузырек уровня обычно отклоняется от нульпункта на одно-два деления, что не сказывается

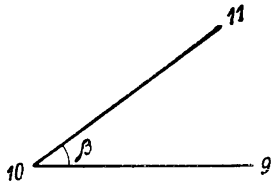


Рис. 106. Измерение угла

на точности измерения угла, и поэтому нет необходимости добиваться такого положения, чтобы пузырек сохранял свое неизменное положение на середине.

После приведения основной оси в требуемое положение, нужно еще раз проверить центрирование теодолита, и если отвес несколько отклонился от вершины угла, то центрирование теодолита осуществляют передвижением его на головке штатива.

Установка трубы для наблюдений заключается в том, чтобы получить отчетливо видимыми нити сетки (установка трубы по глазу) и наблюдаемый предмет (установка трубы по предмету) действиями, описанными в § 33.

Измерение угла. Первый полуприем. Предположим, что в точке 10 (рис. 106) требуется измерить угол β между направлениями на точки 9 и 11. Установив теодолит в рабочее положение, закрепляют лимб в произвольном его положении (вертикальный круг при этом пусть, например, будет расположен вправо от трубы — КИ) и, открепив закрепительный винт алидады, визируют трубу на заднюю точку — точку 9 по правой стороне угла. Эта точка будет считаться правой, если из вершины 10 смотреть на угол.

Если точка закреплена кольшком или столбом, то визируют на верх кольшка (столба) так, чтобы вертикальная нить сетки рассекала изображение пополам, а пересечение нитей совпадало с верхом кольшка или столба (рис. 107). В тех случаях, когда непосредственному визированию на кольшек или столб мешает какое-либо препятствие — трава, холм или что-то другое, то в створе стороны измеряемого угла сзади кольшка отвесно устанавливают вежу. Визирование при этом ведут на нижнюю часть вежи, возможно

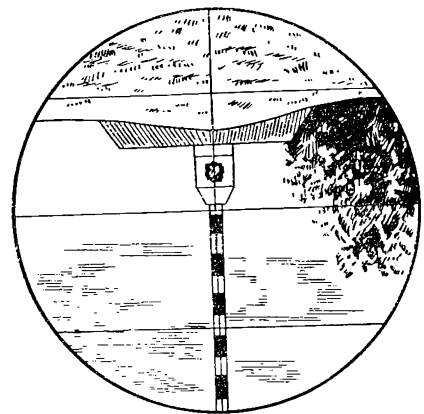


Рис. 107. Визирование на точку местности

ближе к основанию, что позволяет уменьшить влияние ошибки, если вежа поставлена с некоторым отклонением от отвесного положения.

Нужно отметить, что визирование проводится сначала приближенно, для чего, смотря поверх трубы, наводят ее на предмет (кольшек, столб, вежу). Затем, наблюдая в окуляр и медленно вращая алидаду, вводят предмет в поле зрения трубы так, чтобы изображение предмета находилось вблизи центра сетки нитей. После этого, закрепив алидаду и трубу, осуществляют окончательное визирование: сначала микрометричным винтом трубы горизонтальную нить сетки наводят на верх кольшка (столба) или максимально приближают к основанию вежи, а затем микрометричным винтом алидады передвигают вертикальную нить на середину предмета. При этом нужно помнить, что окончательное наведение должно заканчиваться ввинчиванием микрометричного винта, так как это исключает возможную ошибку за счет последствия пружины этого винта.

Окончив визирование, производят отсчеты по обоим верньерам горизонтального круга: по верньеру, расположенному справа от окуляра (правому верньеру), — градусы, минуты и секунды, по левому — только минуты и секунды. Отсчеты записывают в графы 3 и 4 журнала измерений (табл. 12), причем записи частей минут делают в десятых долях, а не в секундах. Перед записью отсчетов в графе 1 был записан номер вершины, в которой установлен теодолит, в графе 2 — номер задней и передней по ходу вершин полигона, а посередине листа — надпись «круг право».

Таблица 12

Журнал теодолитной съемки

№ пунктов		Отсчеты по верньеру		Среднее из отсчетов	Величина угла	Средняя величина угла	Прямые и обратные магнитные азимуты или румбы	Длина линий D	Углы наклона		Горизонтальные продолжения линий
стояния	визирования	I	II						Переходы от — до	Угол σ	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12

Круг право

10	9	134 25,5	25	134 25,2	99 31,2	99 31,6	10—9 211,5°	10—11	389,38		
	11	34 54	54	34 54							

Круг лево

..	9	49 56,5	57	49 56,8	99 32,0	..	10—11 112,0°	389,48	Ср. 389,43	2,0°	389,20
	11	310 25	24,5	310 24,8							
..

Если расхождение между отсчетами по правому и левому верньерам не превышает точности теодолита, то выводят среднее арифметическое из двух отсчетов и окончательное значение отсчета записывают в графу 5.

После этого освобождают закрепительные винты алидады и трубы и в том же порядке производят визирование трубы по левой стороне угла в точку II (вперед). Так же производят отсчеты и записывают их значения в графы 3 и 4

ниже записей отсчетов на заднюю точку. Затем вычисляют среднее значение отсчета и записывают его в графу 5.

Разность первого и второго средних отсчетов, представляющая собой результат измерения угла при одном полуприеме, записывается в графу 6.

Если первый отсчет меньше второго, то сначала к первому отсчету прибавляют 360° , а затем из полученной суммы вычитают второй отсчет.

В т о р о й п о л у п р и е м. Зрительную трубу переводят через зенит — вертикальный круг расположится влево от трубы КЛ. Освободив закрепительный винт лимба, поворачивают его примерно на 90° и в таком положении закрепляют. Такой сдвиг лимба обеспечивает контроль измерения угла вторым полуприемом, так как значения угла будут получены по отсчетам, сделанным на новых местах лимба.

Измерение угла производят так же, как и в первом полуприеме, т. е. в таком же порядке визируют трубу на точки 9 и 11, делают отсчеты по верньерам и определяют второе значение измеряемого угла, делают записи в соответствующих графах журнала, располагая их ниже надписи «круг лево». Если это значение угла отличается от первого, полученного при первом полуприеме, на величины, не превышающие $1'$ для 30-секундного теодолита, и $1,5'$ для 1-минутного теодолита, то из двух значений угла выводят среднее арифметическое, являющееся окончательным результатом измерения угла полным приемом. Среднюю величину угла записывают в графу 7.

При расхождении, превышающем допустимое, проверяются записи и вычисления в журнале и, если при этом не обнаружится ошибка, то делают еще один полуприем, который позволяет определить тот полуприем, в котором была допущена грубая ошибка.

Теодолит разрешается снять и перенести на следующую точку только после окончания всех записей в журнале.

Измерение угла полным приемом устраняет влияние коллимационной ошибки и ошибки за неперпендикулярность оси вращения трубы к основной оси теодолита.

Точность измерения углов. На точности измерения горизонтальных углов теодолитом сказывается ряд ошибок, основные из которых следующие:

- 1) неточная установка теодолита над центром (ошибка центрирования);
- 2) невертикальное положение вехи (ошибка редукции);
- 3) неточное наведение трубы на веху (ошибка визирования);
- 4) ошибка отсчета по верньерам и пр.

Вот почему теодолит необходимо центрировать с точностью 0,5 см, вехи устанавливать отвесно и точно в створе стороны угла, отсчетывание по верньеру надо делать с точностью, равной половине точности верньера, и т. д.

Опытным порядком установлено, что точность измерения угла 1-минутным или 30-секундным теодолитом характеризуется средней ошибкой $\pm 30-45''$. Предельная же ошибка измерения угла полным приемом, которую определяют как разность между результатами измерения угла двумя полуприемами, не должны превышать $1'$, если угол измерялся 30-секундным теодолитом и $1,5'$ — при измерении угла 1-минутным теодолитом.

Журнал измерений. Как уже отмечалось выше, все результаты измерений для удобства и быстроты вычислений записывают в геодезический журнал, который представляет собой небольшую тетрадь, левые страницы которой содержат записи, показанные в табл. 12, а правые предназначены для абриса съемки.

Записи в журнале ведут непосредственно на месте работ хорошо отточенным простым карандашом средней твердости ТМ, Т.

Необходимо помнить, что плохое качество записей в журнале порождает ошибки, затрудняет последующую обработку результатов измерений, вот почему при ведении журнала категорически запрещается пользоваться резинкой и грубо зачеркивать неверные результаты, цифры и подписи должны быть написаны четко и разборчиво. Если запись оказалась неправильной, то ее следует перечеркнуть горизонтальной или диагональной линией, чтобы можно было прочесть зачеркнутое, а правильные записи помещаются строкой выше над зачеркнутыми. Запрещается также вырывать страницы журнала.

Иногда недостаточно опытные наблюдатели прибегают к тому, что записи отсчетов сначала ведут на каких-либо бумажках или вспомогательных тетрадях с тем, чтобы после получения приемлемых результатов перенести их в журнал. Опыт показывает, что всякая дополнительная переписка приводит к путанице и ошибкам, вот почему все записи нужно вести только в журнале и по ним непосредственно проводить вычисления.

Средние значения углов (графа 6) и длин линий (графа 9) записываются дома чернилами или тушью.

Журнал является основным документом теодолитной съемки, а поэтому его необходимо хорошо хранить и аккуратно с ним обращаться.

§ 35. ПОНЯТИЕ О ДАЛЬНОМЕРАХ

Дальномеры — это приборы, позволяющие измерять расстояние между точками местности. Одни из них позволяют измерять расстояние по времени прохождения его световым сигналом или радиосигналом (светодальномеры или радиодальномеры). Методы измерения других основаны на решении равнобедренного треугольника (рис. 108) по измеренному его основанию (базису) и противолежащему углу φ (оптические дальномеры).

Определяемое расстояние D является высотой треугольника и равно

$$D_1 = \frac{1}{2} b \operatorname{ctg} \frac{\varphi}{2}. \quad (\text{VII.4})$$

В конкретных конструкциях дальномеров одну из величин (b или φ) принимают постоянной, а другую измеряют. В соответствии с этим различают дальномеры с постоянным углом (нитяный дальномер, ДД-3, ДВГ и др.) и дальномеры с постоянным базисом (ДНТ, ОТД и др.). Дальномеры изготавливаются как самостоятельные приборы (ДВГ, ОТД) или как насадки к зрительным трубам. Точность измерения дальномерной насадкой указывается в ее шифре. Например, шифр ДН-С4 означает, что точность измерения дальномерной насадкой составляет 4 см на 100 м расстояния.

Наиболее распространенным и простым по устройству является нитяный дальномер, который имеется в зрительных трубах всех геодезических инструментов и представляет собой два дальномерных штриха m и g , нанесенных на сетке нитей трубы. Вместе с дальномерной рейкой R (рис. 109) он позволяет измерять расстояние между точками местности.

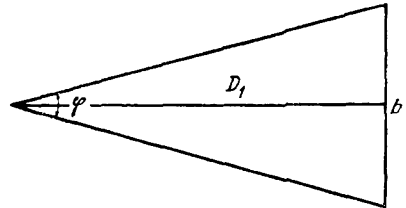


Рис. 108. Схема определения расстояний

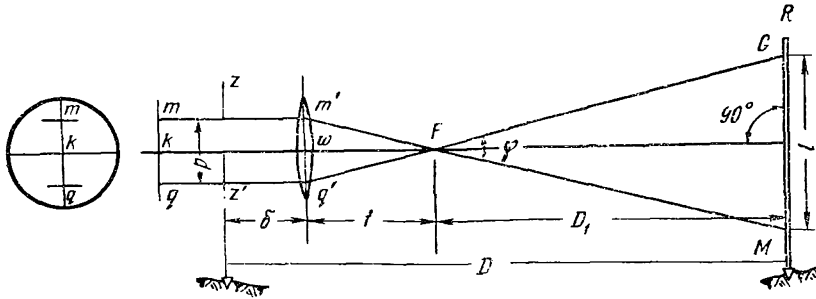


Рис. 109. Схема определения расстояний нитяным дальномером

Рассмотрим случай, когда рейка R перпендикулярна визирной оси трубы kw . Требуется определить расстояние от оси вращения инструментов zz' до точки M , на которой установлена рейка. Как видно из рис. 110, искомое расстояние равно

$$D = D_1 + f + \delta, \quad (\text{VII.5})$$

где D_1 — расстояние от переднего фокуса объектива до рейки; f — фокусное расстояние объектива; δ — расстояние от объектива до оси вращения трубы.

Величины f и δ являются постоянными для данного дальномера и в сумме составляют постоянное слагаемое дальномера $c = f + \delta$.

Обозначив расстояние между нитями сетки через p , на основании подобия треугольников MFG и $m'Fg'$ запишем

$$\frac{l}{p} = \frac{D_1}{f},$$

где l — дальномерный отсчет, т. е. расстояние между проекциями дальномерных штрихов; D_1 — расстояние, измеренное с помощью делений рейки.

Отсюда следует, что

$$D_1 = \frac{f}{p} l. \quad (\text{VII.6})$$

Отношение $\frac{f}{p}$ называется коэффициентом дальномера и обозначается буквой K . С учётом введенных обозначений формула для измерения расстояний примет вид

$$D = Kl_0 + c. \quad (\text{VII.7})$$

Штрихи на сетке наносят так, чтобы при сантиметровых делениях рейки $K = 100$. Постоянное слагаемое дальномера для труб с внутренней фокусировкой незначительно и учитывается лишь на коротких расстояниях до 50 м. Созданы трубы, у которых $c = 0$ (так называемые аналитические трубы).

Рассмотрим более общий случай, когда визирная ось негоризонтальна, а имеет некоторый угол наклона ν , и вследствие этого неперпендикулярна к отвесно установленной рейке (см. рис. 110). Если бы рейка была перпендикулярна

к визирной оси, то отсчет по ней был бы равен $l_0 = M'G'$, а измеряемое расстояние $D = Kl_0 + c$.

Но в действительности отсчет равен $l = MG$. Из прямоугольного треугольника MCM' имеем:

$$\frac{l_0}{2} = \frac{l}{2} \cos \nu$$

или

$$l_0 = l \cos \nu,$$

следовательно,

$$D = Kl \cos \nu + c.$$

Конечной целью любого линейного измерения является получение горизонтального проложения d , которое из прямоугольного треугольника COP равно

$$d = D \cos \nu = Kl \cos^2 \nu + c \cos \nu.$$

Учитывая, что угол наклона ν небольшой, а постоянное слагаемое c незначительно, примем, что

$$c \cos \nu = c \cos^2 \nu,$$

тогда

$$d = Kl \cos^2 \nu + c \cos^2 \nu = (Kl + c) \cos^2 \nu. \quad (\text{VII.8})$$

Для вычисления d составлены специальные таблицы. Точность измерения расстояний нитяным дальномером 1/300—1/400.

§ 36. ПРОЛОЖЕНИЕ ТЕОДОЛИТНЫХ ХОДОВ

Теодолитные ходы, как правило, прокладываются в направлении по ходу часовой стрелки. При этом описанным выше способом измеряются внутренние — правые (вправо по ходу лежащие) углы $\beta_1, \beta_2, \beta_3, \beta_4, \beta_5$ (рис. 111). Точки 1, 2, 3, 4, . . . , 7, в которых устанавливают теодолит для производства необходимых угловых измерений, называются с т а н ц и я м и.

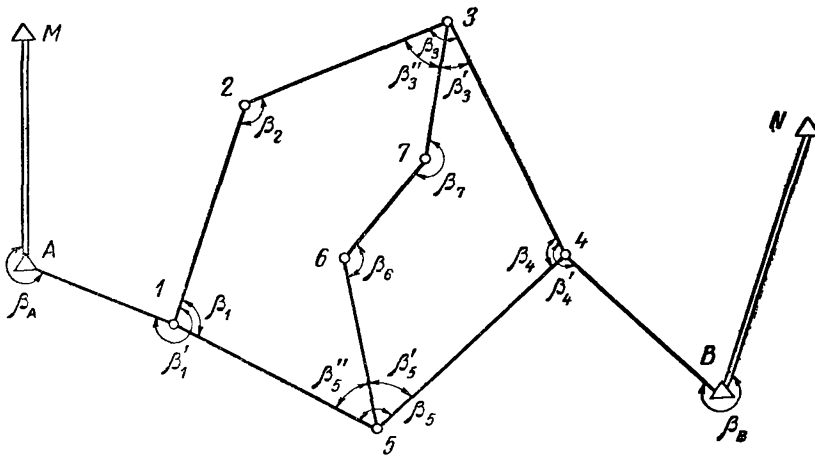


Рис. 111. Схема теодолитных ходов

При прокладке диагонального хода, например хода между двумя несмежными вершинами 3 и 5 замкнутого полигона (см. рис. 111), кроме внутренних углов β_6 и β_7 измеряют также углы $\beta'_5, \beta''_5, \beta'_3, \beta''_3$, которые называются **п р и м ы ч н ы м и**.

Для ориентирования линий хода (полигона) одновременно с наведением трубы на направления, образующие угол, определяют по буссоли теодолита их магнитные азимуты или румбы и записывают в графу 8 журнала (см. табл. 12). При этом азимуты и румбы измеряют только при одном положении вертикального круга (обычно круге право) и при пользовании буссолью с азимутальным кольцом нулевое деление всегда должно быть направлено на вежу.

Известно, что для ориентирования полигона достаточно определить азимут или румб одной стороны (например, линии 1—2; см. рис. 111), однако обычно производят определение азимутов всех сторон. Это делается для того, чтобы, пользуясь известными соотношениями между азимутами и внутренними углами полигона (см. § 24), вычислить значение любого внутреннего угла и, сравнивая его с величиной угла, измеренного на местности, убедиться в отсутствии грубой ошибки при измерении. Допустимое расхождение в величине угла, измеренного по горизонтальному кругу теодолита и вычисленного по азимутам (румбам) его сторон, не должно превышать $30'$, в противном случае измерения повторяются, так как в процессе работы, видимо, была допущена грубая ошибка.

Определив значение угла, измеряют длину следующей по ходу линии в прямом и обратном направлениях и полученные результаты заносят в графу журнала. Если линии больше 100 м, то их перед измерением провешивают. В тех случаях, когда сторона полигона расположена на местности с углом наклона, превышающем 2° , то измеряют угол наклона и его значение также записывают в журнал в графу 11. В тех случаях, когда линия характеризуется различными углами наклона, то отдельно измеряют длину каждого отрезка линии и его угол наклона.

В тех случаях, когда координаты вершин теодолитных ходов необходимо вычислить в единой государственной системе, эти ходы привязывают к пунктам государственной опорной сети. *Под привязкой подразумеваются измерения, проводящиеся с целью передачи углов ориентирования и координат с пунктов государственной опорной сети на точки теодолитного хода (полигона)*. Эти измерения при привязке замкнутого хода к пунктам А и В (см. рис. 111) сводятся к измерению примычных углов β_A, β'_1 и β_B, β'_4 , а также длины линий А—1 и 4В.

В тех случаях, когда привязка теодолитных ходов не проводится, то координаты точек определяются в частных системах координат. Так, в связи с тем, что привязка ходов, прокладываемых по границам землепользований колхозов и совхозов, обычно не проводится, то и координаты поворотных точек границ вычисляются в частной системе координат для каждого землепользования.

§ 37. СЪЕМКА СИТУАЦИИ, АБРИС

Заключив проложение теодолитных ходов по границам землепользования (участка), приступают к съемке внутренней ситуации. Следует отметить, что очень часто съемку контуров ситуации проводят попутно с проложением теодолитных ходов, определение положения точек проводят с меньшей точностью, чем точек теодолитных ходов, поэтому применяют способы, обеспечивающие быстроту в работе и рассмотренные нами при изучении буссольной съемки, — способ обхода, способ прямоугольных координат, полярный и способ засечек

(см. § 27). Выбор того или иного способа съемки ситуации диктуется местными условиями — при съемке одного и того же участка можно применять все или несколько способов, сочетаемых один с другим в зависимости от конкретных условий.

Способ обхода применяют для съемки замкнутых контуров. Для ускорения работы часто теодолитные ходы заменяются буссольными, в которых вместо углов измеряют направления сторон.

Способ угловых засечек применяют для съемки обособленных, недоступных или значительно удаленных от теодолитного хода точек (повороты дорог, отдельно стоящие деревья, столбы, линии электропередач и связи т. д.) Углы при этом измеряют теодолитом одним полуприемом.

Способ прямоугольных координат применяют при съемке извилистых и ломаных линий (дорог, рек, оврагов и пр.), расположенных вблизи хода. Перпендикуляры при этом строят с помощью эскера.

Полярный способ применяют при съемке небольших открытых участков с большим числом характерных точек ситуации. При этом углы измеряют теодолитом одним полуприемом. Чтобы исключить вычисление полярных углов, совмещают нулевой штрих алидады с нулем лимба и при закрепленной алидаде визируют трубу на одну из точек хода. В таком положении лимб закрепляют. Для съемки точки прикрепляют алидаду, визируют на эту точку и, закрепив алидаду, берут отсчет, который и будет значением угла между направлениями на точку хода и определяемую точку. В процессе визирования на точку измеряют расстояния до нее с помощью нитяного дальномера теодолита или лентой. Результаты измерений записывают в специальную табличку, помещаемую в абрис.

Абрис. В процессе съемки на правых чистых (неразграфленых) страницах журнала составляется абрис. Абрис представляет собой чертеж, который выполняют в поле и на котором зарисовывают взаимное расположение точек, линий и очертаний снимаемых угодий, указывают наименование объектов, населенных пунктов и другие объекты, записывают цифровые результаты всех линейных и некоторых угловых измерений. Составляется абрис простым, остро заточенным карандашом ТМ и М в произвольном масштабе, выбор которого зависит от масштаба съемки (чем крупнее этот масштаб, тем с большей точностью должны быть сняты подробности, а значит, и масштаб абриса должен быть крупнее), а также и от сложности ситуации (чем она сложнее, тем крупнее масштаб абриса).

Для обеспечения основных качеств абриса — чистоты, ясности и полноты сведений — необходимо при его составлении придерживаться следующих правил:

1) приближенно ориентировать абрис согласно показаниям магнитной стрелки;

2) зарисовку снимаемых объектов вести так, чтобы оставалось достаточно места для записей результатов измерений;

3) записи производить четко, располагая их в строго определенном порядке, как и при ведении журнала; категорически запрещается стирать резинкой результаты измерений, занесенные в абрис. Ошибочные записи следует зачеркивать и над ними записывать верные результаты.

Нужно помнить, что небрежно составленный абрис приводит к серьезным затруднениям при составлении плана, а в отдельных случаях вызывает необходимость повторения полевых работ. При составлении абриса необходимо пользоваться линейкой или треугольником

Г л а в а VIII

ОБРАБОТКА РЕЗУЛЬТАТОВ ТЕОДОЛИТНОЙ СЪЕМКИ

§ 38. СОДЕРЖАНИЕ И ПОРЯДОК ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ РАБОТ

Рассмотрим содержание камеральных работ, в процессе которых производится обработка полевых материалов: геодезического журнала с результатами измерения углов и длин линий и абриса. При этом на основании журнала вычисляют координаты точек теодолитных ходов, используемые в дальнейшем совместно с абрисом для построения плана теодолитной съемки.

Приступая к вычислительным работам, следует прежде всего проверить правильность полевых записей в журнале при измерении углов и линий. Обнаруженные в них описки и просчеты исправляются. При этом нельзя исправлять цифру по цифре, следует неверные числа зачеркнуть одной чертой, а верные выписать выше этой черты на свободном месте. После каждого проверенного результата делается пометка о проверке. Переписывать полевые материалы запрещается.

Вычислительная обработка результатов полевых измерений производится в специальной форме — ведомости вычисления координат (табл. 13). Для ускорения вычислений нужно применять вспомогательные средства, счетные приборы, таблицы, графики и т. д. Записи следует делать аккуратно, чернилами, пользуясь вычислительным шрифтом. Разряды в многозначных числах следует разделять интервалами. Цифры чисел, расположенных в колонку, должны быть размещены под соответствующими цифрами вышележащего числа.

Задачей вычислительных работ является не только получение координат точек. Параллельно производится контроль результатов полевых измерений и оценка их точности, являющаяся показателем качества выполненных измерений. Для этого теодолитные ходы прокладываются таким образом, чтобы знать теоретические суммы измеренных величин. Это могут быть замкнутые полигоны или разомкнутые ходы, примыкающие к линиям, координаты концов которых известны. На вычислительной обработке тех и других мы и остановимся.

§ 39. ОБРАБОТКА УГЛОВЫХ ИЗМЕРЕНИЙ В ЗАМКНУТОМ ПОЛИГОНЕ

Как известно из геометрии, сумма внутренних углов замкнутого многоугольника равна

$$\sum \beta_{\text{теор}} = 180(n - 2), \quad (\text{VIII.1})$$

где n — число углов многоугольника.

Эта сумма называется теоретической. Например, сумма углов пятиугольника равна $180^\circ (5 - 2) = 540^\circ$.

Сумма значений измеренных углов многоугольника $\sum \beta_{\text{изм}}$ вследствие неизбежных ошибок отличается от теоретической. Разность между ними называется угловой невязкой

$$f_{\beta} = \sum \beta_{\text{изм}} - \sum \beta_{\text{теор}}. \quad (\text{VIII.2})$$

Угловая невязка f_{β} не должна превосходить предельной величины $f_{\beta \text{ пред}}$, вычисляемой по формуле

$$f_{\beta \text{ пред}} = 1' \sqrt{n}. \quad (\text{VIII.3})$$

Например, для замкнутого полигона из пяти углов предельная ошибка суммы углов равна

$$f_{\beta_{\text{пред}}} = 1 \cdot \sqrt{5} = 2,2'.$$

Если полученная невязка меньше предельной, это означает, что качество измерений удовлетворительное и результаты измерений не содержат грубых или систематических ошибок, обработку их можно продолжать.

Измеренные углы нужно исправить, распределив между ними невязку с обратным знаком, т. е. ввести поправки

$$\delta = -\frac{f_{\beta}}{n}.$$

На практике целесообразно ввести поправки таким образом, чтобы исправленные углы оказались округленными до целых минут. Сумма поправок должна равняться невязке с обратным знаком.

$$\sum \delta = -f_{\beta}. \quad (\text{VIII.4})$$

Распределение угловой невязки называется увязкой углов.

В графе 2 табл. 13 приведен пример вычисления угловой невязки, ее распределения и введения поправок, в графе 3 записаны исправленные углы. Поправки выписаны над измеренными углами и сумма их $(+0,5' + 0,2' + 0 + +0,5' - 0,2' = +1,0')$ равна невязке f_{β} с обратным знаком; это является контролем правильности вычисления поправок (сумма исправленных углов равна теоретической).

По исправленным углам, зная дирекционный угол начальной стороны α_n , последовательно вычисляют дирекционные углы всех сторон полигона. Для этого используют формулы связи дирекционных углов смежных сторон, выведенные в § 24.

$$\alpha_i = \alpha_{i-1} + 180^\circ - \beta_{\text{пр}};$$

$$\alpha_i = \alpha_{i-1} - 180^\circ + \beta_{\text{лев}},$$

где $\beta_{\text{пр}}$ и $\beta_{\text{лев}}$ — исправленные справа или слева по ходу лежащие углы.

Например, в замкнутом полиgone начальной является сторона 1—2 и ее дирекционный угол равен $44^\circ 59'$ (см. табл. 13). Исправленный правый угол между этой и последующей стороной 2—3 равен $\beta_2 = 120^\circ 17'$. Поэтому дирекционный угол α_{23} равен: $\alpha_{23} = \alpha_{12} + 180^\circ - \beta_2 = 44^\circ 59' + 180^\circ - 120^\circ 17' = 104^\circ 42'$. Это записано в графе 4 координатной ведомости (см. табл. 13) между точками 2 и 3, являющимися концами этой стороны.

Контролем правильности вычисления дирекционных углов замкнутого полигона является получение дирекционного угла исходной стороны.

Например, переход от дирекционного угла стороны 5—1 к дирекционному углу исходной стороны 1—2 выглядит следующим образом:

$$\alpha_{12} = \alpha_{51} + 180^\circ - \beta_1 = 328^\circ 32' + 180^\circ - 103^\circ 33' = 404^\circ 59'$$

но, поскольку дирекционные углы больше 360° не могут быть, в ведомости записано значение, на 360° меньшее, т. е. $44^\circ 59'$, подтверждающее правильность вычислений.

От вычисленных дирекционных углов переходят к румбам, используя зависимости, выведенные в § 24. Правильность вычисления румбов можно кон-

тролировать, используя приведенные там же зависимости между горизонтальными углами и румбами их сторон, справедливые при углах, меньших 180° .

Например, угол при точке 2 образован сторонами 1—2, название румба СВ, и 2—3, название румба ЮВ, поэтому

$$\beta_2 = 44^\circ 59' + 75^\circ 18' = 120^\circ 17'.$$

Угол при точке 3 равен

$$\beta_3 = 180^\circ - (75^\circ 18' - 7^\circ 53') = 112^\circ 35'$$

и т. д., что и подтверждает правильность вычисления румбов сторон в графе 5 ведомости вычисления координат.

§ 40. ОБРАБОТКА УГЛОВЫХ ИЗМЕРЕНИЙ В РАЗОМКНУТОМ ХОДЕ

Вычислим теоретическую сумму углов $\sum \beta_{\text{теор}}$ разомкнутого теодолитного хода. Пусть разомкнутый ход проложен между сторонами AN и KB (рис. 112),

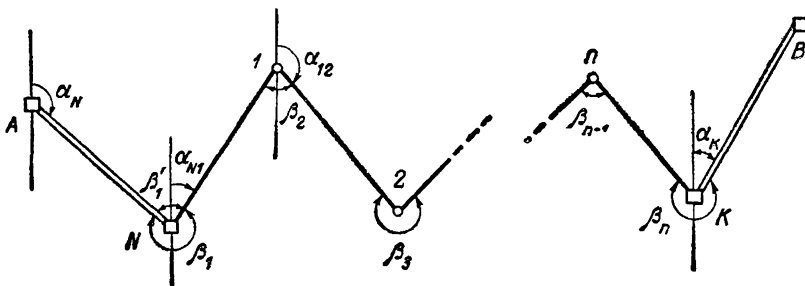


Рис. 112. Схема разомкнутого теодолитного хода

дирекционные углы которых α_N и α_K известны. Вычислим последовательно дирекционные углы сторон хода $N-1$, $1-2$, ..., начиная от исходного через измеренные справа по ходу лежащие углы β (см. § 24),

$$\alpha_{N1} = \alpha_N + 180^\circ - \beta_1,$$

$$\alpha_{12} = \alpha_{N1} + 180^\circ - \beta_2 = (\alpha_N + 180^\circ - \beta_1) + 180^\circ - \beta_2 = \alpha_N + 180^\circ \cdot 2 - (\beta_1 + \beta_2),$$

$$\alpha_{23} = \alpha_{12} + 180^\circ - \beta_3 = (\alpha_N + 180^\circ \cdot 2 - \beta_1 - \beta_2) + 180^\circ - \beta_3 =$$

$$= \alpha_N + 180^\circ \cdot 3 - (\beta_1 + \beta_2 + \beta_3),$$

$$\alpha_K = \alpha_N + 180^\circ \cdot n - (\beta_1 + \beta_2 + \dots + \beta_n).$$

Учитывая, что $\beta_1 + \beta_2 + \dots + \beta_n = \sum \beta$, найдем теоретическое значение суммы углов в разомкнутом теодолитном ходе

$$\sum \beta_{\text{теор}} = \alpha_N - \alpha_K + 180^\circ \cdot n, \quad (\text{VIII.5})$$

т. е. теоретическая сумма правых по ходу углов разомкнутого хода равна разности известных дирекционных углов исходной и конечной сторон, увеличенной на произведение числа измеренных углов на 180° .

Ведомость вычисления координат точек разомкнутого хода

Наименование точек	Углы		Дирекционные углы	Румбы	Линейные проложения	Приращения координат				Координаты	
	Измеренные	Исправленные				вычисленные		исправленные		x	y
						Δx	Δy	Δx	Δy		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
б			328 32	—							
1	+0.2 66 00.8	66 04	82 31	СВ:82 31	93.84	-0.01 +12.22	+0.04 +93.04	+12.21	+93.05	300.00	300.00
6	-0.2 163 42.2	163 42	98 49	ЮВ:81 41	99.14	-0.02 -15.20	+0.04 +97.97	-15.22	+97.98	312.21	393.05
7	-0.5 249 14.5	249 14	29 35	СВ:29 35	76.26	-0.04 +66.32	+0.04 +37.65	+66.31	+37.66	296.99	491.03
3	284 53.0	284 53	284 42	—						363.30	528.69
2											
Σ β _{изм}	763° 50.5'	763 50		P = 269.24		+63.34	+228.66	+63.30	+228.69		+228.69
Σ β _{теор}	763° 50.0'					+63.30	+228.69				
f _β	+0.5'										
f _{βпред}	±2.0'					+0.04	-0.03				

$$f_d = \sqrt{0,04^2 + 0,03^2} = 0,05$$

$$\frac{f_d}{P} = \frac{0,05}{269} = \frac{1}{5400} < \frac{1}{1000}$$

Если в разомкнутом ходе измерены левые по ходу углы β' , то, учитывая, что $\beta = 360^\circ - \beta'$, получим

$$\begin{aligned} \alpha_K &= \alpha_N + 180^\circ \cdot n - (360^\circ - \beta'_1 + 360^\circ - \beta'_2 + \dots + 360^\circ - \beta'_n) = \\ &= \alpha_N + 180^\circ \cdot n - 360^\circ n + (\beta'_1 + \beta'_2 + \dots + \beta'_n) = \alpha_N - 180^\circ \cdot n + (\beta'_1 + \beta'_2 + \dots + \beta'_n), \end{aligned}$$

откуда

$$\sum \beta'_{\text{теор}} = \alpha_K - \alpha_N + 180^\circ \cdot n, \quad (\text{VIII.6})$$

т. е. теоретическая сумма левых углов разомкнутого хода равна разности известных дирекционных углов конечной и начальной сторон, увеличенной на произведение числа измеренных углов на 180° .

В остальном обработка углов разомкнутого хода не отличается от обработки углов замкнутого полигона (табл. 14).

В графе 2 таблицы выписаны измеренные справа по ходу лежащие углы теодолитного хода, проложенного между сторонами 5—1 и 3—2, дирекционные углы которых равны: $\alpha_{51} = 328^\circ 32'$ и $\alpha_{32} = 284^\circ 42'$. Поэтому теоретическая сумма четырех углов равна

$$\sum \beta_{\text{теор}} = \alpha_{51} - \alpha_{32} + 180^\circ \cdot 4 = 328^\circ 32' - 284^\circ 42' + 720^\circ = 763^\circ 50'.$$

Невязка $f_\beta = +0,5'$ распределена между измеренными углами так, чтобы поправки были минимальны, а исправленные углы (графа 3) не содержали долей минут.

По формуле

$$\alpha_i = \alpha_{i-1} + 180^\circ - \beta_{\text{пр}}$$

вычислены дирекционные углы сторон хода (графа 4), начиная от начального α_{51} . Контролем правильности вычислений служит полученный в конце дирекционный угол конечной стороны 3—2, равный $284^\circ 42'$.

Румбы (графа 5) вычислены только для сторон хода.

§ 41. ПОНЯТИЕ О ПРЯМОЙ И ОБРАТНОЙ ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ ЗАДАЧАХ

Прямая геодезическая задача. Вычисление прямоугольных координат точек теодолитных ходов основано на решении так называемой прямой задачи на координаты, или прямой геодезической задачи (рис. 113). Заключается она в следующем. По данным прямоугольным координатам начальной точки N , дирекционному углу α и горизонтальному проложению d линии NK нужно вычислить координаты конечной точки K . Для решения задачи спроектируем горизонтальное проложение d на координатные оси и обозначим проекцию на ось x через Δx , а проекцию на ось y через Δy . Проекции Δx и Δy называются **и р и р а щ е н и я м и к о о р д и н а т**. Из рис. 113 видно, что

$$\left. \begin{aligned} x_K &= x_N + \Delta x \\ y_K &= y_N + \Delta y \end{aligned} \right\}. \quad (\text{VIII.7})$$

Из прямоугольного треугольника NCK имеем:

$$\left. \begin{aligned} \Delta x &= d \cos \alpha \\ \Delta y &= d \sin \alpha \end{aligned} \right\}. \quad (\text{VIII.8})$$

Знаки приращений координат зависят от знаков $\cos \alpha$ и $\sin \alpha$. Окончательно получим

$$\left. \begin{aligned} x_K &= x_N + d \cos \alpha \\ y_K &= y_N + d \sin \alpha \end{aligned} \right\} \quad (\text{VIII.9})$$

При вычислении приращений координат от дирекционных углов α переходят к румбам r . Тогда можно написать

$$\left. \begin{aligned} x_K &= x_N + d \cos r \\ y_K &= y_N + d \sin r \end{aligned} \right\} \quad (\text{VIII.10})$$

Знаки приращений координат зависят от названий румбов: северные приращения абсцисс — положительные, южные — отрицательные, восточные приращения ординат — положительные, западные — отрицательные.

Пример: Дано: $x_1 = +300,00$ м, $y_1 = +300,00$ м, $d_{12} = 138,12$ м, $\alpha_{12} = 44^\circ 59'$.

Вычислить x_2 , y_2 .

Из таблиц натуральных значений тригонометрических функций находим: $\cos 44^\circ 59' = +0,70731$, $\sin 44^\circ 59' = +0,70690$. Следовательно, $\Delta x = 132,12 \times 0,70731 = +97,69$ м, $\Delta y = 138,12 \cdot 0,70690 = +97,64$ м. Линия находится в первой четверти, название румба в которой СВ, приращения координат положительные, поэтому окончательно имеем:

$$x_2 = +300,00 + 97,69 = +397,69 \text{ м};$$

$$y_2 = +300,00 + 97,64 = 397,64 \text{ м}.$$

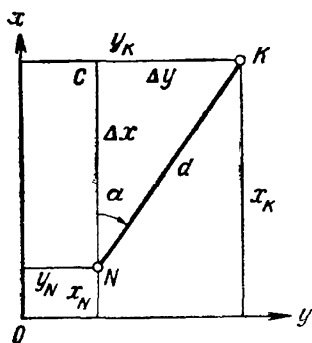


Рис. 113. Связь приращений координат отрезка с координатами его концов

Обратная геодезическая задача. Задача заключается в вычислении направления и горизонтального проложения линии по координатам ее концов. Даны прямоугольные координаты x_N , y_N и x_K , y_K концов линии NK . Требуется определить ее горизонтальное проложение d и дирекционный угол α (см. рис. 113).

Из рисунка можно написать

$$\Delta x = x_K - x_N;$$

$$\Delta y = y_K - y_N.$$

Из прямоугольного треугольника NCK имеем (прилож 2):

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{\Delta y}{\Delta x} \quad (\text{VIII.11})$$

По таблицам натуральных значений тригонометрических функций определяют значение румба r , а по нему и дирекционный угол α линии NK . Название румба устанавливается согласно знакам приращений координат Δx и Δy , соответствующих знакам $\cos \alpha$ и $\sin \alpha$. Далее из формулы (VIII.8) получим

$$d = \frac{\Delta x}{\cos \alpha} = \frac{\Delta y}{\sin \alpha} \quad (\text{VIII.12})$$

Значение d определяется дважды. Сходимость результатов служит надежным контролем решения задачи. Значение d можно также определить по формуле

$$d = \sqrt{(\Delta x)^2 + (\Delta y)^2}. \quad (\text{VIII.13})$$

Пример. Дано $x_3 = +363,34$ м, $y_3 = +528,63$ м, $x_2 = +397,72$ м, $y_2 = +397,60$ м.

Вычислить горизонтальное проложение и направление линии 3—2. Решение приводится в табл. 15.

Т а б л и ц а 15

Обозначения	Результаты вычислений	Обозначения	Результаты вычислений
x_2	+397,72	$\text{tg } \alpha$	-3,81123
x_3	+363,34	r	СЗ: $75^\circ 17,9'$
Δx	+34,38	α	$284^\circ 42,1'$
y_2	+397,60	$\cos \alpha$	+0,25379
y_3	+528,63	$\sin \alpha$	-0,96726
Δy	-131,03	d_1	135,47 м
		d_2	135,47 м

Вычислив Δx и Δy , находят $\text{tg } \alpha = \frac{\Delta y}{\Delta x}$. Далее находят r и по таблицам тригонометрических функций $\cos \alpha$, $\sin \alpha$, после чего для контроля дважды получают значение d .

§ 42. ВЫЧИСЛЕНИЕ И УВЯЗКА ПРИРАЩЕНИЙ ПРЯМОУГОЛЬНЫХ КООРДИНАТ

Замкнутый полигон. Из прямой геодезической задачи следует, что координаты последующей точки равны координатам предшествующей точки плюс соответствующие приращения координат. Поскольку приращения координат являются проекциями сторон хода на оси координат, то сумма этих проекций на каждую ось в замкнутом полигоне равна нулю, т. е.

$$\left. \begin{aligned} \sum \Delta x_{\text{теор}} &= 0 \\ \sum \Delta y_{\text{теор}} &= 0 \end{aligned} \right\}. \quad (\text{VIII.14})$$

Последовательно вычислив приращения координат по всему ходу, суммируют их по каждой оси и полученные суммы $\sum \Delta x_{\text{выч}}$ и $\sum \Delta y_{\text{выч}}$ сравнивают с теоретическими суммами приращений. Ввиду неизбежных погрешностей линейных измерений они не совпадут и разности между ними есть невязки f_x и f_y в суммах приращений координат

$$\left. \begin{aligned} f_x &= \sum \Delta x_{\text{выч}} - \sum \Delta x_{\text{теор}} = \sum \Delta x_{\text{выч}} \\ f_y &= \sum \Delta y_{\text{выч}} - \sum \Delta y_{\text{теор}} = \sum \Delta y_{\text{выч}} \end{aligned} \right\}. \quad (\text{VIII.15})$$

Вследствие влияния ошибок измерений замкнутый ход не замкнулся, таким образом, на величину f_d (рис. 114), называемую невязкой в периметре хода. Ее проекции на оси координат являются невязками f_x и f_y . Из рисунка видно, что

$$f_d = \sqrt{f_x^2 + f_y^2}. \quad (\text{VIII.16})$$

Отношение f_d к периметру хода $P = \sum d$, т. е.

$$\frac{f_d}{P} = \frac{1}{N}, \quad (\text{VIII.17})$$

называется относительной невязкой в периметре полигона. Она характеризует качество полевых измерений и не должна превосходить установленной величины. Величина допустимой относительной невязки зависит от условий, в которых производились измерения при проложении хода. Если стороны хода измерялись лентой со шпильками или дальномерными насадками ДНТ, ДД-3, то при самых неблагоприятных условиях

$$\frac{f_d}{P} < \frac{1}{1000},$$

при благоприятных условиях измерений относительная невязка в периметре хода может быть 1 : 2000 и даже 1 : 3000.

Если в результате вычислений оказывается, что относительная невязка недопустима, то необходимо тщательно проверить записи и вычисления. При отсутствии в них ошибок надо искать ошибку в измерениях. Грубый просчет при измерении длины линии можно обнаружить, поскольку невязка в этом случае будет параллельна линии. Направление невязки можно приблизительно определить по формуле

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{f_y}{f_x}.$$

Рис. 114. Образование невязки в замкнутом полигоне

При допустимости относительной невязки производят распределение невязок по осям — увязывают приращения. Невязки распределяют с обратным знаком между всеми приращениями координат пропорционально длинам сторон хода, т. е. вычисляют поправки по формулам

$$\left. \begin{aligned} \delta_{x_i} &= -\frac{f_x}{P} d_i \\ \delta_{y_i} &= -\frac{f_y}{P} d_i \end{aligned} \right\} \quad (\text{VIII.18})$$

Суммы поправок должны быть равны соответствующим невязкам по осям с обратными знаками, т. е.

$$\left. \begin{aligned} \sum \delta_x &= -f_x \\ \sum \delta_y &= -f_y \end{aligned} \right\} \quad (\text{VIII.19})$$

В табл. 13 вычисленные приращения координат замкнутого полигона записаны в графах 7 и 8. Для упрощения вычислений вначале найдены суммы отдельно положительных и отрицательных приращений, по которым затем определены невязки

$$f_x = -0,12 \text{ м}, \quad f_y = +0,14 \text{ м}.$$

Убедившись, что относительная невязка в приращениях координат меньше предельной, $\frac{1}{2000}$, вычисляем поправки:

$$\delta_{x_{12}} = \frac{+0,12}{756} \cdot 138 \approx +0,02,$$

$$\delta_{x_{23}} = \frac{+0,12}{756} \cdot 136 \approx +0,02,$$

.....

$$\delta_{y_{12}} = \frac{-0,14}{756} \cdot 138 \approx -0,03,$$

$$\delta_{y_{23}} = \frac{-0,14}{756} \cdot 136 \approx -0,03.$$

Контроль вычисления поправок выполняется по формуле (VIII.19). Суммы исправленных приращений координат (графы 9 и 10) равны нулю, что и требуется для замкнутого полигона.

Разомкнутый ход. Теоретические суммы $\sum \Delta x_{\text{теор}}$ и $\sum \Delta y_{\text{теор}}$ приращений координат в разомкнутом ходе между точками с известными (твердыми) координатами найдем следующим образом. Пусть заданы координаты x_N, y_N и x_K, y_K точек N и K , между которыми проложен теодолитный ход. Учитывая, что приращения есть проекции сторон хода на координатные оси, их сумма, как видно из рис. 115, равна разности координат твердых точек. Таким образом, разность координат будет теоретической суммой приращений координат

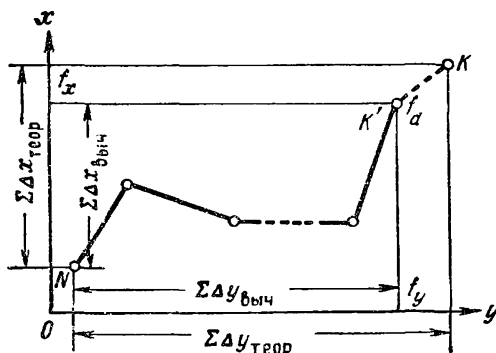


Рис. 115. Образование невязки в разомкнутом полигоне

$$\left. \begin{aligned} \sum \Delta x_{\text{теор}} &= x_K - x_N \\ \sum \Delta y_{\text{теор}} &= y_K - y_N \end{aligned} \right\} \quad (\text{VIII.20})$$

Вследствие погрешностей измерений сумма вычисленных приращений координат $\sum \Delta x_{\text{выч}}$ и $\sum \Delta y_{\text{выч}}$ не совпадает с теоретической, образуются невязки

$$\left. \begin{aligned} f_x &= \sum \Delta x_{\text{выч}} - \sum \Delta x_{\text{теор}} \\ f_y &= \sum \Delta y_{\text{выч}} - \sum \Delta y_{\text{теор}} \end{aligned} \right\} \quad (\text{VIII.21})$$

Качество измерений оценим относительной невязкой i , если она допустима, введем в приращения поправки так, чтобы их сумма равнялась теоретической. Все эти преобразования выполняются по правилам и формулам, выведенным для замкнутого полигона.

Вычисленные приращения координат записаны в графах 7 и 8 табл. 14. Их суммы:

$$\begin{aligned} \sum \Delta x_{\text{выч}} &= +63,34; \\ \sum \Delta y_{\text{выч}} &= +228,66. \end{aligned}$$

Теоретическое значение суммы получим как разность координат точек 3 и 1, между которыми проложен ход:

$$\sum \Delta x_{\text{теор}} = x_3 - x_1 = 363,30 - 300,00 = +63,30;$$

$$\sum \Delta y_{\text{теор}} = y_3 - y_1 = 528,69 - 300,00 = +228,69.$$

Невязки по осям получены по формулам (VIII.21)

$$f_x = \sum \Delta x_{\text{выч}} - \sum \Delta x_{\text{теор}} = 63,34 - 63,30 = +0,04;$$

$$f_y = \sum \Delta y_{\text{выч}} - \sum \Delta y_{\text{теор}} = 228,66 - 228,69 = -0,03.$$

Для оценки качества линейных измерений вычислим относительную невязку через невязку в периметре, равную $f_d = 0,05$ м,

$$\frac{f_d}{P} = \frac{0,05}{269} = \frac{1}{5400}.$$

Поскольку разомкнутый ход прокладывается между точками, координаты которых определены из измерений, то их погрешности также вошли в невязки f_x и f_y . Поэтому в разомкнутом ходе предельную относительную невязку значают несколько большей. В данном случае она равна 1/1000.

После введения поправок, определенных по формулам (VIII.18), получены исправленные приращения (графы 9 и 10, табл. 14) суммы которых равны теоретическим.

§ 43. ВЫЧИСЛЕНИЕ КООРДИНАТ ТОЧЕК ПОЛИГОНА

После того как приращения вычислены и увязаны, вычисляют координаты, пользуясь формулами

$$\left. \begin{aligned} x_i &= x_{i-1} + \Delta x \\ y_i &= y_{i-1} + \Delta y. \end{aligned} \right\} \quad (\text{VIII.22})$$

В случае замкнутого полигона в заключение получим координаты точки, от которой начали вычисление координат. В разомкнутом ходе должны получить координаты конечной точки. Это служит контролем правильности вычисления координат.

Обратимся к графам 11 и 12 табл. 14. Координаты начальной точки 1 заданы: $x_1 = +300,00$, $y_1 = +300,00$. Последовательно, применяя формулы (VIII.22), получим координаты остальных точек полигона. Например, вычислим абсциссы

$$x_2 = x_1 + \Delta x_{12} = +300,00 + 97,66 = +397,66$$

$$x_3 = x_2 + \Delta x_{23} = +397,66 + (-34,36) = +363,30$$

$$\dots \dots \dots$$

$$x_1 = x_6 + \Delta x_{61} = +149,12 + 150,88 = +300,00.$$

Контроль получился.

В разомкнутом ходе (см. табл. 14) координаты исходных точек 1 и 3 известны. Начав последовательно вычислять координаты точек хода (графы 11

и 12) от начальной точки 1, в заключение получили координаты конечной точки 3

$$x_3 = x_7 + \Delta x_{73} = 296,99 + 66,31 = +363,30;$$

$$y_3 = y_7 + \Delta y_{73} = 491,03 + 37,66 = +528,69,$$

что и подтверждает безошибочность вычислений.

§ 44. ПОРЯДОК ВЫЧИСЛЕНИЙ В ВЕДОМОСТИ КООРДИНАТ

Разобранные в этой главе этапы вычислительной обработки результатов измерений в теодолитных ходах выполняются в порядке последовательного заполнения всех граф координатной ведомости. Каждый этап вычислений соответствующим образом контролируется.

Для того чтобы планы различных участков были составлены в единой системе, создана геодезическая сеть из пунктов, координаты которых известны. К ним должны быть привязаны теодолитные ходы. Привязка не делается только в исключительных случаях.

Замкнутый полигон должен примыкать к существующим геодезическим пунктам N и K с известными координатами. Решив обратную геодезическую задачу, находят дирекционный угол линии, соединяющей эти точки $\alpha_{исх}$.

По измеренному примычному углу правому $\beta_{пр}$ или левому $\beta_{лев}$ вычисляют дирекционный угол α_N начальной стороны полигона

$$\alpha_N = \alpha_{исх} - \beta_{пр}$$

или

$$\alpha_N = \alpha_{исх} + \beta_{лев}$$

В случае, когда привязка теодолитного хода к пунктам обоснования невозможна, определяют магнитный азимут A_m начальной стороны и используют его вместо α_N .

Разомкнутый теодолитный ход должен примыкать к существующим сторонам сети как в начале, так и в конце хода. Здесь придется решить две обратные задачи и определить дирекционные углы начальной α_N и конечной сторон α_K .

После этого приступают к заполнению координатной ведомости.

1. Выписывают номера точек полигона в графу 1, причем, начав с номеров начальной стороны замкнутого полигона 1, 2, . . ., заканчивают номерами концов этой же стороны, т. е. 1, 2. В разомкнутом ходе первыми идут номера начальной стороны, а в конце записывают номера точек конечной стороны (см. табл. 14).

2. В графу 2 табл. 14 выписывают измеренные внутренние углы, вычисляют их сумму и записывают ее как итог $\Sigma \beta_{изм}$. Вычисляют теоретическую сумму $\Sigma \beta_{теор}$ и определяют невязку f_β .

Если невязка недопустима, то следует прежде всего проверить вычисления и, если ошибка не найдена, произвести проверку полевых измерений, повторив их.

3. Если невязка допустима, в измеренные углы вводят поправки, контролируя, чтобы сумма поправок равнялась невязке с обратным знаком, а сумма исправленных углов (графа 3) равнялась теоретической сумме.

Вычисления с углами удобнее всего делать на счетах.

4. Последовательно вычисляют дирекционные углы сторон, начиная с α_N , и результаты записывают в графу 4 ведомости. Контролем является

получение в конце дирекционного угла начальной стороны для замкнутого полигона, а для разомкнутого хода — дирекционного угла конечной стороны. Дирекционные углы переводят в румбы и записывают в графу 5.

5. Для вычисления приращений координат нужно знать горизонтальные проложения сторон. Их вычисляют в полевом журнале, как это описано в § 17, и оттуда выписывают в графу 6.

6. Приращения координат вычисляют с помощью таблиц и счетных приборов. Обычно таблицы составляют в расчете на определенный вид вычислительного устройства. Например, «Таблицы для вычисления приращений координат» К. Ф. Гаусса рассчитаны на применение счет или других суммирующих устройств, а «Таблицы для вычисления приращений координат на арифмометре с контролем» И. Ф. Булекова рассчитаны на применение вычислительных машин, позволяющих находить сумму произведений. В таблицах И. Ф. Булекова для указанного значения румба r приведены последовательно $\cos r$, $\sin r - \cos r$, $1 - \sin r$. Вычисление сводится к нахождению сумм произведений; сначала вычисляем произведение

$$d \cos r = \Delta x,$$

затем, не сбрасывая результата, прибавляем к нему произведение $d (\sin r - \cos r)$, и получаем

$$d \cos r + d \sin r - d \cos r = d \sin r = \Delta y.$$

Далее, не сбрасывая результата, прибавляем произведение $d (1 - \sin r)$, получаем

$$d \sin r + d - d \sin r = d.$$

В заключение наших действий на счетчике результатов получим горизонтальное проложение, что является подтверждением правильности выполненных вычислений.

Еще более производительны современные настольные электронные машины типа «Электроника-70» или «Электроника-70М», автоматически вычисляющие натуральные значения тригонометрических функций. При применении этих машин отпадает необходимость поиска соответствующих значений тригонометрических функций в таблицах.

Вычисленные приращения координат, округленные до сотых долей метра, записывают в графы 7 и 8 ведомости.

7. Затем приращения координат алгебраически суммируют по каждой оси, получая $\Sigma \Delta x_{\text{выч}}$ и $\Sigma \Delta y_{\text{выч}}$. В случае замкнутого хода эти суммы одновременно будут и невязками по осям f_x и f_y . В разомкнутом ходе по формулам (VIII.20) следует найти теоретические суммы и после этого по формулам (VIII.21) получить невязки по осям. Вычислить линейную невязку f_d , а затем относительную ошибку. Знаменатель N относительной ошибки вычисляют с сохранением двух значащих цифр, например

$$\frac{1}{N} = \frac{1}{2800},$$

линейную и относительную невязки можно вычислить с помощью логарифмической линейки.

8. Если относительная ошибка меньше предельной, то невязки по осям распределяют на приращения координат с обратным знаком и пропорционально горизонтальным проложениям сторон, т. е. вводят поправки по формулам (VIII.18).

Вычисленные с помощью логарифмической линейки, округленные до 0,01 м поправки выписывают над соответствующими приращениями координат. Контролем поправок является равенство (VIII.19).

9. Исправленные значения приращений координат равны сумме вычисленных приращений и соответствующих им поправок

$$\Delta x_{\text{исп}} = \Delta x_{\text{выч}} + \delta_x;$$

$$\Delta y_{\text{исп}} = \Delta y_{\text{выч}} + \delta_y.$$

Контролем правильности вычисления поправок является равенство суммы исправленных приращений координат теоретическим суммам приращения координат; в замкнутом полигоне эти теоретические суммы равны нулю.

10. По известным координатам начальной точки полигона и исправленным приращениям координат последовательно вычисляют координаты всех вершин полигона, применяя формулы (VIII.22).

Контролем является получение в конце вычислений координат начальной точки, если ход замкнутый, и координат конечной точки, если ход разомкнутый.

Г л а в а IX

ПОСТРОЕНИЕ ПЛАНОВ

§ 45. СОСТАВЛЕНИЕ ПЛАНА

Конечным результатом теодолитной съемки является план. Для построения плана используется чертежная бумага наиболее высокого качества. Для определения размеров листа нужно знать протяженность снимаемого участка по оси абсцисс и оси ординат. Приближенно эти величины мы получим как разность экстремальных значений координат точек теодолитных ходов, т. е. для определения высоты листа нужно найти наибольшее значение абсциссы x_{max} и вычесть из него наименьшее значение абсциссы x_{min} . Для определения ширины листа так же поступим с ординатами. Найденные значения нужно увеличить на удвоенную ширину полосы, снимаемой в процессе детальной съемки, всего около 100 м, и, выразив найденные значения в масштабе плана, получим размер части листа, занимаемой планом. Следует еще прибавить по 5 см на зарамочное оформление — это и будут окончательные размеры листа.

В процессе построения плана необходимо обеспечить максимальную точность взаимного положения контуров на плане. Это возможно только при составлении плана в несколько этапов, строго соответствующих принципу от общего к частному. Прежде всего и наиболее точно создается координатная сетка — основа всех последующих построений.

Следующим этапом является накладка точек теодолитных ходов относительно линий координатной сетки. Таким образом обеспечивается независимое определение положения каждой точки и не накапливаются погрешности построений.

В заключение относительно точек и линий теодолитных ходов производится накладка характерных точек ситуации по данным, содержащимся в абрисе.

Каждый из приведенных этапов заканчивается соответствующим контролем, без выполнения которого дальнейшую работу проводить нельзя.

§ 46. ПОСТРОЕНИЕ КООРДИНАТНОЙ СЕТКИ

Процесс построения координатной сетки должен обеспечивать получение квадратов со стороной 10 см. Прямые углы при этом должны быть построены с высокой точностью.

Наиболее распространенным прибором для построения координатной сетки является линейка Ф. В. Дробышева. Это металлическая линейка (рис. 116),



Рис. 116. Линейка Ф. В. Дробышева

имеющая несколько окон. Один поперечный край в каждом окне и правый конец линейки скошены. На плоскости скоса нулевого окна имеется продольный штрих, образующий в пересечении со скошенным краем точку, являющуюся началом счета линейки. Скошенный край нулевого окна является отрезком прямой. Скошенные края остальных окон и правый конец линейки являются дугами концентрических окружностей с центром в точке начала счета линейки и радиусами соответственно 10, 20, . . . , 50, 70, 71 см.

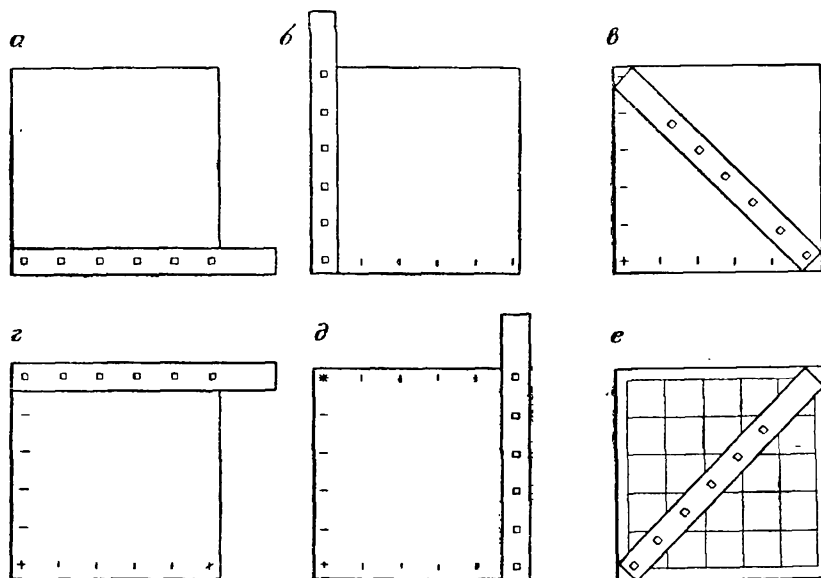


Рис. 117. Последовательность построения сетки квадратов линейкой Ф. В. Дробышева

Применение линейки основано на построении треугольника по трем сторонам, равным 50, 50 и 70, 71 см. Угол, лежащий против стороны 70, 71 см, будет прямым, как это следует из теоремы Пифагора $\sqrt{50^2 + 50^2} = \sqrt{5000} = 70, 71$.

Для построения сетки квадратов (рис. 117) линейку сначала укладывают вдоль нижнего края листа бумаги (рис. 117, а) и прочерчивают тонко заточен-

ным карандашом штрихи по скошенным краям окон. Затем линейку перекалывают примерно под прямым углом к первому положению (рис. 117, б) так, чтобы начало счета линейки оказалось на середине штриха прочерченного по скосу нулевого окна и снова по скошенным краям делают засечки. Теперь линейку укладывают по гипотенузе прямоугольного треугольника (рис. 117, в), так чтобы начало счета линейки оказалось на последнем штрихе, прочерченном в первом положении, а скошенный край — на самой верхней засечке второго положения, и вдоль них прочерчивают штрихи. В результате этих действий получим три вершины сетки квадратов. Четвертую вершину и засечки вдоль двух других краев получим, уложив линейку сначала вдоль верхнего края (рис. 117, г), а затем вдоль правого края листа (рис. 117, д) и каждый раз проводя штрихи по скошенным краям окон. Пересечение засечек в крайних окнах даст четвертую вершину сетки квадратов. Все вершины следует соединить линиями. Их пересечение с засечками в окнах линейки даст точки, через которые проходят линии координатной сетки. Правильность построения координатной сетки контролируется линейкой Дробышева, уложенной по второй диагонали сетки квадратов (рис. 117, е) так, чтобы нулевая точка совместилась с пересечением нулевых штрихов первого и второго положений, тогда засечка вдоль скошенного края линейки должна пройти через четвертую вершину сетки квадратов. Если при этом образуется треугольник погрешностей, то его сторона не должна быть более 0,2 мм, иначе построение следует повторить. Проверяют также правильность построения отдельных квадратов.

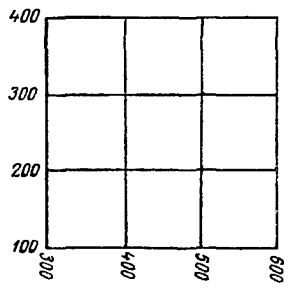


Рис. 118. Координатная сетка, оцифрованная для накладки плана в масштабе 1 : 1000

Для этого в раствор измерителя берут отрезок, равный длине диагонали $\sqrt{200}$ см = 14,12 см, и сравнивают с диагоналями отдельных квадратов. Расхождение также не должно быть более 0,2 мм. Наименьший размер сетки квадратов, который может быть построен линейкой Ф. В. Дробышева, 30 × 40 см.

Сетку квадратов можно построить и без линейки Дробышева, пользуясь свойствами диагоналей прямоугольника — они равны и делят друг друга пополам. Проведя на листе бумаги диагонали, из точки их пересечения измерителем или штангенциркулем откладывают равные отрезки. Полученные точки являются вершинами прямоугольника. Проведя его стороны, откладывают на них отрезки, равные стороне квадрата сетки. Соединив противоположные точки, получим линии сетки.

Линии координатной сетки оцифровывают в соответствии с координатами пунктов, которые надлежит наносить, и масштабом плана. При этом подписи сетки должны быть кратны горизонтальному проложению, соответствующему стороне сетки. На рис. 118 представлена сетка, оцифрованная для накладки теодолитных ходов, координаты точек которых вычислены в табл. 13 и 14.

§ 47. НАНЕСЕНИЕ НА ПЛАН ТОЧЕК ПО КООРДИНАТАМ

При нанесении точки прежде всего определяют квадрат, в котором находится накладываемая точка. Затем на противоположных сторонах этого квадрата откладывают с помощью поперечного масштаба значение разностей какой-либо из координат точки и соответствующей линии координатной сетки. Через эти точки проводят линию, на которой откладывают значение разности между

значением другой координаты и соответствующей линии координатной сетки. Никакого построения перпендикуляров при накладке точек не допускается.

Так, при нанесении точки 1 теодолитного хода (см. табл. 13) никаких затруднений не возникает, поскольку она находится на пересечении координатных линий $x = +300,00$ и $y = +300,00$. При нанесении точки 2 устанавливаем, что она находится в квадрате, юго-западный угол которого имеет координаты $x = +300$, $y = +300$. По абсциссе видно, что он отстоит от линии сетки $x = +400$ м на $400 - 397,66 = 2,34$ м. Поэтому откладывают от линии $x = +400$ м на двух вертикальных сторонах квадрата в масштабе плана $2,34$ м и проводят вспомогательную линию $x = +397,66$ м. На ней от линии $y = +400$ м откладывают $400 - 397,66 = 2,34$ м и на пересечении двух вспомогательных линий получают точку 2. Можно было бы в обоих случаях откладывать от линии сетки 300 по 97,66 м. Однако короткие отрезки откладывать легче и они получаются точнее. Правильность положения каждой вновь нанесенной точки следует проверить, для этого по масштабной линейке берут расстояние, равное горизонтальному проложению между точками, и сравнивают его с расстоянием между этими точками на плане. Расхождение не должно быть более 0,2 мм. Если расхождение получилось больше, следует проверить правильность накладки. В данном случае в раствор измерителя нужно взять отрезок $d_{12} = 138,12$ м.

Затем приступают к нанесению точки 3. Она находится в квадрате $x = +300$, $y = +500$. Сначала от линии $x = +400$ откладывают по сторонам квадрата вниз отрезки $400 - 363,30 = 36,70$ м, затем, соединив их линией, откладывают на ней от $y = +500$ отрезок $28,49$ м и получают точку 3. Контролируют правильность ее нанесения горизонтальным проложением линии 2—3 $d_{23} = 135,50$ и т. д. Около каждой точки подписывают ее номер.

§ 48. НАНЕСЕНИЕ СИТУАЦИИ НА ПЛАН

Относительно нанесенных точек теодолитных ходов и соединяющих их линий наносят характерные точки ситуации. Исходные данные для этого находятся в абрисе. Процесс нанесения характерных точек "обратен" процессу

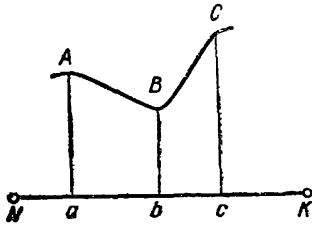


Рис. 119. Накладка контура способом перпендикуляров

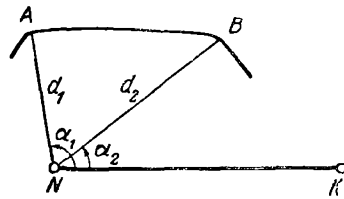


Рис. 120. Накладка контура полярным способом

детальной съемки ситуации, поэтому и способы нанесения ситуации будут иметь те же названия.

Способ перпендикуляров (рис. 119). Измерителем вдоль линии от ее начала откладывают расстояние до оснований перпендикуляров $a, b, c \dots$. Затем прямоугольным треугольником строят перпендикуляры и откладывают их высоту $aA, bB, cC \dots$. Получают точки, характеризующие изгибы контура A, B, C, \dots

Полярный способ (рис. 120). Положение точки в данном случае характеризуется углом между линией хода и направлением на точку — полярным углом, и расстоянием до этой точки — полярным радиусом. Полярные углы ($\alpha_1, \alpha_2, \dots$) строят геодезическим транспортиром, а расстояние d_1, d_2, \dots откладывают измерителем с помощью масштабной линейки.

Способ угловых засечек (рис. 121). Положение точки A получается пересечением двух направлений из заданных точек, координаты которых известны. Направление получают построением с помощью геодезического транспортира измеренных на местности углов α и β . Способ угловых засечек удобен, когда снимаемые точки значительно удалены или недоступны.

Способ линейных засечек (рис. 122). Для нанесения точки, полученной линейной засечкой в раствор измерителя берут расстояние d_1 , измеренное

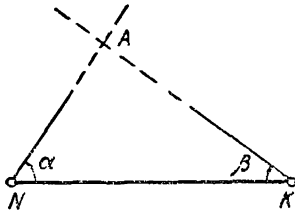


Рис. 121. Накладка точки угловой засечкой

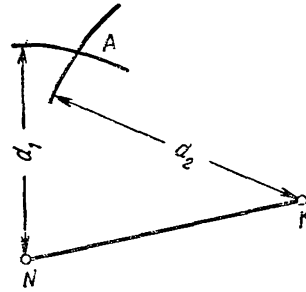


Рис. 122. Накладка точки линейной засечкой

до нее от данной точки, и прочерчивают легкий след — засечку. Затем прочерчивают линию (засечку) от другой заданной точки расстоянием d_2 . Их пересечение определит положение засечкой точки A .

Положение каждой точки плана должно быть проверено контрольными промерами, которыми являются горизонтальные проложения между снимаемыми точками, или избыточным, третьим промером от заданной точки.

Все наложенные точки соединяются, как это показано в абрисе, и заполняются условными знаками.

§ 49. ОФОРМЛЕНИЕ ПЛАНА

После того как все снятые точки участка будут нанесены на план, его вычерчивают тушью, убирают мягкой резинкой все вспомогательные линии: перпендикуляры, лучи засечек и полярные радиусы. На плане остаются лишь точки теодолитных ходов, линии и точки контуров. План оформляют в строгом соответствии с утвержденными таблицами условных знаков, где указывается не только начертание условных знаков снимаемых предметов местности, но и вид оформляющей рамки плана, содержание зарамочных подписей, тип и размеры шрифтов, которыми должны быть выполнены эти подписи.

Г л а в а X

ОПРЕДЕЛЕНИЕ И ДЕЛЕНИЕ ПЛОЩАДЕЙ

§ 50. СПОСОБЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПЛОЩАДЕЙ

Знать площади участков требуется для решения многих инженерно-технических и планово-экономических задач. Их можно определить по плану или по результатам измерений на местности. Вычисление площадей по результатам измерений на местности дает наиболее высокую точность и называется аналитическим способом. Различают вычисление площадей по координатам вершин замкнутого полигона и по результатам измерений элементов простейших фигур, на которые разбивается участок, и последующего вычисления и суммирования их площадей.

По плану площадь вычисляется с меньшей точностью, так как кроме ошибок измерений на местности здесь сказываются ошибки построений при создании плана, ошибки измерений по плану, деформация бумаги. Однако трудоемкость вычисления площади по плану значительно меньше. Существует несколько таких способов, среди которых можно выделить:

- а) графический способ;
- б) механический способ — с помощью специальных приборов.

Способы определения площадей применяют комбинированно.

Основную площадь землепользования, ограниченную теодолитными ходами, определяют по координатам (аналитическим способом) и принимают за теоретическую. Затем площадь отдельных угодий (полей и т. д.) определяют по плану, в основном применяя механический способ, и увязывают с площадью, полученной по координатам.

§ 51. ПОНЯТИЕ ОБ АНАЛИТИЧЕСКОМ СПОСОБЕ ВЫЧИСЛЕНИЯ ПЛОЩАДЕЙ

Как уже говорилось, площади участков, ограниченных теодолитными ходами, можно вычислить наиболее точно по координатам их точек. Для вывода соответствующих формул возьмем простейший замкнутый полигон в виде треугольника (рис. 123), координаты вершин которого известны. Опустим перпендикуляры из его вершин на ось ординат, получим три трапеции $11'2'2$, $11'3'3$, $22'3'3$ с основаниями x_1 , x_2 , x_3 и высотами $y_1 - y_2$, $y_1 - y_3$, $y_2 - y_3$. Площадь треугольника выразим через площади этих трапеций

$$P = P_{11'3'3} - P_{11'2'2} - P_{22'3'3} = \left(\frac{x_3 + x_1}{2}\right)(y_1 - y_3) - \left(\frac{x_1 + x_2}{2}\right)(y_1 - y_2) - \left(\frac{x_2 + x_3}{2}\right)(y_2 - y_3)$$

или

$$2P = (x_3 + x_1)(y_1 - y_3) - (x_1 + x_2)(y_1 - y_2) - (x_2 + x_3)(y_2 - y_3) = x_3y_1 - x_3y_3 + x_1y_1 - x_1y_3 - x_1y_2 + x_2y_2 - x_2y_1 + x_2y_2 + x_2y_3 + x_3y_2 - x_3y_3.$$

После соответствующих сокращений сгруппируем слагаемые по x

$$2P = x_1(y_2 - y_3) + x_2(y_3 - y_1) + x_3(y_1 - y_2);$$

если сгруппировать слагаемые по y , получим

$$2P = y_1(x_3 - x_2) + y_2(x_1 - x_3) + y_3(x_2 - x_1).$$

Рассматривая эти формулы, можно сделать вывод, что *удвоенная площадь участка равна сумме произведений абсциссы каждой точки на разность ординат предыдущей и последующей точек или ординаты каждой точки на разность абсцисс последующей и предыдущей точек*. Для контроля вычисления производят по обеим формулам. Перепишем их для полигона из n точек.

$$\left. \begin{aligned} 2P &= \sum_1^n x_i(y_{i+1} - y_{i-1}) \\ 2P &= \sum_1^n y_i(x_{i-1} - x_{i+1}) \end{aligned} \right\} \quad (\text{X.1})$$

Площади простых по форме участков вычисляют, разбив их предварительно на элементарные фигуры: треугольники, четырехугольники. Наиболее употребительные формулы для вычисления площадей этих фигур приведены в § 52. При этом высоты, стороны и углы, необходимые для вычисления площадей, должны быть измерены на местности.

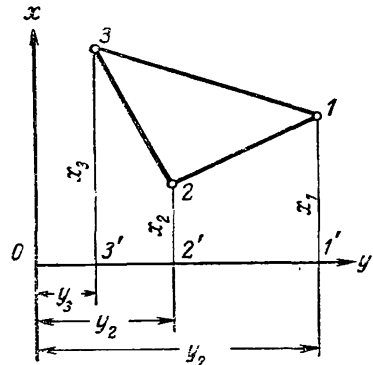


Рис. 123. Вычисление площади полигона по координатам

§ 52. ГРАФИЧЕСКИЙ СПОСОБ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПЛОЩАДЕЙ

Способ основан на разбивке данной на плане территории на простейшие геометрические фигуры: треугольники, прямоугольники, трапеции. Стороны разбиваемых фигур должны быть прямыми линиями, удобными для измерения. Измерив в масштабе плана величины, необходимые для определения площади

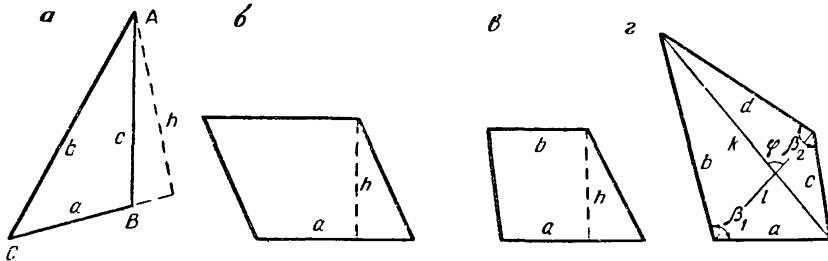


Рис. 124. Элементы, измеряемые в простейших фигурах для вычисления их площади

основание, высоту, параллельные стороны, — определяют площадь каждой геометрической фигуры и затем берут их сумму.

Найдем формулы для определения площади различных фигур.

1. Для треугольника (рис. 124, а)

$$P = \frac{1}{2} ah = \frac{1}{2} ab \sin C = \sqrt{p(p-a)(p-b)(p-c)}, \quad (\text{X.2})$$

где a, b, c — длины сторон; h — высота; C — угол между сторонами a и b треугольника, а

$$p = \frac{1}{2}(a + b + c) \text{ — полупериметр.}$$

2. Для параллелограмма (рис. 124, б)

$$P = ah. \quad (X.3)$$

3. Для трапеции (рис. 124, в)

$$P = \frac{a+b}{2} h. \quad (X.4)$$

4. Для четырехугольника (рис. 124, г)

$$2P = ab \sin \beta_1 + cd \sin \beta_2 = lk \sin \varphi, \quad (X.5)$$

где l, k — диагонали; φ — угол между ними.

Эти формулы применяются и для вычисления площадей по данным измерений на местности (аналитический способ). Вычисление площади графическим способом тем точнее, чем крупнее масштаб плана.

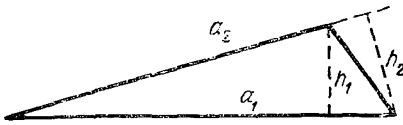


Рис. 125. Вычисление площади треугольника с контролем

Чтобы проконтролировать результаты определения площади, надо повторить вычисление, меняя исходные данные. Все вычисления следует вести как показано в табл. 16, занося туда длины линий, определяемые по плану.

Например, в треугольнике (рис. 125) можно измерить две высоты $h_1 = 148$ м и $h_2 = 171$ м и две стороны, на которые они опущены $a_1 = 628$ м и $a_2 = 539$ м.

Таблица 16

№ треугольника	Основание, м	Высота, м	Половина произведения	Средняя площадь, м ²
1	628	148	46 472	46 278
	539	171	46 084	
.....

§ 53. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПЛОЩАДЕЙ ПАЛЕТКАМИ

Графическим способом определяют площади небольших участков с криволинейными контурами с помощью палеток. Палетка изготавливается из листа прозрачного материала. Различают палетки прямолинейные и криволинейные. Прямолинейная палетка строится на листе бумаги, на который наносится сетка квадратов или параллельных линий (рис. 126). Для определения площади квадратной палеткой ее накладывают на участок, площадь которого нужно определить, и считают число целых квадратов, поместившихся внутри контура; доли неполных квадратов оценивают на глаз.

Зная площадь одной клеточки и число клеточек, занимаемых контуром, перемножают их и получают площадь контура.

Чаще всего строят сетку квадратов со стороной 2 мм. Длина стороны такого квадрата, например, в масштабе 1 : 10 000 будет 20 м, а площадь $400 \text{ м}^2 = 0,04$ га.

Чтобы упростить подсчеты и избежать грубых ошибок, проводят утолщенные линии через 5 или 10 квадратов, тогда легко можно подсчитывать группы квадратов.

Оценка долей квадратов на глаз сопряжена с ошибками, а потому и точность этого способа невысокая. Так, площади участков более 2 см² на плане не рекомендуется определять палеткой.

Для определения площади участка палеткой с параллельными линиями ее накладывают так, чтобы крайние точки контура оказались между ее линиями. Таким образом, участок рассекается линиями палетки на фигуры, близкие к трапециям. Тогда, чтобы получить площадь контура, нужно сложить площади отдельных трапеций, которые определяют как произведение высоты трапеции на ее среднюю линию. Поскольку высоты трапеций одинаковы и известны —

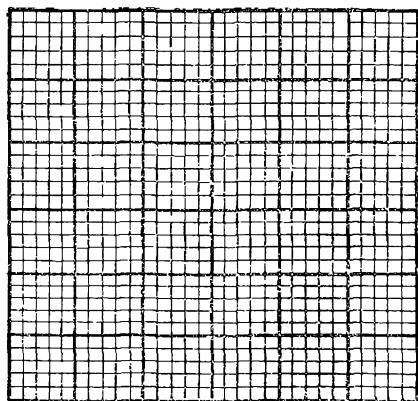


Рис. 126. Палетка с сеткой квадратов

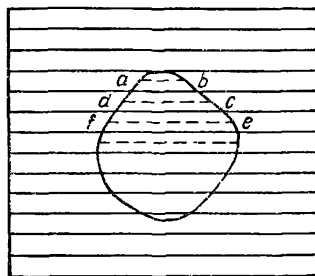


Рис. 127. Определение площади палеткой с параллельными линиями

это расстояние между линиями палетки, — то задача сводится к определению длины средних линий, которыми являются линии палетки, а границами трапеций — пунктирные линии (рис. 127).

Задача решается суммированием. Сумма средних линий последовательно набирается в раствор измерителя: сначала берут отрезок ab , затем, не сжимая измеритель, совмещают его левую ножку с точкой d , правая при этом станет вправо от d на расстоянии ab . Не сдвигая правой ножки, левую перемещают в точку c . Тогда в растворе измерителя будет отрезок $ab + cd$. Затем измеритель переносят ниже и прибавляют отрезок fe и т. д. По масштабной линейке определяют суммарную величину средних линий и умножают на расстояние между линиями палетки, выраженное в метрах на местности.

Палетка с параллельными линиями позволяет определять площади участков точнее, и все же с ее помощью не рекомендуется определять площади участков более 10 см² на плане.

Криволинейные палетки не находят широкого применения, так как с их помощью площади участков определяются медленнее.

§ 54. ПОЛЯРНЫЙ ПЛАНИМЕТР И РАБОТА С НИМ

Измерение площадей механическим способом производится с помощью специального прибора — планиметра. Наиболее распространенным является полярный планиметр с рычагом переменной длины (рис. 128, а). Он состоит

из двух рычагов — полюсного 3 и обводного 7. Имеет три точки опоры — колесо дополнительного счетного механизма 2, обводное стекло 6 и колесо 10. На одном конце полюсного рычага закреплен груз 4, в нижней части которого имеется игла, перед началом измерений вдавливаемая в бумагу и служащая полюсом, вокруг которого вращается планиметр. Вторым концом полюсный

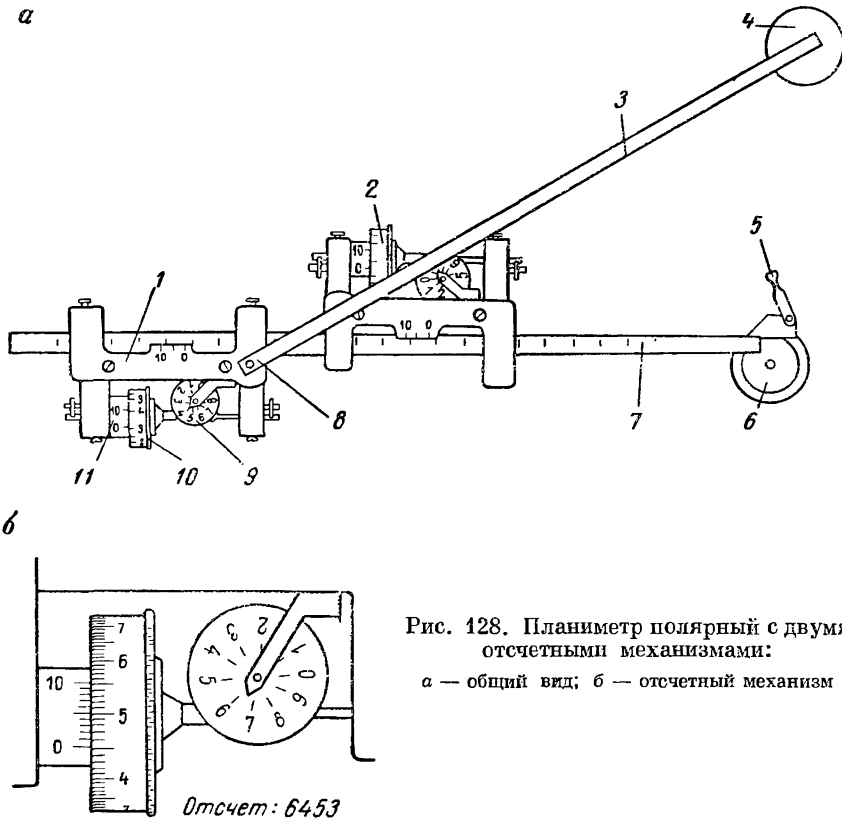


Рис. 128. Планиметр полярный с двумя отсчетными механизмами:

а — общий вид; б — отсчетный механизм

рычаг шарнирно соединяется с обводным рычагом посредством штифта с шарообразной головкой, вставляемого в гнездо. Этот узел 8 служит осью вращения обводного рычага.

На конце обводного рычага закреплено стекло 6, на нижней поверхности которого выгравирована обводная точка. Удерживая планиметр за ручку 5, точкой обводят контур участка, площадь которого хотят измерить. На обводном рычаге помещается каретка 1 счетного механизма, состоящего из счетного колеса 10 и счетчика целых оборотов 9. Для отсчетов по счетному колесу имеется верньер 11. При обводе контура участка ободок счетного колеса катится или скользит по бумаге.

При измерении площади планиметром обводную точку совмещают с заранее выбранной точкой контура и делают четырехзначный отсчет n_n . Первая цифра берется со счетчика целых оборотов (рис. 128, б), две последующие — число целых делений по счетному колесу относительно нулевого штриха верньера

и последняя — число штрихов от нуля верньера до штриха, совпавшего с делением счетного колеса.

Затем обводят контур по ходу часовой стрелки до возвращения в исходную точку и снова берут отсчет n_k . Разность отсчетов выражает площадь участка в делениях планиметра. Чтобы получить площадь в гектарах или квадратных метрах, нужно знать цену деления планиметра p , тогда

$$S = p(n_k - n_n). \quad (\text{X.6})$$

Ценой деления планиметра является площадь прямоугольника, равная произведению длины обводного рычага R (от обводной точки до шарнирного соединения рычагов) на деление планиметра l , равное тысячной доле длины ободка счетного колеса,

$$p = Rl. \quad (\text{X.7})$$

Поскольку каретка счетного механизма передвигается, то длина обводного рычага изменяется, следовательно, и цена деления планиметра также изменяется. Этим пользуются для подбора удобной для вычислений цены деления планиметра.

По формуле (X.6) можно вычислять площадь, если полюс планиметра располагается вне контура. Если же полюс располагается внутри контура, то его площадь равна

$$S = p(n'_k - n'_n + q), \quad (\text{X.8})$$

где q — постоянное число планиметра.

Для выяснения геометрической сущности постоянного числа планиметра поставим его так, чтобы плоскость ободка счетного колеса проходила через полюс O (рис. 129). Если обвести планиметром, поставленным в такое положение, круг, то счетное колесо не будет вращаться, оно лишь скользит по бумаге. Круг радиуса ρ , описанный при этом обводной точкой, называется основным кругом планиметра, его площадь планиметром не учитывается. Если участок больше основного круга, то планиметром измеряется лишь площадь за пределами основного круга; если же измеряемая площадь меньше площади основного круга, то второй отсчет будет меньше первого и разность их $n'_k - n'_n$ выражает дополнение площади контура до площади основного круга.

Определить постоянное число q можно, измерив площадь одного и того же участка дважды с разным положением полюса — внутри и вне его.

Тогда на основании формул (X.6) и (X.7) можно записать

$$S = p(n_k - n_n) = p(n'_k - n'_n + q),$$

откуда

$$q = (n_k - n_n) - (n'_k - n'_n).$$

Качество результатов измерений планиметром зависит от формы участка, его величины, положения планиметра относительно участка и качества бумаги. Не рекомендуется измерять планиметром площади участков, меньших 10—15 см² на карте или плане. Площади дорог, рек канав и других протяженных участков надежнее определять графическим или геометрическим способом.

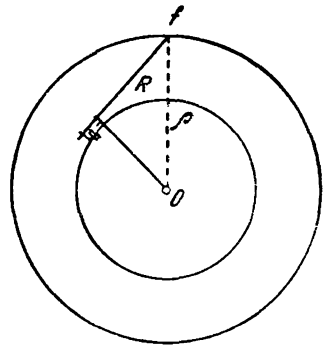


Рис. 129. Геометрическая сущность постоянного числа планиметра

Приступая к измерениям, полюс планиметра следует расположить таким образом, чтобы угол между рычагами в процессе обвода не был слишком острым (не менее 30°). Для этого несколько раз бегло обводят контур, изменяя при необходимости положение полюса, чтобы положение рычагов было наиболее благоприятным, близким к 90°. Найдя такое положение, приступают к измерениям, при этом обводы делают равномерным движением руки. Контур обводят два раза, т. е. получают два значения площади участка. Расхождение между ними не должно быть больше:

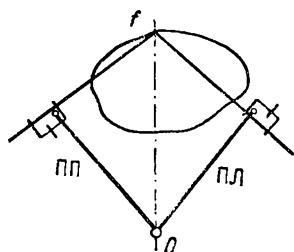


Рис. 130. Проверка перпендикулярности ободка счетного колеса и оси обводного рычага

2 делений при площади участка до 200 делений;
3 » » » » от 200 до 1000;
4 » » » » от 1000 до 2000;
5 » » » » более 2000.

Для определения цены деления планиметра берут участок, площадь которого S известна, например 2—3 квадрата координатной сетки, и измеряют ее при положении полюса вне измеряемого участка. Если средняя разность отсчетов при этом равна $(n_k - n_n)_{ср}$, то на основании формулы (X.6) цена деления планиметра равна

$$P = \frac{S}{(n_k - n_n)_{ср}} \quad (X.9)$$

Перед началом работ должно быть проверено, удовлетворяет ли планиметр следующим условиям.

1. *Счетное колесо должно вращаться свободно.* Регулировка производится перемещением центров, удерживающих колесо. При этом зазор между краем счетного колеса и верньером не должен быть более толщины папиросной бумаги.

2. *Плоскость ободка счетного колеса должна быть перпендикулярна оси обводного рычага.* Проверку производят путем обвода контура участка (рис. 130) при двух положениях планиметра: при положении полюс вправо (ПП) и полюс влево (ПЛ) от обводного рычага. При этом нужно следить, чтобы угол между рычагами был не менее 30° и не более 150°. Условие считается выполненным, если разность полученных значений площадей составляет не более чем 1 : 250. Если условие не выполняется, то планиметром следует измерять площадь при двух положениях полюса и из полученных результатов брать среднее арифметическое.

§ 55. ДЕЛЕНИЕ ПЛОЩАДЕЙ

Деление площадей участков на части по плану или в натуре вызывается обычно хозяйственной необходимостью: при проектировании полей севооборотов, при выделении бригадных участков или делянок для опытных посевов, при организации садов, огородов, виноградников и др. Прежде составляется проект размещения участков на плане, что сводится к проектированию линий, образующих границы новых участков определенного направления и охватывающих участки заданной площади. При этом могут встретиться два случая.

Первый случай (рис. 131). Раздельная линия должна пройти через заданную точку A и отделить участок площадью P . Вначале такая линия проводится на глаз и определяется полученная площадь P_1 . Так как $P \neq P_1$, то

разделительную линию нужно повернуть вокруг точки A , чтобы изменить полученную площадь на $\Delta P = P_1 - P$. В соответствии с формулой (X.2) запишем

$$\Delta P = \frac{1}{2} ah.$$

Измерив длину разделительной линии a по плану, найдем величину

$$h = \frac{2 \Delta P}{a}. \quad (\text{X.10})$$

Отложив h от конца линии, противоположной точке A , в нужном направлении, получим новое направление разделительной линии и опять измерим получившуюся площадь. При необходимости повторим эту операцию, пока не придем к проектному значению площади P .

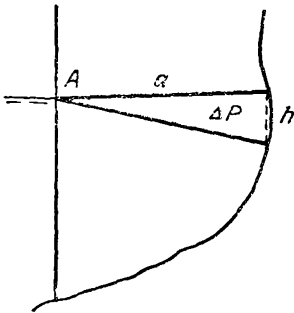


Рис. 131. Выделение участка заданной величины границей, выходящей из заданной точки

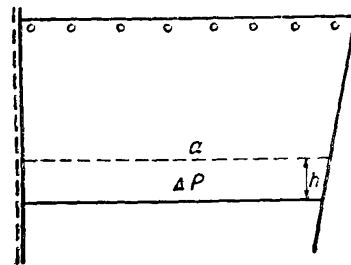


Рис. 132. Выделение участка заданной величины границей заданного направления

Второй случай (рис. 132). Разделительная линия должна иметь определенное направление, например быть параллельной противоположной стороне участка, и отделять заданную площадь P . Намечаем нужное направление и проводим границу, вычисляем площадь образовавшегося участка P_1 . Определив разность между ними, на основании формулы (X.3)

$$\Delta P = P_1 - P = ah$$

вычисляем величину смещения разделительной линии

$$h = \frac{\Delta P}{a}, \quad (\text{X.14})$$

где a — длина разделительной линии.

Отложив h , проводим новую линию. Измеряем отделенную площадь, убеждаясь, что она равна P .

В процессе проектирования площади правильных фигур определяем графически, а площади участков неправильной формы планиметром.

После окончания проектирования нужно подсчитать сумму площадей всех, вновь образовавшихся, участков и удостовериться в том, что эта сумма равна площади первоначального участка.

Далее по плану с помощью масштаба определяют размеры всех линий составленного проекта, а при необходимости измеряют геодезическим транспортом и углы для переноса проекта в натуру.

РАЗДЕЛ III
ВЕРТИКАЛЬНАЯ СЪЕМКА

Глава XI

РЕЛЬЕФ, ПРОДОЛЬНОЕ НИВЕЛИРОВАНИЕ И НИВЕЛИРЫ

**§ 56. РЕЛЬЕФ ЗЕМНОЙ ПОВЕРХНОСТИ И ЕГО ЗНАЧЕНИЕ
В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ. ОСНОВНЫЕ ФОРМЫ РЕЛЬЕФА**

Под рельефом следует понимать совокупность всех неровностей поверхности Земли. Рельеф местности оказывает большое влияние на жизнедеятельность человека. Точное знание и понимание рельефа земной поверхности является совершенно необходимым при решении многих задач в инженерном деле, при изучении и использовании рек, лесов и т. д. Чтобы правильно изучить, измерить и выразить на чертеже рельеф земной поверхности, необходимо геодезические работы теснейшим образом связать с геоморфологическим изучением исследуемой местности.

Рельеф земной поверхности образуется под воздействием эндогенных сил (тектонические, сейсмические, вулканические). Работа их теснейшим образом связана с геологическим строением Земли и с силой тяжести. Под их воздействием образуются складки, разрывы и разнообразные трещины, т. е. создается определенная геологическая картина строения земной коры.

На созданный эндогенными силами земной рельеф воздействуют внешние силы — экзогенные, под влиянием которых он изменяется. К экзогенным силам следует отнести воздушную и водную земную оболочку, тепловую энергию солнца. Работа этих основных сил проявляется в выветривании, разрушении горных пород нагреванием и охлаждением при энергичном участии дождей, снега и поверхностной текущей воды, подземном движении воды, прибоев в озерах, реках и морях, приливов и отливов в морях и океанах. Многие из этих явлений теснейшим образом связаны с метеорологическими явлениями в данном районе и в значительной степени соответствуют зональному климату на земной поверхности.

Значительное воздействие на рельеф оказывает человек. Примером этому могут служить грандиозные стройки в Советском Союзе, которые существенно изменяют земную поверхность. Сюда можно отнести постройку плотин, водохранилищ, морей, шлюзов, каналов, орошение засушливых районов, осушение болот, вырубку леса, посадку лесополос и др. Понятно, что это приводит к изменению микроклимата и оказывает косвенное влияние на рельеф.

Пахотные земли также способствуют изменению рельефа, что имеет существенное значение и вызывает большой производственный интерес. Особое значение по своему влиянию на состояние земной поверхности приобретает агротехника. Например, пахота может быть неправильной, если она производится на склонах, подверженных размывам.

А. А. Измаильский, В. В. Докучаев, П. А. Костычев и другие русские ученые в своих работах отводили много места вопросу о происхождении рельефа и его значении для почвообразования, они установили связь между рельефом

и явлениями эрозии. Эрозия почвы происходит под действием стекающей по почве весенней воды от тающего снега или во время ливней. Вода размывает почву, захватывает ее частицы и переносит их на значительные расстояния. Эрозионные процессы могут развиваться даже среди сравнительно ровных степей при очень малых углах наклона (около 1°).

При внедрении научно обоснованной системы земледелия и обработки почвы, облесении оврагов и залесении песков, насаждении полезащитных лесных полос явления эрозии почвы значительно уменьшаются.

Различные элементы рельефа должны по-разному использоваться в сельскохозяйственном производстве. При нарезке полей учитывают влияние рельефа на микроклимат, который определяется рельефом, его размерами, экспозицией склонов и пр. Значение рельефа особенно важно при решении вопроса о правильном размещении полезащитных лесонасаждений. Рельеф оказывает большое влияние на производительность сельскохозяйственных машин, а различные приемы обработки почвы и уборки урожая сказываются на состоянии поверхности почвы, что вызывает появление различных условий для стока воды, задержания снега, размыва почвы и смыва удобрений. Так как влияние рельефа

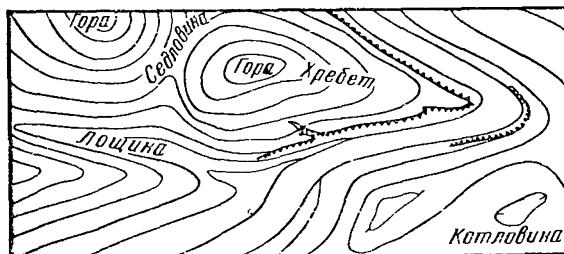
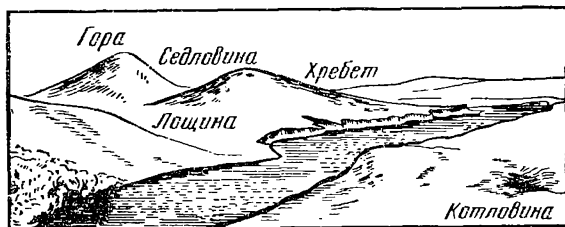


Рис. 133. Формы рельефа местности

на климат, растения, воду и другие стороны сельскохозяйственной практики различно в зависимости от его форм и экспозиции частей, то представляется существенным изучить это влияние с учетом характеристик рельефа. Такое изучение возможно при наличии планов и карт с подробным отражением рельефа.

Все многообразие форм рельефа можно свести к пяти основным (типovým) формам (рис. 133).

1. **Г о р а** (холм). Это возвышающаяся над окружающей местностью конусообразная форма рельефа. Если ее высота менее 200 м над окружающей местностью, она называется холмом. Наивысшая точка горы называется вершиной. Боковая поверхность горы состоит из скатов, заканчивающихся в нижней части подошвой.

2. **К о т л о в и н а** — углубление конической или чашеобразной формы. Самая низкая ее точка — дно. Скаты котловины в верхней части заканчиваются бровкой.

3. **Х р е б е т** — вытянутая возвышенность, постепенно понижающаяся в каком-либо направлении. У хребта два ската, соединяющихся в верхней части в водораздел.

4. **Л о щ и н а** — углубление удлиненной формы. Два ската лощины, сливаясь между собой, в нижней части образуют водоток или тальвег. Широкие лощины с пологими скатами называют долинами, с крутыми и каменистыми —

ущельями. Лощины в виде глубоких промоин, образованных действием текущих вод, называют оврагами. Овраги с заросшими обрывами называют балками.

5. С е д л о в и н а имеет форму седла, образованного при слиянии хребтов двух соседних гор. От седловины берут начало две лощины, распространяющиеся в противоположных направлениях. В горной местности через седловины идут дороги или тропы, поэтому их называют перевалами.

Вершина горы, дно котловины и самая низкая точка седловины являются характерными точками, а водораздел и водоток — характерными линиями рельефа.

§ 57. АБСОЛЮТНЫЕ И ОТНОСИТЕЛЬНЫЕ ВЫСОТЫ ТОЧЕК ЗЕМНОЙ ПОВЕРХНОСТИ

Для полного определения положения точки на физической поверхности Земли нужно кроме координат (см. § 9) указать высоту точки или расстояние от нее до уровенной поверхности по отвесной линии. Численное значение высоты называется отметкой. Высоты бывают абсолютные и относительные, или

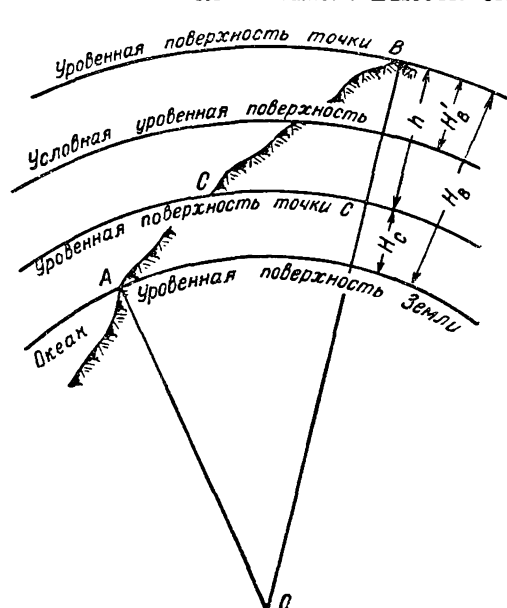


Рис. 134. Абсолютные и относительные высоты точек земной поверхности

условные. Счет абсолютных высот ведется от среднего уровня океана или моря) (например, высоты точек C и B , H_C и H_B на рис. 134). Наблюдение за средним уровнем океана ведется при помощи футштока на водомерном посту. В СССР счет абсолютных высот ведется от нуля Кронштадтского футштока (Балтийская система высот). Высота одной точки относительно уровенной поверхности другой точки называется относительной отметкой или превышением h этих точек, т. е. превышение равно разности высот двух точек.

Началом счета высот может являться любая условно принятая уровенная поверхность, например отрезок H_B , называемый относительной высотой.

§ 58. ЗНАЧЕНИЕ, ЦЕЛЬ И ВИДЫ НИВЕЛИРОВАНИЯ РАЗЛИЧНЫХ КЛАССОВ

Геодезические измерения, в результате которых определяются превышения точек местности, называются нивелированием.

Последовательно измеряя превышения от начального пункта A через промежуточные пункты $1, 2, \dots$ к конечному пункту B , получим нивелирный ход (рис. 135, а). Система нивелирных ходов образует нивелирную сеть (рис. 135, б).

Государственной высотной геодезической сетью является нивелирная сеть I, II, III и IV классов точности. Нивелирная сеть I и II классов является главной высотной основой, посредством которой устанавливается единая система высот на всей территории страны. Нивелирные ходы I класса прокладывают в основном по направлениям, связывающим уровни всех морей и океанов,

омывающих нашу страну. Нивелирование I класса выполняется с наивысшей точностью, характеризующейся при современных методах и инструментах средней квадратической ошибкой около $\pm 0,5$ мм на 1 км хода.

Нивелирные ходы II класса начинаются и заканчиваются на пунктах нивелирования I класса. Точность нивелирования II класса характеризуется средней квадратической ошибкой ± 1 мм на 1 км хода.

Нивелирная сеть III и IV классов служит для обеспечения высотами топографических съемок и решения различных инженерных задач. Нивелирные сети III и IV классов прокладывают внутри полигонов высшего класса, при этом периметры полигонов III класса не должны превышать 150 км, точность их характеризуется средней квадратической ошибкой 4 мм на 1 км хода. Нивелирные ходы IV класса прокладывают между пунктами старших классов. Длина их не должна быть более 50 км, а средняя квадратическая ошибка не более 8 мм на 1 км хода.

Поскольку густота пунктов государственной высотной геодезической сети недостаточна для производства многих геодезических работ, ее дальнейшее сгущение производится ходами технического нивелирования. Густота пунктов, точность их определения и способы закрепления устанавливаются соответствующими инструкциями и наставлениями.

§ 59. НИВЕЛИРНЫЕ ЗНАКИ. КАТАЛОГИ ОТМЕТОК

Для использования результатов нивелирования в дальнейшем точки нивелирных ходов всех классов закрепляют на местности нивелирными знаками.

Нивелирные знаки разделяют на постоянные и временные. К постоянным относятся фундаментальные реперы и рядовые знаки — грунтовые реперы, стенные реперы и марки.

Временными знаками могут служить деревянные столбы с якорями, врытые в землю, а также межевые знаки, валуны и другие местные предметы.

Фундаментальные реперы закладывают на нивелирных линиях I и II классов.

Грунтовыми и стенными реперами закрепляют линии всех классов через каждые 5—7 км. Грунтовые реперы (см. рис. 26) закладывают на глубину 0,5 м ниже наибольшей глубины промерзания грунта, но не менее 1,8 м от поверхности земли. На эту глубину закладывается бетонная плита, в которую вставляется железобетонный пилон и закрепляется цементным раствором. В верхней части пилона закладывается марка, которая должна находиться на глубине 50 см от поверхности земли. На расстоянии 1 м от репера устанавливают опознавательный столб с охранный плитой (рис. 136).

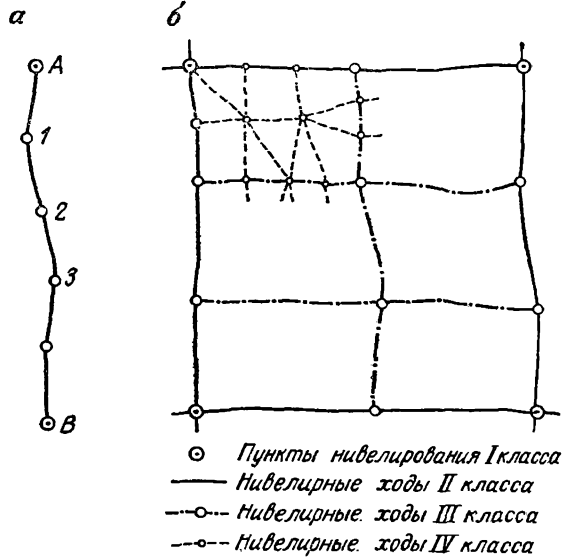


Рис. 135. Нивелирные сети

На линиях нивелирования III и IV классов верхняя часть репера (рис. 137) должна быть расположена на 50 см выше земной поверхности, а основание якоря на 20 см ниже границы наибольшего промерзания грунтов. Охранная плита в этом случае закладывается в боковую грань верхней части пилона. Вокруг репера выкапывают небольшую кольцевую канаву и насыпают курган. Отметка относится к марке репера.

Стенной нивелирный знак имеет вид, указанный на рис. 27. На диске репера надпись, указывающая наименование организации, производившей нивелировку, и номер репера. Стенные реперы устанавливают в цоколях зданий и других сооружений на высоте около 0,5 м от земли, для чего выбивают отверстие, напол-

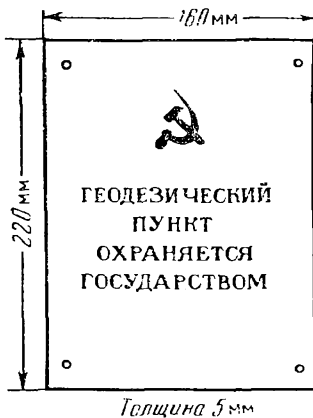


Рис. 136. Охранная плита

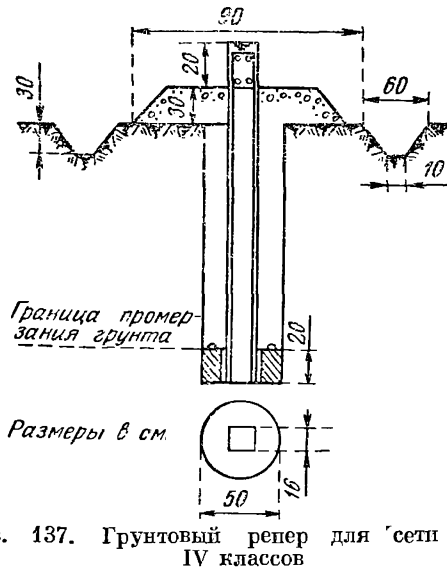


Рис. 137. Грунтовой репер для сети III—IV классов

няют его раствором цемента и вдавливают стержень репера в цемент с таким расчетом, чтобы плоскость диска выступала наружу на 4—5 см. Рядом со знаком закрепляют охранную плиту (см. рис. 136).

При нивелировании и привязках рейку ставят на ободок диска, к которому отнесена отметка репера.

Нивелирные знаки устанавливают в местах, в которых будут обеспечены удобство пользования знаком, устойчивость, прочность и сохранность.

В результате выполнения нивелирных работ и вычислительной обработки нивелирных сетей отдельных районов составляют каталоги отметок нивелирных знаков, в которых указывают номера и вид нивелирных знаков, их местоположение и значение отметок.

§ 60. СУЩНОСТЬ И СПОСОБЫ ГЕОМЕТРИЧЕСКОГО НИВЕЛИРОВАНИЯ

Геометрическим называют нивелирование, при котором превышение точек местности измеряют при помощи горизонтального визирного луча. Различают два способа геометрического нивелирования: из середины и вперед.

Н и в е л и р о в а н и е *из середины* (рис. 138, а). В точках *A* и *B* устанавливают рейки R_1 и R_2 в отвесном положении, а между ними на одинаковом расстоянии от реек — нивелир *I*. Нивелир — геодезический инструмент,

после установки которого на станции визирная ось его трубы занимает горизонтальное положение. Предположим, что EF — уровенная поверхность Земли, а AB_1 — уровенная поверхность точки A . Учитывая, что расстояние между точками AB невелико (менее 300 м), уровенные поверхности можно считать горизонтальными плоскостями, параллельными линии визирования. Отрезок BB_1 является превышением нивелируемых точек. Наведя последовательно нивелир на рейки и взяв отсчеты a и b , найдем, что

$$h = a - b. \quad (XI.1)$$

Точка A , отметка которой известна, называется задней. Точка B , отметку которой определяют, называется передней. Соответственно называют и устано-

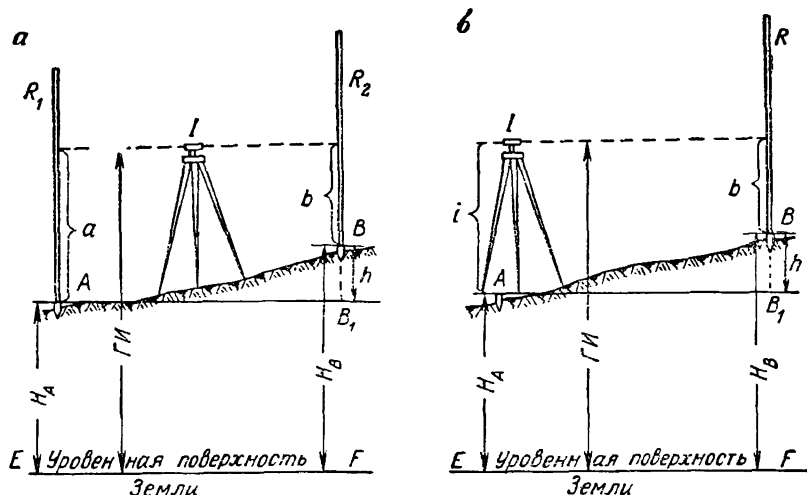


Рис. 138. Способы геометрического нивелирования:
а — из середины; б — вперед

вленные в них рейки, поэтому говорят, что превышение равно разности отсчетов по задней и передней рейкам.

Для геометрического нивелирования вперед (рис. 138, б) нивелир устанавливают над задней точкой A , а на передней точке B устанавливают рейку R . Измерив с помощью рулетки или рейки высоту нивелира i — расстояние от центра окуляра до точки A — и сделав отсчет по рейке b , найдем

$$h = i - b. \quad (XI.2)$$

Зная отметку задней точки H_A , отметку передней точки можно вычислить двумя способами:

1) через превышение

$$H_B = H_A + h, \quad (XI.3)$$

так как отметка последующей точки равна отметке предшествующей точки плюс превышение между ними;

2) через горизонт инструмента. Подставив в формулу (XI.3) значение h из (XI.1), получим

$$H_B = H_A + a - b.$$

Введем обозначение

$$ГИ = H_A + a, \quad (XI.4)$$

где ГИ — горизонт инструмента, который и является высотой визирного луча. Горизонт инструмента на данной станции равен отметке точки плюс отсчет по рейке, установленной в этой точке, или отметке точки плюс высота инструмента над этой точкой (см. рис. 138, б)

$$ГИ = H_A + i. \quad (XI.5)$$

Зная горизонт инструмента, получим отметку точки

$$H_B = ГИ - b, \quad (XI.6)$$

где b — отсчет по рейке.

Нивелирование с одной постановкой инструмента (станцией) называется простым. Между точками, значительно удаленными друг от друга, производят нивелирование через несколько станций, и тогда его называют сложным (рис. 139).

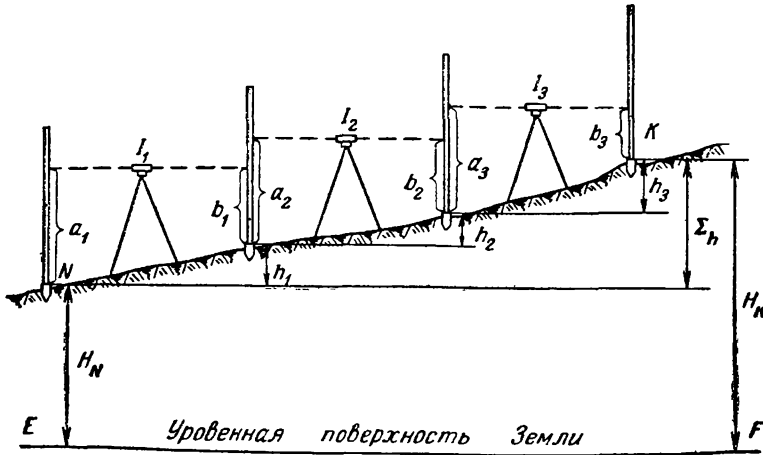


Рис. 139. Сложное нивелирование

В процессе сложного нивелирования точки, общие для двух смежных станций, называют связующими, а остальные — промежуточными. Нужно быть особенно внимательными при нивелировании связующих точек, так как ошибка, допущенная при этом, входит в отметки остальных точек. Превышение на каждой станции равно разности отсчетов по рейкам на связующих точках этой станции

$$h_1 = a_1 - b_1,$$

$$h_2 = a_2 - b_2,$$

$$h_3 = a_3 - b_3,$$

...

Если сложить правые и левые части этих равенств, получим

$$\sum h = \sum a - \sum b, \quad (XI.7)$$

которое обычно используют для контроля правильности вычислений. В то же время через сумму превышений по ходу получим отметку конечной точки

$$H_K = H_N + \sum h. \quad (\text{XI.8})$$

§ 61. ВЛИЯНИЕ КРИВИЗНЫ ЗЕМЛИ И РЕФРАКЦИИ НА РЕЗУЛЬТАТЫ НИВЕЛИРОВАНИЯ

Рассматривая принцип геометрического нивелирования, мы приняли ур-венную поверхность Земли за плоскость, рейки параллельными между собой, а идущий в атмосфере луч — прямолинейным.

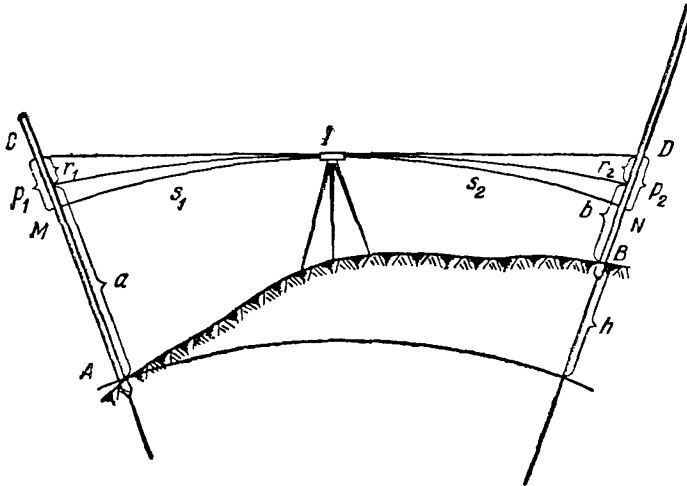


Рис. 140. Влияние кривизны Земли и рефракции на результаты нивелирования

В действительности рейки в точках *A* и *B* совпадают с отвесными линиями (рис. 140). Представим себе ур-венную поверхность нивелира *MIN*. Тогда превышение точек *A* и *B* равно

$$h = MA - NB. \quad (\text{XI.9})$$

Предположив, что линия визирования горизонтальна и прямолинейна, необходимо исправить взятые в точках *C* и *D* отсчеты по рейкам на величины p_1 и p_2 , т. е.

$$MA = CA - p_1,$$

$$NB = DB - p_2.$$

Величины p_1 и p_2 выражают влияние кривизны Земли на высоты точек и равны:

$$p_1 = MC = \frac{s_1^2}{2R},$$

$$p_2 = ND = \frac{s_2^2}{2R}.$$

где s_1 и s_2 — расстояния от нивелира до реек.

Теперь формула (XI.7) примет вид

$$h = (CA - p_1) - (DB - p_2).$$

Но такие отсчеты были бы получены, если бы не было рефракции, под влиянием которой визирный луч, преломившись в слоях земной атмосферы разной плотности, пойдет по кривой, обращенной вогнутостью к поверхности Земли, и уменьшит эти отсчеты на r_1 и r_2 , т. е. по задней рейке возьмем отсчет a , а по передней — b , следовательно,

$$CA = a + r_1,$$

$$DB = b + r_2,$$

поэтому окончательно формула превышения примет вид

$$h = (a + r_1 - p_1) - (b + r_2 - p_2). \quad (\text{XI.10})$$

Введем обозначения

$$\left. \begin{aligned} f_1 &= p_1 - r_1 \\ f_2 &= p_2 - r_2 \end{aligned} \right\}. \quad (\text{XI.11})$$

Величины f_1 и f_2 выражают совместное влияние кривизны Земли и рефракции на отсчеты по рейкам. Для луча, проходящего на высоте более 2 м от поверхности Земли, влияние рефракции r составляет приблизительно 14% от p , так что их суммарное влияние составит

$$f = p - r = p - 0,14p = 0,86 \frac{s^2}{2R} = 0,43 \frac{s^2}{R}. \quad (\text{XI.12})$$

Величина f достигает 1 мм на расстоянии примерно 120 м. Если влияние кривизны Земли учитывается точно, то влияние рефракции зависит от характера местности, времени дня, температуры, давления воздуха и других факторов и строго учтено быть не может.

Перепишем формулу (XI.10) с учетом обозначений (XI.11)

$$h = a - f_1 - b + f_2 = a - b + (f_2 - f_1). \quad (\text{XI.13})$$

При нивелировании из середины $s_1 = s_2 = s$, следовательно, можно принять $f_1 = f_2$, а разность их равной нулю. Таким образом, при нивелировании точно из середины влияние кривизны Земли и рефракции исключается. Это одно из преимуществ нивелирования из середины перед нивелированием вперед.

§ 62. НИВЕЛИРЫ И РЕЙКИ. ПОВЕРКИ НИВЕЛИРОВ

Современные нивелиры различаются по точности и способу установки визирной оси в горизонтальное положение.

По точности нивелиры делятся на три группы: высокоточные, предназначенные для нивелирования I и II классов, точные — для нивелирования III и IV классов и технические, предназначенные для инженерно-геодезических работ.

По второму признаку различают нивелиры, у которых визирная ось kw устанавливается в горизонтальное положение по скрепленному с трубой цилиндрическому уровню uu_1 , его схема представлена на рис. 141, а, а схема нивелира с самоустанавливающейся линией визирования — на рис. 141, б.

В соответствии с такой классификацией нивелирам присвоены марки Н1, Н2, Н3, НС2, НС3, НС4, НТ, НТС, — где цифрами обозначен класс нивелирования инструментом, буквой С — нивелиры с самоустанавливающейся визирной осью, Т — технические.

Нивелиры устанавливаются в рабочее положение сначала грубо с точностью 5—10' по круглому уровню, его ось на рисунке обозначена ОС. Точная установка

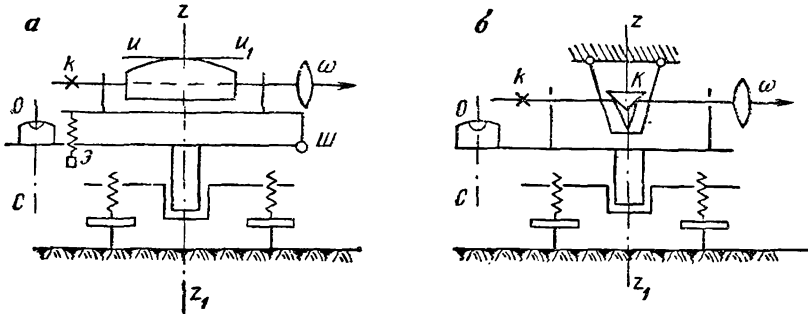


Рис. 141. Типы конструкций нивелиров:
а — нивелиры с уровнем; б — нивелиры с компенсатором

производится либо по цилиндрическому уровню с помощью элевационного винта Э, обеспечивающего небольшой поворот трубы с уровнем в шарнире Ш относительно алидадной части, либо автоматически с помощью компенсатора К. Современные оптико-механические компенсаторы легки, компактны и по точности стабилизации визирного луча превосходят жидкостные уровни. Нивелиры с компенсаторами проще в эксплуатации, имеют меньшее число проверок. Повышение производительности труда при работе с этими нивелирами составляет в зависимости от вида работ 10—60%.

Нивелир НС4 (рис. 142) предназначен для нивелирования IV класса, а также для технического нивелирования. Нивелир в рабочее положение устанавливается с помощью подъемных винтов по круглому уровню. Нивелир не имеет крепежного винта трубы. Его заменяет фрикционная осевая пара, создающая трение, необходимое для точного наведения трубы микрометричным винтом. Для грубого поворота трубы берутся за корпус и, преодолевая трение фрикционной пары, поворачивают нивелир в нужном направлении. Технические данные нивелира: увеличение зрительной трубы — 30×, цена деления круглого уровня — 15', предел работы компенсатора — 15', погрешность установки визирного луча в горизонтальное положение — 0,4", средняя квадратическая ошибка на 1 км хода — 8 мм, масса прибора со штативом — 5,5 кг.

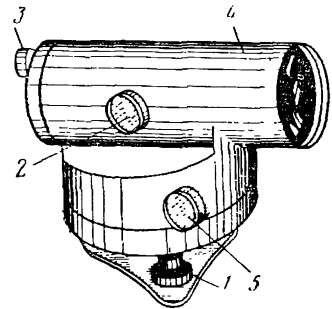


Рис. 142. Нивелир с компенсатором НС-4:

- 1 — подъемный винт подставки.
- 2 — кремальера для фокусировки изображения; 3 — окуляр;
- 4 — корпус зрительной трубы;
- 5 — бесконечный микрометричный винт

Нивелир с уровнем при трубе НТ (рис. 143) предназначен для технического нивелирования. Нивелир снабжен горизонтальным кругом и нитяным дальномером, что позволяет применять его на равнинной местности для съемки полярным способом.

Грубая установка нивелира производится по круглому уровню с помощью рукоятки станového винта, при этом становой винт вывинчивают на 1—1,5 оборота. Так как нет закрепительного и наводящего винтов, то для поворота трубы берутся за кожух и, преодолевая фрикционное трение осевой пары, визируют по верху удлиненного прицела, устанавливая трубу в нужном направлении. В процессе работы при переходах с точки на точку нивелир со штатива не снимается.

Цилиндрический уровень заключен в коробку вместе с системой призм, дающей возможность наблюдать за положением пузырька в поле зрения трубы.

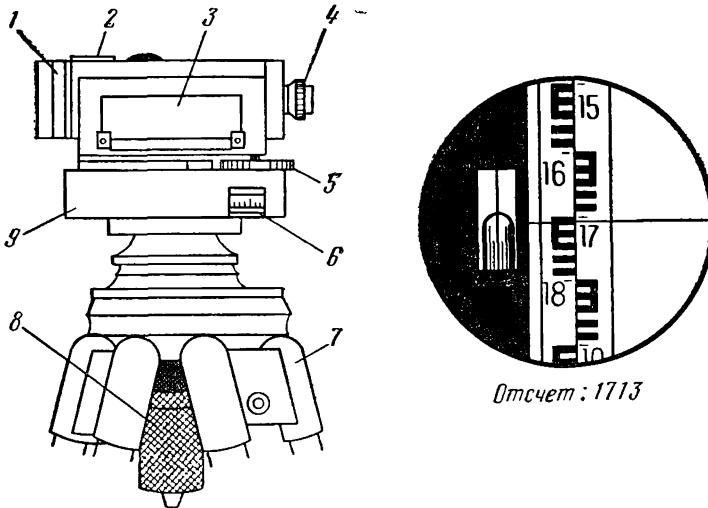


Рис. 143. Нивелир технический с уровнем НТ:

1 — зрительная труба; 2 — прицельное устройство; 3 — откидное зеркало цилиндрического уровня; 4 — окуляр; 5 — элевационный винт; 6 — деления лимба; 7 — штатив; 8 — рукоятка станového винта; 9 — кожух горизонтального круга

Такой уровень называется контактным, так как положению пузырька его в нульпункте соответствует оптический контакт изображений его концов. При наклоне оси уровня изображения концов пузырька расходятся. Отсчет по рейке берут в момент контакта концов пузырька.

Технические данные нивелира: увеличение зрительной трубы — $23\times$, цена деления круглого уровня — $10'$, цена деления контактного уровня — $45''$, цена деления горизонтального круга — 1° , коэффициент дальномера — 100, средняя квадратическая ошибка на 1 км хода — 15 мм, масса нивелира со штативом — 6,2 кг.

Большое распространение получил нивелир с уровнем при трубе НЗ (рис. 144) и аналогичный ему, выпускавшийся ранее НВ-1. Нивелир предназначен для нивелирования III класса. Его можно применять для нивелирования IV класса и для технического нивелирования. В отличие от нивелира НТ у него нет горизонтального круга, но есть закрепительный и наводящий винты трубы. В рабочее положение нивелир устанавливается с помощью круглого уровня, а контакта концов пузырька цилиндрического уровня в поле зрения зрительной трубы в момент отсчета добиваются элевационным винтом. Технические данные нивелира: увеличение зрительной трубы — $31\times$, цена деления

цилиндрического уровня — 17—23", коэффициент дальномера — 100, цена деления круглого уровня — 7', масса нивелира со штативом — 7 кг.

Проверки нивелиров. После внешнего осмотра нивелира производят его проверки.

1. *Ось круглого уровня должна быть параллельна оси вращения нивелира.* Для выполнения проверки надо привести пузырек круглого уровня на середину, повернуть корпус нивелира на 180° . При смещении пузырька более чем на $1/4$ деления производится юстировка: исправительными винтами уровня смещают пузырек к центру ампулы уровня на половину дуги отклонения. Проверку повторяют до тех пор, пока пузырек не будет отклоняться более чем на 0,1—0,2 деления.

2. *Горизонтальная нить сетки должна быть перпендикулярна к вертикальной оси вращения нивелира.* Приводят ось вращения нивелира в отвесное положение. Устанавливают в 20—50 м от прибора нивелирную рейку и наводят на нее трубу сначала левым, а затем правым краем поля зрения, отсчитывая по горизонтальной нити сетки. У нивелиров с контактным уровнем следят, чтобы пузырек находился в контакте. Горизонтальная нить считается установленной правильно, если разность отсчетов не превышает 1 мм. При наличии перекоса сетки производят поворот ее, используя эллиптичность прорезей для юстировочных винтов.

Следует иметь в виду, что в заводских условиях эта проверка выполняется очень тщательно. Поэтому к выполнению юстировки сетки следует прибегать

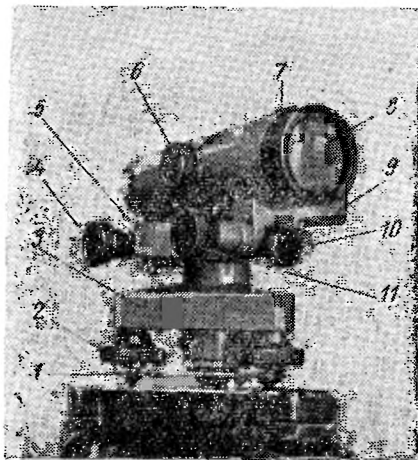


Рис. 144. Нивелир НЗ:

1 — пружинящая пластинка; 2 — подъемный винт; 3 — трегер; 4 — зевапонный винт; 5 — круглый уровень; 6 — кремальера фокусировки изображения; 7 — прицел; 8 — объектив; 9 — корпус контактного цилиндрического уровня; 10 — закрепительный винт; 11 — наводящий (микрометричный) винт трубы

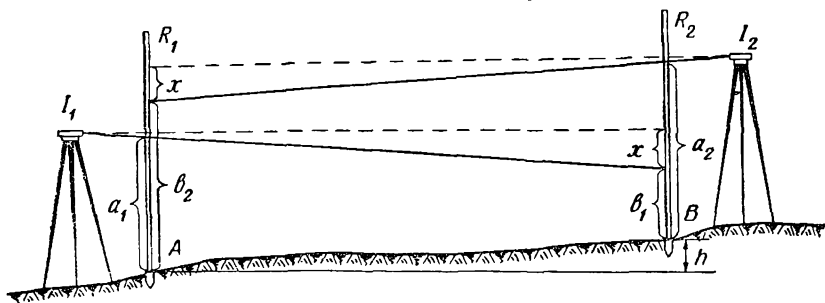


Рис. 145. Проверка главного условия нивелира

лишь в случаях действительной необходимости, так как точная установка сетки является весьма трудоемкой операцией.

3. *Компенсатор нивелира должен быть исправен.* Приводят ось вращения нивелира в отвесное положение. Наводят трубу нивелира на рейку, удаленную на 40—50 м, и производят отсчет. Глядя в окуляр, слегка постукивают рукой

по штативу. При исправном компенсаторе в моменты постукивания изображение рейки становится нерезким из-за дрожания висячего компонента компенсатора и восстанавливается через 1—2 с. Отсчет по рейке при этом должен оставаться неизменным.

4. *Визирный луч нивелира в рабочем положении должен быть горизонтален* (главное условие нивелира). На ровной площадке закрепляют две точки *A* и *B* на расстоянии 50—75 м (рис. 145) и в них устанавливают рейки. Нивелир ставят на расстоянии 3—5 м от точки *A*. Приводят пузырек уровня в нульпункт и берут отсчеты a_1 и b_1 по рейкам. Если бы визирный луч был горизонтален (такое положение показано пунктиром), то разность отсчетов была бы превышением h . Но вследствие неправильной работы компенсатора или вследствие непараллельности визирной оси и оси цилиндрического уровня визирный луч негоризонтален и отсчет в том положении, которое показано на рисунке, преуменьшен на величину x , следовательно,

$$h = a_1 - (b_1 + x),$$

где величина x нам пока неизвестна. Отсчет a также искажен на величину, которая значительно меньше x , поэтому мы ее не учитываем.

Перенесем нивелир на станцию I_2 , расположенную от точки *B* на расстоянии 3—5 м, и возьмем отсчеты a_2 и b_2 . Здесь визирный луч займет такое же положение, как и на I_1 , поэтому, рассуждая аналогично, обратное превышение найдем по формуле

$$h = (b_2 + x) - a_2.$$

Приравняв эти выражения

$$a_1 - (b_1 + x) = (b_2 + x) - a_2,$$

и решив относительно x , найдем

$$x = \frac{a_1 + a_2}{2} - \frac{b_1 + b_2}{2}. \quad (\text{XI.14})$$

Рис. 146. Рейки нивелирные

Если $x \leq 4$ мм, условие выполнено. В противном случае требуется юстировка, которая в разных нивелирах выполняется по-разному.

Прежде всего для нивелира на станции I_2 вычисляют отсчет по дальней рейке, который должен был быть, если бы условие выполнялось

$$b_2^* = b_2 + x. \quad (\text{XI.15})$$

У нивелира НС4 этот отсчет устанавливают вертикальными исправительными винтами сетки нитей. Для этого сначала элевационным винтом наводят сетку на верный отсчет b_2^* , отчего контакт пузырька уровня нарушается. Исправительными винтами передвигают хвостовик уровня по высоте, добываясь контакта концов пузырька уровня в окуляре.

После юстировки поверку повторяют, убеждаясь, что условие выполнено.

Нивелирные рейки (рис. 146), употребляемые при нивелировании IV класса и техническом нивелировании, состоят из двух брусков, шарнирно соединенных между собой. В рабочем положении длина реек равна 3 и 4 м, пифр их соответственно РН3 и РН4; ширина реек 8—10 см, толщина 2—3 см. На рейках нанесены папечные сантиметровые деления и подписаны значения деци-

метров снизу вверх. Чтобы предохранить рейки от деформаций, их изготавливают двутаврового сечения, прикрепляя к краям бортики. Верх и низ рейки оковывают железом, причем низ рейки (пятка) должен быть строго плоским. Деления на одной стороне рейки черного цвета и начинаются с нуля, на другой стороне красные и начинаются с некруглого числа, например 4682 мм.

Вид рейки в поле зрения трубы нивелира показан на рис. 143. При взятии отсчетов следует помнить, что начало дециметра совпадает с верхом цифры. Первые пять сантиметров каждого дециметра объединены вертикальной чертой в виде буквы Е. Отсчет по рейке состоит из четырех цифр: первые две — номер дециметра, подписанного на рейке, третья цифра — число целых сантиметров от начала дециметра до горизонтальной нити сетки, четвертая цифра — число миллиметров, оцененное на глаз.

§ 63. ПОДГОТОВКА ТРАССЫ ДЛЯ ТЕХНИЧЕСКОГО НИВЕЛИРОВАНИЯ. ПИКЕТАЖНЫЙ ЖУРНАЛ

При строительстве дорог, трубопроводов, каналов и других вытянутых объектов производится техническое нивелирование по предварительно намеченной линии — оси будущего сооружения, которая называется трассой, — для составления профиля местности по этой линии и плана узкой полосы вдоль нее; такое нивелирование называется продольным; попутно в характерных местах производят поперечное нивелирование.

В соответствии с проектом (рис. 147) будущего сооружения, составленным на плане или карте, на местность переносят и закрепляют столбами заданные направления или поворотные точки. Затем измеряют углы поворота θ , образуемые предшествующим направлением трассы и новым ее направлением, при этом различают левые $\theta_{л}$ и правые $\theta_{п}$ углы поворота. Одновременно с измерением углов поворота производят провешивание линий, для чего при необходимости применяют теодолит.

Линии трассы часто сопрягаются между собой кривыми, простейшей из которых является круговая кривая (рис. 148). Для разбивки ее на местности необходимо иметь угол поворота θ (его измеряют), радиус кривой R (его назначают в зависимости от вида сооружения, условий местности и т. д.), длину касательной $AB = BC = T$ — тангенс, длину кривой $AMC = K$, биссектрису $BM = B$, домер D , которые вычисляют по известным θ и R , используя формулы:

$$T = R \operatorname{tg} \frac{\theta}{2}, \quad (\text{XI.16})$$

$$K = \frac{\theta}{180^\circ} \pi R, \quad (\text{XI.17})$$

$$B = OB - OM = \frac{R}{\cos \frac{\theta}{2}} - R = R \left(\frac{1}{\cos \frac{\theta}{2}} - 1 \right) = R \left(\sec \frac{\theta}{2} - 1 \right), \quad (\text{XI.18})$$

$$D = 2T - K. \quad (\text{XI.19})$$

Чтобы облегчить вычисления по этим формулам, составлены специальные таблицы для разбивки кривых.

Начало HK , середина CK и конец KK кривой называются главными точками кривой.

От закрепленного начала трассы производится разбивка пикетажа, которая заключается в измерении трассы с разбивкой ее на пикеты — отрезки,

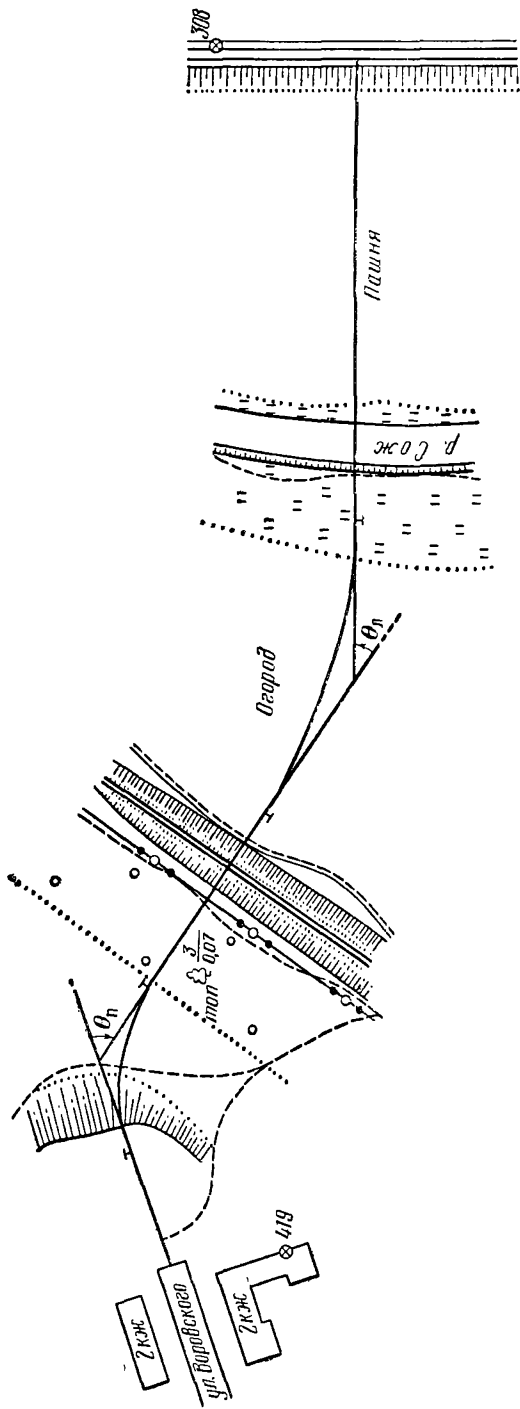


Рис. 147. Ось трассы автодороги, нанесенная на план

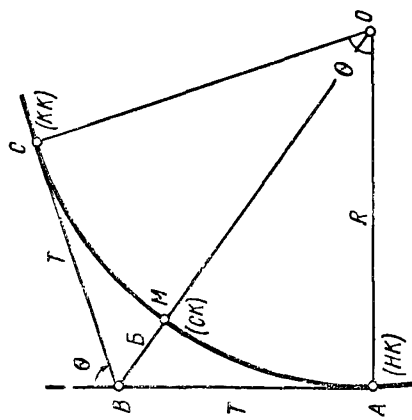


Рис. 148. Элементы круговой кривой

горизонтальное проложение которых равно 100 м. Пикеты закрепляются кольями, забиваемыми вровень с землей. Рядом с пикетным колом забивают второй кол — «сторожок», который возвышается над землей и на обращенной к пикету стороне которого пишется номер пикета. Пикеты нумеруются по порядку, начиная с ПКО, который соответствует началу трассы, так что номер пикета показывает число сотен метров от начала трассы. Кроме того, кольями закрепляют характерные места трассы (перегибы поверхности земли, главные точки кривой, урезы воды и т. д.) это так называемые плюсовые точки, на их сторожках пишутся номер предыдущего пикета и расстояние до него от ближайшего пикета. В процессе разбивки пикетажа ведут съемку ситуации, результаты которой отражаются в пикетажном журнале (рис. 149). Ось трассы показана в нем условно в виде прямой линии с обозначением углов поворота стрелками вправо или влево. На оси трассы показаны все закрепленные на местности пикетные и плюсовые точки, поперечники и расположенные на них точки (ПКО + 78, ПКО + 78 л 25 — верх откоса, ПКО + 78 п 25 — низ откоса и т. д.).

В пикетажном журнале помещают расчеты, необходимые для разбивки главных точек кривой. Так, зная пикетажное значение вершины угла поворота ВУП, находят пикетажное значение главных точек кривой по формулам

$$\left. \begin{aligned} НК &= ВУП - T \\ КК &= НК + K \end{aligned} \right\} \quad (XI.20)$$

Для контроля его вычисляют вторично по формуле

$$КК = ВУП + T - Д. \quad (XI.21)$$

Примеры вычислений приведены в пикетажной книжке.

Ширина снимаемой полосы зависит от вида будущего сооружения. Обычно в полосе по 25 м в обе стороны от оси трассы съемка ведется инструментально, а дальше глазомерно. Удобно, когда страницы пикетажного журнала

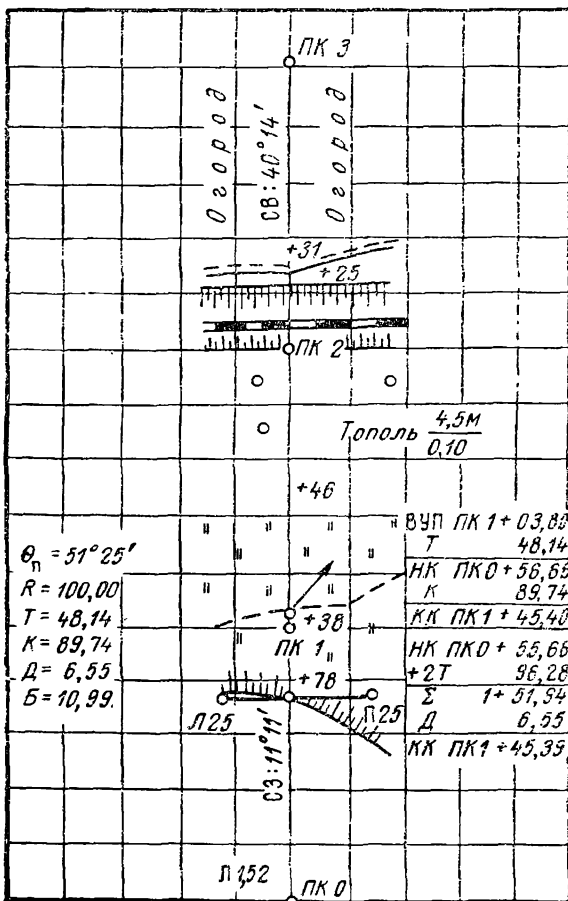


Рис. 149. Пикетажный журнал трассы

изготовлены из клетчатой бумаги со стороной клетки 1 см; принимают, что на местности ей соответствует 20 м.

Начало кривой на местности находят, отложив от соответствующей пикетной точки вычисленное пикетажное расстояние (например, от ПК0 отложено 56,66 м для первой кривой); точку закрепляют колышком и сторожком с надписью НК. Далее при помощи теодолита делят угол между сторонами трассы пополам и на полученном направлении откладывают длину биссектрисы B , получая середину кривой CK .

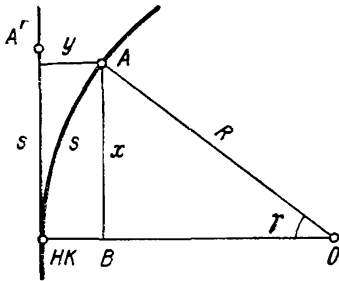


Рис. 150. Вынос точек с тангенса на кривую

Начиная разбивку пикетажа по следующей прямой, сдвигают ленту вперед на домер, поскольку измерения выполняют по тангенсам, а счет пикетажа идет по кривой. От этой точки продолжают разбивку пикетажа, закрепляя пикетные точки и конец кривой $КК$, согласно его пикетажному значению.

Все пикетные точки, оказавшиеся на тангенсах, переносят на кривую. Пусть, например, это будет точка A' (рис. 150), расположенная на расстоянии s от начала кривой. Это расстояние нужно выдержать и по кривой. Зная радиус кривой R из выражения

$$\frac{\gamma}{s} = \frac{360^\circ}{2\pi R},$$

найдем центральный угол γ , соответствующий дуге s

$$\gamma = \frac{180^\circ}{\pi} \frac{s}{R}. \quad (\text{XI.22})$$

Теперь, приняв направление тангенса за ось абсцисс, а направление радиуса из начала кривой за ось ординат, вычислим прямоугольные координаты точки A , расположенной на кривой. Из прямоугольного треугольника AOB имеем:

$$x = R \sin \gamma; \quad (\text{XI.23})$$

$$y = R - R \cos \gamma = 2R \sin^2 \frac{\gamma}{2}. \quad (\text{XI.24})$$

На местности, отложив вдоль тангенса от начала кривой значение x , экером строят перпендикуляр и на нем откладывают значение y . Полученную точку закрепляют.

§ 64. ПРОДОЛЬНОЕ И ПОПЕРЕЧНОЕ НИВЕЛИРОВАНИЕ ТРАССЫ. НИВЕЛИРНЫЙ ЖУРНАЛ

Для определения высот точек трассы, закрепленных в процессе разбивки пикетажа, по ним прокладывают нивелирный ход, который должен быть привязан к реперам существующей нивелирной сети. Нивелирование производится способом из середины. Нормальное расстояние от нивелира до реек — 100 м, при благоприятных условиях оно может быть увеличено до 150 м. На каждой станции две точки пикетажа являются связующими, остальные нивелируемые с данной станцией — промежуточными. Как правило, связующими точками служат пикеты, но в зависимости от рельефа местности такими точками могут

№ станций	№ нивелируемых точек	Отсчеты по рейкам			Превышения, мм	
		задние	передние	промежуточные	вычисленные	средние
1	<i>Рн419</i>	2723 (1)				
	<i>ПК 2</i>	7410 (2)			-0826 (5)	-0827 (7)
	<i>ПК 0</i>		3549 (3)		-0828 (6)	
	<i>ПК0 + 76</i>		8238 (4)	0107 (8) 0288		

быть и плюсовые точки. В том случае, когда разность отметок двух смежных точек трассы превышает длину рейки, вследствие чего визирный луч с одной стороны идет в землю, а с другой стороны — выше рейки, закрепляют икссовую точку (рис. 151) и передают отметку сначала на икссовую точку, а затем на следующую точку трассы. Поскольку икссовая точка служит лишь для передачи отметки, а не для выражения рельефа, расстояние от нее до пикетов не измеряют. Икссовую точку закрепляют колом с хорошо опиленной головкой.

После устойчивой установки штатива на станции приводят пузырек круглого уровня на середину; нивелирные рейки устанавливают на связующие точки данной станции. Отсчеты берут по черной и красной сторонам задней рейки, затем по черной и красной сторонам передней рейки. У нивелира с контактным уровнем перед самым отсчетом следует добиться контакта концов пузырька с помощью элевационного винта. Результаты отсчетов записывают в нивелирный журнал (табл. 17) и контролируют их качество.

Для этого дважды вычисляют превышение по черным и красным сторонам реек. Допустимое расхождение между ними 5 мм. Если этот допуск выдерживается, выводят среднее превышение. Затем задний реечник последовательно устанавливает рейку на промежуточные точки, и по ней берут отсчеты только по черной стороне.

При переходе на следующую станцию передний реечник остается на месте и становится задним, а задний становится передним.

Точки поперечников нивелируют одновременно с остальными и с тех же станций; в большинстве случаев как промежуточные. Если при этом нужно сделать несколько станций, образуя нивелирный ход в сторону, то последняя

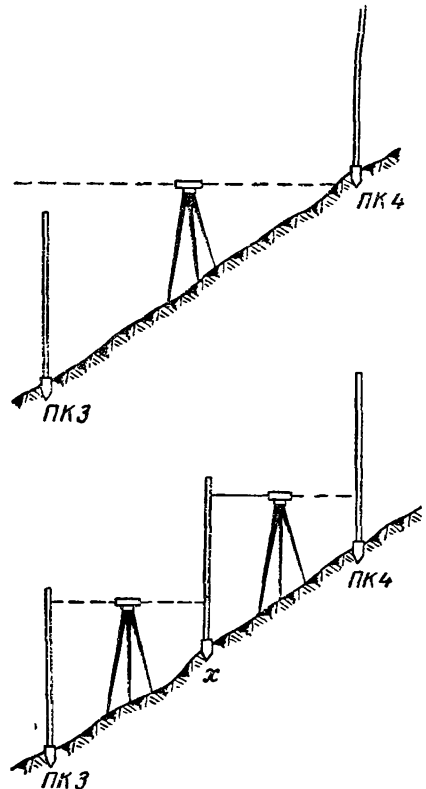


Рис. 151. Нивелирование через икссовую точку

связующая точка этого хода должна быть связана с основным ходом. Начало, конец, а если можно то и другие точки основного нивелирного хода привязывают к реперам с известными отметками. В этом случае ход прокладывают только в одном направлении. Если вблизи места работ реперов нет, то устанавливают временный репер — кол длиной ~40 см, диаметром 6—8 см с забитым в торце гвоздем, на который ставят рейку. Нивелирный ход при этом прокладывают прямо и обратно. В прямом ходе нивелируют связующие и промежуточные точки, а в обратном — только связующие.

Г л а в а XII

КАМЕРАЛЬНАЯ ОБРАБОТКА МАТЕРИАЛОВ НИВЕЛИРОВАНИЯ

§ 65. СОДЕРЖАНИЕ И ПОРЯДОК ОБРАБОТКИ МАТЕРИАЛОВ НИВЕЛИРОВАНИЯ

Вычислительная обработка журнала нивелирования начинается с тщательной проверки полевых записей. Выполняют контрольные постраничные подсчеты, используя формулу (XI.7). Для этого сначала находят итоговые суммы задних Σa и передних Σb отсчетов, затем вычисленных $\Sigma h_{\text{выч}}$ и средних $\Sigma h_{\text{ср}}$ превышений. Например, на первой странице журнала (табл. 18) получили: $\Sigma a = 19850$, $\Sigma b = 35663$, $\Sigma h_{\text{выч}} = -15813$, $\Sigma h_{\text{изм}} = -7906,5$; поэтому

$$\frac{\Sigma a - \Sigma b}{2} = \frac{\Sigma h_{\text{выч}}}{2} = \Sigma h_{\text{изм}} = \frac{19850 - 35663}{2} = \frac{-15813}{2} = -7906,5,$$

т. е. контроль выполняется.

Если постраничные контроли выполняются, вычисляют итоговую сумму средних превышений по всему ходу, как сумму постраничных сумм средних превышений $\Sigma h_{\text{изм}}$, и записывают в конце журнала. Теоретическую сумму получают на основании формулы (XI.8) как разность заданных отметок конечного и начального реперов

$$\Sigma h_{\text{теор}} = H_{\text{к}} - H_{\text{н}}. \quad (\text{XI.1})$$

В нашем примере

$$\Sigma h_{\text{теор}} = H_{\text{Pn308}} - H_{\text{Pn419}} = 166,613 - 168,855 = -2,242.$$

В случае замкнутого хода сумма превышений должна равняться нулю. Показателем точности работ является невязка f_h , равная

$$f_h = \Sigma h_{\text{изм}} - \Sigma h_{\text{теор}}, \quad (\text{XI.2})$$

которая не должна превышать предельную, определяемую по формуле

$$f_{h_{\text{доп}}} = 50 \sqrt{L}, \quad (\text{XI.3})$$

где 50 мм — допустимая ошибка на 1 км хода при техническом нивелировании; L — длина хода в километрах.

В нашем примере длина хода $L = 0,8$ км и полученная невязка $f_h = +16,5$ мм меньше допустимой $f_{h_{\text{доп}}} = 50 \sqrt{0,8} = \pm 45$ мм.

Если же невязка окажется недопустимой и ошибок в вычислениях нет, следует повторить нивелирование связующих точек.

Невязку распределяют с обратным знаком на все превышения поровну, отступая от этого правила при необходимости устранить дробные части миллиметров в превышениях.

Сумма среднего превышения с введением поправки даст значение увязанного превышения. Сумма увязанных превышений должна быть равна теоретической сумме превышений. Затем последовательно вычисляют отметки связующих точек, начиная с отметки начального репера. Отметка последующей точки равна отметке предыдущей плюс превышение (XI.3). В данном случае отметка пикета второго равна

$$H_{ПК2} = H_{Рн19} + h_{ус} = 168,855 + (-0,830) = 168,025,$$

которую записывают против *ПК2*; затем вычисляют отметку третьего пикета $168,025 + (-3,626) = 164,399$, которую записывают против *ПК3*, и т. д. В заключение должна получиться отметка конечного репера $H_{Рн308} = 166,613$, что является контролем правильности вычислений.

Отметки промежуточных точек вычисляют через горизонт инструмента (XI.5).

Горизонт инструмента на первой станции получен как сумма отметки репера и отсчета по черной стороне рейки на репере

$$ГИ_1 = H_{Рн19} + a_{черн} = 168,855 + 2,723 = 171,578;$$

на второй станции это сумма отметки *ПК2* и соответствующего отсчета

$$ГИ_2 = H_{ПК2} + a_{черн} = 168,025 + 0,048 = 168,073.$$

Если нет промежуточных отсчетов, нет надобности вычислять горизонт инструмента, например станции 5, 6, 7.

Отметка *ПК0* получена как отметка промежуточной точки, для этого из горизонта инструмента первой станции вычли отсчет по рейке на *ПК0*

$$H_{ПК0} = ГИ_1 - b_{ПК0} = 171,578 - 0,107 = 171,471.$$

Вычислением отметок точек заканчивается обработка нивелирного журнала.

§ 66. СОСТАВЛЕНИЕ ПРОФИЛЯ ТРАССЫ

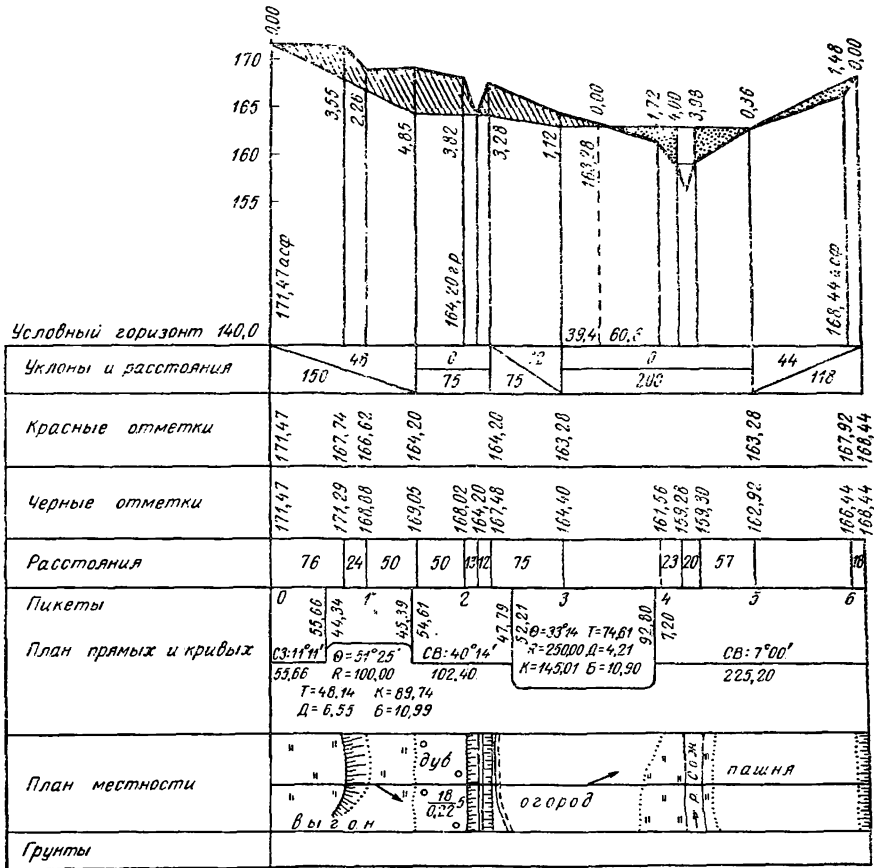
Для проектирования и строительства линейного сооружения составляют продольный профиль трассы. Он составляется на основании данных пикетажного и нивелирного журналов на миллиметровой бумаге. Для большей выразительности вертикальный масштаб профиля принимают в 10 раз крупнее горизонтального. Различные данные профиля помещают в отдельных графах, которые в совокупности называются профильной сеткой. Профильные сетки для разных сооружений будут иметь различное содержание. На рис. 152 представлен профиль трассы автомобильной дороги.

Построение профиля начинают с заполнения графы «расстояния», куда заносят положение пикетов и плюсовых точек путем проведения ординат и подписывают расстояние между смежными точками. Расстояние в 100 м (пикеты) не подписывают. Под нижней линией графы выписывают номера пикетов.

Затем из журнала нивелирования выписывают округленные до 0,01 м отметки пикетных и промежуточных точек в графу «черные отметки».

Ход от стеного репера № 419 до грунтового репера № 308 (страница 1)

№ станции	№ нивелируемых точек	Отсчеты по рейкам			Превышения, мм			Отметки точек, м	Примечания
		задние	передние	промежуточные	вычисленные	средние	указанные		
1	Рн419	2723			-0826	-3	171,578	168,855	Асфальт
	ПР2	7410	3549		-0828	-0827		168,025	
	ПКО		0238	0107				171,471	
	ПКО + 76			0288				171,290	
	+76м25			0419				171,159	
2	+76м25			2967				168,611	Головка рельса
	ПР1			2703				168,875	
	ПР1 + 50			2531				169,047	
3	ПР2	0048			-3624	-2	168,073	168,025	Головка рельса
	ПР3	4736	3672		-3624	-3626		164,399	
	ПР2 + 13 ПР2 + 25		8360	3876 0597				164,197 167,476	
3	ПР3	0122			-3457	-2,5	164,521	164,399	
	ПР4	4811	3579	2962	-3454	-3458		160,941 161,559	
Итого по странице		19850	35663		-15813	-7906,5		-7906,5	
Контроль		$\frac{19\ 850 - 35\ 663}{2} = -$		$\frac{-15\ 813}{2} = -$	$\frac{-7906,5}{2} = -$				



Масштабы: горизонтальный 1:5000
вертикальный 1:500

Рис. 152. Профиль трассы автодороги

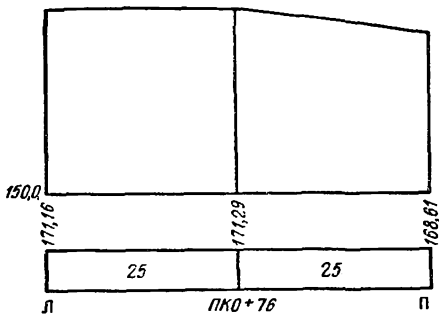


Рис. 153. Поперечный профиль

Масштабы: горизонтальный 1:500
вертикальный 1:500

В графе «План прямых и кривых» по данным пикетажной книжки вычерчивают прямые вставки, а между ними строят скобообразные закругления, обращенные выпуклостью вверх при повороте трассы вправо и — вниз при повороте ее влево. От начала и конца кривых проводят вертикальные линии вверх до нижней линии графы «Расстояния». По обеим сторонам этих линий выписывают расстояния до соседних пикетов. Возле кривой указывают ее элементы. Для прямых вставок указываются направления (румбы) и длины их.

Графу «План местности» заполняют на основании пикетажного журнала. По оси графы наносят красную линию и красными стрелками указывают места поворота трассы. Ситуацию вычерчивают условными знаками (иногда подписывают).

На нулевом пикете, над линией условного горизонта, перпендикулярно к ней, в масштабе для вертикальных расстояний строят шкалу высот, при помощи которой без применения измерителя и масштабной линейки откладывают отметки нивелировавшихся точек. Соединяя прямыми построенные смежные точки, получают продольный профиль трассы. Отметку условного горизонта назначают из такого расчета, чтобы линия профиля была на расстоянии не меньше 3—4 см от линии условного горизонта.

Правее продольного профиля или над теми точками трассы, где они разбиты, строят поперечные профили (рис. 153). Горизонтальный и вертикальный масштабы для поперечных профилей одинаковы и обычно равны вертикальному масштабу продольного профиля. Профильная сетка для них сокращенная и в данном случае составлена из двух граф: «Черные отметки» и «Расстояния». Под поперечником указывается пикетажное значение точки, на которой он разбит. Построение поперечника аналогично построению продольного профиля.

§ 67. НАНЕСЕНИЕ НА ПРОФИЛЬ ПРОЕКТНОЙ ЛИНИИ. ВЫЧИСЛЕНИЕ КРАСНЫХ, РАБОЧИХ И СИНИХ ОТМЕТОК

Строительство того или иного линейного сооружения связано с изменением поверхности трассы, которое на профиле отражается проектной или красной линией. Это название связано с тем, что все проектируемое показывается на профиле красным цветом.

При проведении проектной линии руководствуются соответствующими нормами и правилами. Начинают с определения красных отметок точек в характерных местах, через которые должна пройти красная линия: начало и конец трассы, пересечения с существующими инженерными сооружениями. Назначенные отметки наносят на профиль, соединяя их красной линией. При проведении проектной линии необходимо стремиться к минимуму земляных работ, по возможности выдерживая равенство объемов насыпей и выемок, не превышая предельного уклона и учитывая другие требования. При необходимости назначают перегибы проектной линии, совмещая их с точками, имеющими черные отметки.

На участке между двумя смежными точками перегибов определяют уклон проектной линии, используя формулу

$$i = \frac{H_k - H_n}{d}, \quad (\text{XII.4})$$

где H_n и H_k — красные отметки начала и конца участка одного уклона; d — горизонтальное проложение участка.

Например, отметка начала трассы (см. рис. 153) принята равной отметке асфальта существующей дороги $H_{ПК0} = 171,47$, перегиб назначен на $ПК1 + 50$, где начинается горизонтальный участок перед переездом через подъездной железнодорожный путь, с отметкой, равной отметке головки рельса, т. е. $H_{ПК1+50} = 164,20$; поэтому уклон здесь будет равен

$$i = \frac{164,20 - 171,47}{150} =$$

$$= \frac{-7,27}{150} = -0,048.$$

Сведения о величине уклонов и их протяженности указываются в графе «Уклоны и расстояния». Знак уклона не пишется, а показывается диагональю, идущей сверху вниз, если уклон отрицательный, и снизу вверх, если уклон положительный. Над диагональю

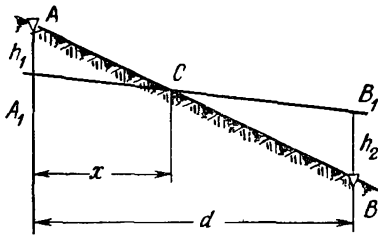


Рис. 154. Точка нулевых работ

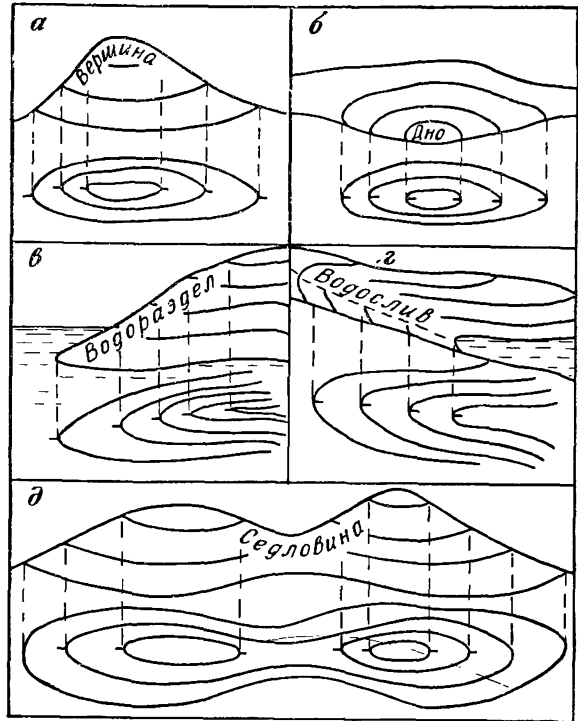


Рис. 155. Изображение основных форм рельефа горизонталями:

а — гора; б — котловина; в — хребет; г — лощина; д — седловина

пишется уклон в тысячных, а под ней — протяженность участка с этим уклоном.

Красные отметки пикетов и плюсовых точек, лежащих между началом и концом линии одного уклона, вычисляют, преобразовав формулу (XII.4) к виду

$$H_p = H_n + id_p, \quad (\text{XII.5})$$

где d_p — получают, руководствуясь графой расстояний.

Например, красная отметка $ПК0 + 76$ (см. рис. 156) равна

$$H_{ПК0+76} = 171,47 + (-0,048) \cdot 76 = 171,47 - 3,73 = 167,74.$$

Все проектные отметки записывают красным цветом в графу «Красные отметки».

Разность между красной и черной отметками в одной и той же точке называется рабочей отметкой. Если она положительная (насыпь), ее пишут над проектной линией, а если она отрицательная (выемка), ее пишут под проект-

ной линией красным цветом. Рабочая отметка, таким образом, показывает величину насыпи или выемки.

Точку пересечения проектной линии с линией профиля называют точкой нулевых работ. Ее следует закрепить на местности, а для этого вычислить расстояния от нее до смежных пикетов или плюсовых точек, уже имеющих на местности.

Горизонтальное проложение x (рис. 154) от точки A до точки нулевых работ C найдем, воспользовавшись подобием треугольников AA_1C и CB_1B , из которого следует

$$\frac{h_2}{h_1} = \frac{d-x}{x},$$

где h_1 и h_2 — рабочие отметки в точках A и B соответственно, а d — расстояние между ними, откуда

$$x = \frac{h_1 d}{h_1 + h_2}. \quad (\text{XII.6})$$

Например, рабочая отметка $ПК3$ (см. рис. 152) $h_3 = -1,12$, а $ПК4$ $h_4 = +1,72$, поэтому расстояние от $ПК3$ до точки нулевых работ равно

$$x = \frac{1,12 \cdot 100}{1,12 + 1,72} = 39,4.$$

Для контроля вычислим расстояние от $ПК4$ до точки нулевых работ:

$$y = \frac{1,72 \cdot 100}{1,12 + 1,72} = 60,6.$$

Контроль заключается в том, что сумма этих расстояний x и y должна составить общее расстояние d . В данном случае $x + y = 39,4 + 60,6 = 100,0$ м, т. е. контроль выполняется.

Расстояние от точки нулевых работ до точек пикетажа в целых метрах подписывается по обе стороны от ординаты этой точки выше линии условного горизонта.

Отметку точки нулевых работ называют синей отметкой. Ее значение определяют по формуле

$$H_C = H_A + ix. \quad (\text{XII.7})$$

В данном случае (см. рис. 152) она равна

$$H_{ПК3+39} = H_{ПК3} + id_{39} = 163,28 + 0,00 \cdot 39 = 163,28,$$

поскольку проектная линия горизонтальна.

Синюю отметку записывают вдоль ординаты точки нулевых работ. Все данные, относящиеся к точке нулевых работ, оформляют синим цветом.

Г л а в а XIII

НИВЕЛИРОВАНИЕ ПОВЕРХНОСТИ

§ 68. ИЗОБРАЖЕНИЕ РЕЛЬЕФА НА ПЛАНАХ И КАРТАХ

Как было отмечено (см. § 56), под рельефом местности подразумевается совокупность неровностей земной поверхности. Изображение рельефа местности на картах и планах наталкивается на особые трудности, вытекающие из того, что рельеф есть пространственный объект, а его нужно представить на плоскости.

Для изображения рельефа местности на планах и картах применяют условные обозначения, которые давали бы представление о формах рельефа земной поверхности, крутизне скатов, отметках точек и превышениях. Существует несколько способов изображения рельефа.

Рельеф местности на плане можно представить **н а д п и с я м и о т м е т о к** характерных точек. При большом числе этих надписей по ним можно судить о формах рельефа и о крутизне скатов, однако при этом обилие надписей делает план трудночитаемым и не дает наглядного представления о рельефе местности.

Наглядное представление о формах рельефа и крутизне скатов дает способ **ш т р и х о в** (гашюр), которые наносят параллельно скату по принципу: чем круче скат, тем толще штрих. Недостаток этого способа в том, что по плану со штрихами трудно судить о превышениях между точками земной поверхности. Кроме того, обилие штрихов ухудшает читаемость планов и карт, а само нанесение штрихов — очень трудоемкая и кропотливая работа.

Такую же степень наглядности рельефа местности дают способ **о т м ы в к и** скатов, т. е. окрашивание скатов коричневой краской по принципу: чем круче скат, тем темнее тон окраски, и способ **ц в е т н о й п л а с т и к и**, применяемый для изображения рельефа на географических картах.

Способы отмывки и цветной пластики, как и метод штрихов, не дают точного представления о превышениях между точками земной поверхности.

Наиболее распространен как удовлетворяющий всем названным выше требованиям способ изображения рельефа на планах и картах горизонталями.

§ 69. МЕТОД ГОРИЗОНТАЛЕЙ. СВОЙСТВА ГОРИЗОНТАЛЕЙ

Метод горизонталей. Как было отмечено выше, на современных картах и планах рельеф изображается горизонталями.

Горизонталью называется след, получающийся от сечения земной поверхности ровной поверхностью, и, следовательно, горизонталь есть замкнутая кривая линия, изображающая геометрическое место точек земной поверхности с одинаковыми высотами.

При изображении рельефа местности горизонталями (см. рис. 155) предполагается, что ровные поверхности, пересекающие земную поверхность, отстоят одна от другой на одном и том же расстоянии, называемом *высотой сечения рельефа*. Обычно высота сечения рельефа подписывается на плане или карте под линейным масштабом. Для изображения на плане горизонтали проектируются на горизонтальную плоскость M^* . Расстояние между горизонталями в плане s называется *заложением*.

Свойства горизонталей. Из определения горизонтали вытекают ее свойства:

- 1) горизонтали — замкнутые кривые;
- 2) чем меньше расстояние между горизонталями на плане или карте данного масштаба, тем круче скат на местности.

В зависимости от масштаба плана или карты и характера рельефа высоты сечений могут быть различными. В табл. 19 в зависимости от характера местности даны высоты сечений рельефа для различных масштабов карт и планов.

Как изображаются основные формы рельефа, показано на рис. 155.

* Для изображения на карте горизонтали предварительно проектируются на поверхность эллипсоида.

Таблица 19

Характер местности	Масштабы карт и планов и высоты сечений, м				Максимальные углы наклонов, °
	1 : 2000	1 : 5000	1:10 000	1:25 000	
Равнинная	0,5	0,5	2	2,5	До 3—4
Пересеченная (холмистая)	1	1	2,5	5	До 7—10
Горная	2	5	5	10	До 20—30

Следует отметить, что горизонтали не дают наглядного пространственного представления о рельефе местности. Как видно из рис. 155, гора и котловина по горизонталям имеют одинаковую форму и отличить их можно только по направлению скатов. Для определения направлений скатов по некоторым горизонталям проводят короткие черточки в направлении ската, называемые *бергштрихами*; надписи на горизонталях, указывающие их отметки, делаются таким образом, чтобы основания цифр были направлены в сторону понижения местности.

§ 70. НИВЕЛИРОВАНИЕ ПОВЕРХНОСТИ ПО КВАДРАТАМ

Нивелирование небольших участков равнинной местности производят с целью получения топографических планов крупных масштабов на основе сети квадратов.

Для получения плана необходимо выполнить следующий комплекс полевых и камеральных работ: произвести рекогносцировку местности; построить на местности сеть квадратов, определить плановое положение вершин квадратов и характерных точек, произвести съемку ситуации; выполнить геометрическое нивелирование участка и привязку его к реперу; произвести обработку результатов нивелирования; составить план нивелирования.

Рекогносцировка местности. Построение сети квадратов. При рекогносцировке уточняют границы участка нивелирования, характер рельефа, схему построения сети квадратов, а также длину сторон квадратов. Длины сторон квадратов обычно принимают равными 10, 20, 40 м для масштабов 1 : 1000, 1 : 2000, 1 : 5000 соответственно.

В процессе рекогносцировки выбирают репер (марку), от которых удобнее всего передать отметку на участок. В случае отсутствия репера вблизи участка необходимо заложить временный репер. При его закладке необходимо иметь в виду, что выбранное для репера место должно обеспечивать долговую его сохранность; неизменность по высоте (глубина закладки репера должна быть ниже глубины промерзания грунта); удобство пользования им при проведении работ. Построение сети квадратов выполняют следующим образом.

Вдоль большей стороны выбранного участка намечают и провешивают линию, например линию *AB* (рис. 156) так, чтобы она содержала целое число стрелков, равных длине *l* стороны квадрата.

Далее в начальной и конечной точках *A* и *B* устанавливают последовательно теодолит, строят прямые углы и на полученных направлениях *AD* и *BC* откладывают равное число *l*-метровых отрезков, концы которых обозначают точками 1, 2, . . . , *n*. Далее измеряют отрезок *CD* и, если длина его не

отличается от исходного AB более чем на относительную ошибку, равную $1 : 2000$, на нем тоже откладывают l -метровые отрезки.

Затем, пользуясь вешками, выставляемыми последовательно в точках 2 , 3 и т. д. на сторонах AD и BC , производят разбивку вершин квадратов внутри прямоугольника $ABCD$.

В отдельных случаях эти внутренние вершины не закрепляют, а разбивают непосредственно в процессе нивелирования. Для этого ленту или специальный трос, поделенные марками на l -метровые отрезки, укладывают последовательно в створе $2-2$, $3-3$ и т. д., после чего рейки ставят на эти марки или на соответствующие штрихи ленты. Рядом с каждым колышком, обозначающим углы квадратов и забитым вровень с земной поверхностью, устанавливают сторожок, на котором подписывают номер вершины. При проведении работ, требующих незначительной точности, ограничиваются установкой одних лишь сторожков; в этом случае рейку ставят непосредственно на землю рядом со сторожками.

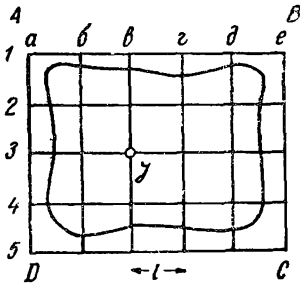


Рис. 156. Построение сети квадратов

Часто нумерация (обозначение) вершин производится следующим образом. Номер вершины складывается из буквы и цифры, причем буква соответствует одной линии, а цифра — другой линии сетки, на пересечении которых находится данная вершина. Например, по направлению AB (CD) все пересекать линии сетки обозначают последовательно буквами $a, б, в, г, \dots$, а по направлению AD (BC) — цифрами $1, 2, 3, 4, \dots$. В таком случае точка j получит номер $3в$.

Одновременно с построением сетки производят съемку ситуации по методу створов и перпендикуляров, а также установку промежуточных точек (по сторонам квадратов и внутри их), если этого требует характер рельефа. Все данные разбивки и съемки заносят на полевую схему квадратов. Для изготовления схемы можно использовать миллиметровую бумагу, на которой вычертить стороны квадратов со стороной 5 см.

Нивелирование вершин квадратов. Если площадь участка не превышает 200×200 м и все вершины по условиям рельефа можно нивелировать с одной станции, нивелир устанавливают в центре участка и делают отсчеты по рейкам, последовательно устанавливаемым на всех вершинах сетки.

Если нельзя выполнить нивелирование участка с одной станции, то надо наметить несколько станций, с которых можно охватить все вершины. При этом каждая пара смежных станций должна иметь по две связующие точки (для контроля), а остальные точки будут промежуточными.

Связующие точки должны составлять замкнутый полигон. Отсчеты на связующих точках берут по обеим сторонам двухсторонних реек, а на промежуточные только по черным сторонам. Отсчеты записывают в журнал технического нивелирования или на схему.

На схеме стрелками указывается направление скатов.

Передача отметки. Отметку от репера на одну из вершин квадратов передают нивелированием из середины при помощи двухсторонних реек (или при двух горизонтах инструмента). Рейки желательно ставить на башмаки или костыли. Для контроля рекомендуется проложить привязочный ход в прямом и обратном направлениях. Если поблизости расположен не один, а два репера (марки), то привязку следует произвести к обоим.

Полученная невязка f_h при передаче отметки от двух реперов или по прямому и обратному ходам должна удовлетворять неравенствам:

$$f_h \leq 20 \sqrt{L}, \text{ мм}, \quad (\text{XIII.1})$$

или

$$f_h \leq 8 \sqrt{n}, \text{ мм}, \quad (\text{XIII.2})$$

где n — число станций по ходам, а L — число километров.

§ 71. ОБРАБОТКА РЕЗУЛЬТАТОВ НИВЕЛИРОВАНИЯ

Составлению плана нивелирования поверхности предшествует камеральная обработка результатов нивелирования. Обработку результатов нивелирования начинают с проверки журналов и производства контроля в них. Затем обрабатывают нивелирный ход, проложенный с целью передачи отметки от репера на одну из связующих точек. Допустимая невязка в превышениях этого хода не должна превышать величин, указанных в § 70. Далее определяется невязка замкнутого нивелирного хода, образованного связующими точками как сумма средних превышений,

$$f_h = \sum_1^n h_{np}$$

и определяется допустимая невязка по формуле (XIII.2).

После введения поправок

$$v_h = -\frac{f_h}{n}$$

поровну во все средние превышения вычисляют уравненные превышения и отметки связующих точек. Далее для каждой станции вычисляют горизонт инструмента, по которому вычисляют отметки всех промежуточных точек.

При нивелировании с одной станции все точки являются промежуточными и отметки их вычисляются через горизонт инструмента (XI.5). Отметку каждой промежуточной точки находят как разность: горизонт инструмента минус отсчет на данную точку.

§ 72. СОСТАВЛЕНИЕ ПЛАНА НИВЕЛИРОВАНИЯ ПОВЕРХНОСТИ. МЕТОДЫ ПРОВЕДЕНИЯ ГОРИЗОНТАЛЕЙ

План нивелирования поверхности составляют на плотной чертежной бумаге. Первоначально в заданном масштабе согласно полевой схеме следует построить сетку квадратов, произвести накладку плюсовых точек и у каждой точки подписать ее отметку, округленную до 0,01 м. Наиболее ответственная часть работы состоит в проведении на плане горизонталей. Эту работу следует выполнять следующим образом.

На плане намечают стороны квадратов и их диагонали, которые полностью лежат на однородном склоне, т. е. профиль каждой такой линии должен представлять собой прямую. Выбор линий необходимо делать на основании данных, нанесенных на полевой схеме. Затем необходимо приступить к интерполированию отметок горизонталей, т. е. к определению на выбранных линиях плана положений точек, отметки которых будут кратны принятой высоте сечения рельефа h (в ниже приведенном примере $h = 0,5$ м).

Интерполирование отметок горизонталей можно выполнить как аналитически, так и графически. Пусть аналитически необходимо определить какие горизонтали пересекут сторону квадрата $a1-b1$ (рис. 157).

Известно, что

$$\begin{aligned} a1 - b1 &= ab = 40 \text{ м;} \\ H_{a1} &= H_A = 56,63 \text{ м;} \\ H_{b1} &= H_B = 55,83 \text{ м;} \\ h &= 0,5 \text{ м.} \end{aligned}$$

Нетрудно сообразить, что сторону квадрата $a1 - b1$ должны пересечь две горизонтали с отметками

$$H_C = 56,00 \text{ м и } H_D = 56,50 \text{ м.}$$

Горизонтальные проложения до этих точек определяются из следующих соотношений:

$$Bc = \frac{H_C - H_B}{H_A - H_B} ab = \frac{0,17}{0,80} \cdot 40,0 = 8,5 \text{ м;}$$

$$Bd = \frac{H_D - H_B}{H_A - H_B} ab = \frac{0,67}{0,80} \cdot 40,0 = 33,5 \text{ м.}$$

Отложив от точки b отрезки bc и bd , определим точки c и d , через которые должны проходить горизонтали.

Однако на практике чаще всего интерполирование отметок горизонталей выполняют графическими приемами, с помощью миллиметровой бумаги или палетки с параллельными линиями, прочерченными через произвольные (1—1,5 мм), но равные промежутки.

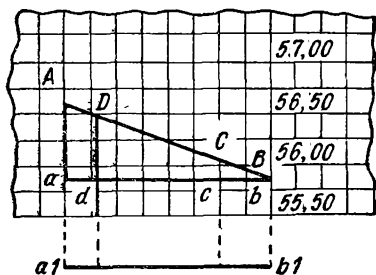


Рис. 157. Схема интерполирования

Интерполирование с помощью миллиметровой бумаги выполняют так. К интерполируемой линии ab плана необходимо приложить соответствующих размеров кусок миллиметровой бумаги, обрезанной ровно по одной из линий сетки квадратов. Выбрав произвольно масштаб отметок и условный горизонт (на рис. 157 в одном сантиметре — 0,5 м и нижняя линия сетки принята за $H = 55,50$ м), отложим отметки концов отрезка 55,83 и 56,63 по перпендикуляру к линии ab и в результате получим точки A и B .

Далее, соединив эти точки прямой, получим профильную линию AB . Точки пересечения линии профиля горизонтальными линиями с отметками 56,00 и 56,50 необходимо ортогонально спроектировать на сторону квадрата ab . Через точки проекций c и d будут проходить горизонтали с отметками 56,00 и 56,50.

При интерполировании с помощью палетки с параллельными линиями на прозрачной основе необходимо прежде всего учитывая отметки конечных точек отрезка, подлежащего интерполированию, сделать оцифровку параллельных линий на палетке. Далее палетку наложить на интерполируемый отрезок плана и поворачивать ее таким образом, чтобы его конечные точки совместились с соответствующими значениями отметок.

После этого точки пересечения линии плана с линиями палетки, имеющими отметки горизонталей, следует переколоть на план и около них подписать отметки горизонталей.

Лучше интерполирование производить не на всем плане сразу, а по частям. Выполнив интерполирование на некотором участке плана и проведя горизонтали, переходят к следующему участку, и т. д. Соединяя следы одноименных горизонталей, проводят горизонтали на плане. Каждую пятую горизонталь, начиная от $H = 0$, утолщают. Отметки горизонталей подписывают так, чтобы верх цифр был обращен в сторону повышения ската.

По данным схемы на план наносится также ситуация местности. План оформляют в туши. Линии сетки и отметки вычерчивают синей тушью, горизонтали и их отметки — жженой сиеной, остальные элементы, включая надписи, — черной тушью.

§ 73. ЗАДАЧИ, РЕШАЕМЫЕ ПО ПЛАНУ ИЛИ КАРТЕ С ГОРИЗОНТАЛЯМИ

На плане с горизонталями можно решать целый ряд задач: определение абсолютных высот и взаимного превышения точек местности; определение направления и крутизны скатов; проведение линии заданного уклона; построение продольного профиля местности; определение водосборной площади, площади пруда и пр.

Определение абсолютных высот и взаимного превышения точек местности. Если требуется узнать на плане абсолютную высоту какой-нибудь точки местности, отметка которой не подписана, то определение высоты этой точки производится от ближайшей к ней горизонтали. Если отметка этой горизонтали также не подписана на плане, то ее определяют, пользуясь отметками других горизонталей или точек, подписанных на плане или карте. Если определяемая точка расположена на горизонтали, то ее абсолютная высота равна отметке этой горизонтали. Отметку горизонтали можно определить, пользуясь отметками других горизонталей или точек, подписанных на плане или карте, учитывая, что отметки сплошных горизонталей всегда кратны высоте сечения.

Если же определяемая точка находится между двумя горизонталями, то надо определить высоту ближайшей к ней нижней горизонтали и прибавить к этой величине превышение данной точки над горизонталью. Это видно из рис. 158, на котором точка c расположена на карте между двумя горизонталями с отметками H_A и H_B , сечение между которыми равно h . Заложение, проведенное через точку c , пересечет эти горизонтали соответственно в точках a' и b' , которым на местности будут соответствовать точки A и B .

Измерив отрезки $ac = \Delta d$ и $ab = d$ и заметив, что треугольник ACc подобен треугольнику ABb , найдем

$$\Delta h = \frac{\Delta d}{d} h \text{ и } H_c = H_A + \Delta h.$$

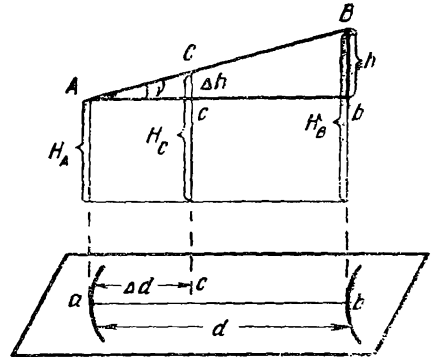


Рис. 158. Схема определения отметок точек по горизонталям

Определение направления и крутизны скатов. *Направлением ската* называется направление его наибольшей крутизны. На карте это направление перпендикулярно к горизонтали, проходящей через данную точку на скате.

Для определения направления ската в любой точке, находящейся между горизонталями, следует провести через нее прямую или кривую линию, пересекающую приблизительно под прямым углом ближайшие в обе стороны от этой точки горизонтали. Эта линия и будет указывать направление ската.

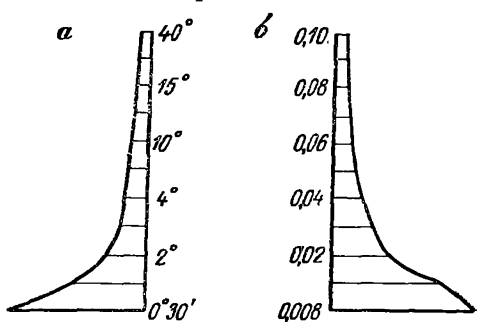


Рис. 159. Масштабы крутостей:
а — для определения углов наклона; б — для определения уклонов

Крутизна ската определяется по степени сближения между собой горизонталей.

Рассмотрим зависимость между заложением, крутизной ската и высотой сечения (см. рис. 158).

Из треугольника ABb находим, что уклон линии

$$i = \operatorname{tg} v = \frac{h}{d}. \quad (\text{XIII.3})$$

Эта формула лежит в основе всех способов определения крутизны скатов по горизонталям. Рассмотрим наиболее употребительные способы определения крутизны скатов.

1. По масштабам крутостей (масштабу заложений для углов наклона или масштабу заложений для уклонов).

Масштабом заложений для углов наклона (рис. 159, а) называется специальный график, помещаемый на всех топографических картах рядом с линейным масштабом, с помощью которого определяют углы наклона в градусах. С помощью *масштаба заложений для уклонов* (рис. 159, б) определяют уклоны линий в тысячных.

Для построения масштабов крутостей (углов наклона и уклонов) на горизонтальной или вертикальной линии откладывают произвольные (преимущественно равные отрезки) и против их концов подписывают значения уклонов в градусах или тысячных. Через полученные точки проводят перпендикуляры, на которых откладывают заложения, рассчитываемые по формулам:

для масштаба уклонов

$$d = \frac{h}{i}, \quad (\text{XIII.4})$$

для масштаба углов наклона

$$d = \frac{h}{\operatorname{tg} v} = h \operatorname{ctg} v. \quad (\text{XIII.5})$$

Верхние концы перпендикуляров соединяются плавной кривой, с помощью которой можно находить заложения для всех промежуточных значений крутизны, не подписанных на шкале.

Вычисленные заложения для масштабов крутостей при высоте сечения рельефа $h = 2,5$ м представлены в табл. 20.

Для определения крутизны надо взять циркулем или с помощью полоски бумаги расстояние по скату между двумя смежными сплошными горизонталями; приложив его к номограмме так, чтобы одна ножка была на вертикаль-

Таблица 20

Уклоны	Заложения при $h=2,5$ м	Углы наклона, °	$\text{ctg } \alpha$	Заложения при $h=2,5$ м
0,008	312	0 30	114,6	286
0,010	250	1 00	57,3	143
0,020	120	2 00	28,6	72
0,030	83	3 00	19,1	48
0,040	62	4 00	14,3	36
0,050	50	5 00	11,4	29
0,060	42	7 00	8,1	20
0,070	36	10 00	5,7	14
0,080	31	15 00	3,7	9
0,090	29	25 00	2,1	5
0,100	25	40 00	1,2	3

ной линии, а другая на кривой по перпендикуляру к ней, отсчитывают внизу уклон или угол наклона, интерполируя тысячные доли уклона или доли градуса на глаз. На топографических картах шкала заложений дается обычно для двух высот сечений: одна — для заложений между основными, другая — для заложений между утолщенными горизонталями. Это облегчает определение крутизны ската в тех местах, где горизонтالي расположены тесно и взять расстояние от одной до другой затруднительно.

2. Вычисление по приближенной формуле. Для небольших углов, не превышающих 25° , формулу (XIII.3) можно представить в виде

$$v^\circ = \frac{h}{d} \cdot 60^\circ. \quad (\text{XIII.6})$$

Высота ската h определяется по карте (в м), вычисляется как произведение высоты сечения на число интервалов между горизонталями, а заложение d измеряется на карте.

3. Оценка на глаз. Этот способ сводится к глазомерному сравнению величины заложения между двумя смежными горизонталями с длиной 1 см.

Для этого необходимо предварительно вычислить по формуле (XIII.6) крутизну ската, соответствующую на данной карте заложению в 1 см.

Оценив на глаз в сантиметрах расстояния между горизонталями, крутизну ската определяют по правилу: во сколько раз заложение между двумя смежными горизонталями меньше (больше) 1 см, во столько раз крутизна ската больше (меньше) крутизны, соответствующей заложению в 1 см.

Проведение линии заданного уклона. Проведение из данной точки линии, уклон которой равен заданной величине i , сводится прежде всего к определению заложения d по формуле

$$d = h \text{ ctg } v = \frac{h}{i}.$$

Это заложение с помощью измерителя последовательно, начиная от исходной точки, укладывается между двумя смежными горизонталями. В результате построения образуется ломаная линия с заданным уклоном i .

Построение профиля местности по заданному направлению. Пусть по плану, рельеф на котором изображен горизонталями, требуется построить профиль

местности по направлению линии ab (рис. 160). Для этого проводится прямая AB и на нее переносят с плана линию ab с указанием всех точек (c, d, e, f, \dots) пересечения этой линии с горизонталями и характерных точек.

В этих точках восстанавливают перпендикуляры и на них в выбранном масштабе откладывают отметки соответствующих точек, определенных по карте. Соединив найденные точки прямыми линиями, получают профиль местности в заданном направлении ab .

Определение водосборной площади. Бассейном или водосборной площадью называется часть земной поверхности, с которой вода, образующаяся от атмосферных осадков, должна по условиям рельефа собраться в данный водоток

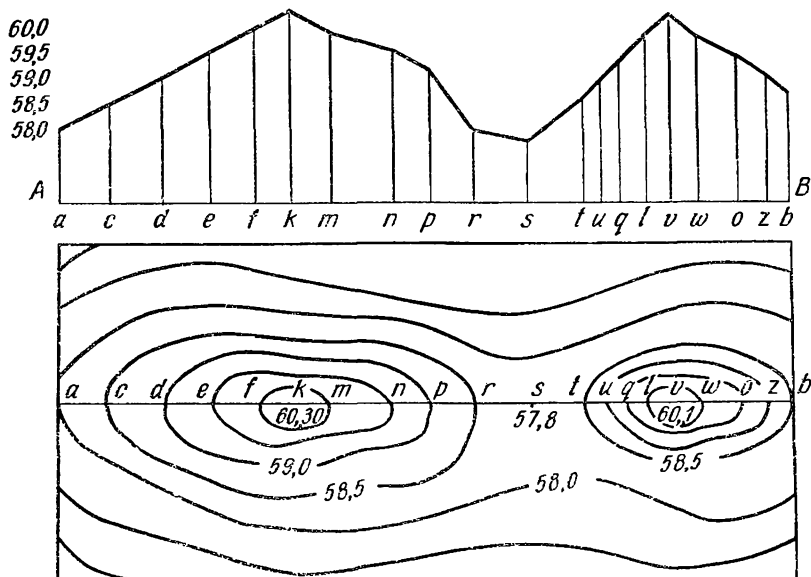


Рис. 160. Построение продольного профиля по плану с горизонталями

(реку, ручей, овраг, балку и т. п.). Определение площадей бассейнов различных водотоков имеет практическое значение, например, для строительства прудов и водоемов.

На рис. 161 представлена лощина. Положим MN — ось намечаемой плотины, для проектирования которой нужно знать площадь водосборного бассейна. Для получения границ бассейна надо найти в верховье лощины седловину (точку T), примыкающие к ней вершины P и Q , линии водораздела с обеих сторон лощины Pp и Qq и провести линии водораздела между ними. Далее из конечных точек проектируемого сооружения (из точек M и N) провести вверх к водоразделам линии, которые должны быть перпендикулярны ко всем горизонталям от сооружения до водораздела.

Полученная таким образом непрерывная линия, перпендикулярная во всех своих точках к горизонталям, ограничивает водосборную площадь плотины MN . Для определения площади бассейна остается применить один из способов описанных в главе X.

§ 74. ОСОБЕННОСТИ НИВЕЛИРНЫХ РАБОТ В РАЙОНАХ ОСУШАЕМОГО И ОРОШАЕМОГО ЗЕМЛЕДЕЛИЯ

На земельных участках, предназначенных для орошения, а также в районах орошаемого земледелия на хлопковых полях и на рисовых участках применяется нивелирование поверхности, а также продольное и поперечное нивелирование.

При мелиоративных работах, связанных с осушением болот, применяется передача отметок, нивелирование трасс, нивелирование поверхности, а также нивелирование рек и водоемов.

Для определения уклона реки предварительно вдоль берега прокладывают нивелирный ход (рис. 162, а). Затем через определенные промежутки времени, одновременно, по строго сверенным часам или по сигналу забивают кольца верхними срезами вровень с урезом воды (рис. 162, б). Если работа производится в ветреную погоду, когда вода в реке неспокойна, предварительно роют отводные канавки и устраивают заливы, в которые и забивают кольца (рис. 162, в). После чего от ближайших точек нивелирного хода передают отметки на кольца, обозначающие урез воды. Уклон реки вычисляют по формуле

$$i = \frac{H_k - H_{k-1}}{s},$$

где H_k и H_{k-1} — отметки уреза воды; s — расстояние между точками с этими отметками.

Для определения живого сечения нешироких рек передают предварительно отметки на кольца, забитые вровень с урезом воды. Затем через реку протягивают два каната или троса параллельно один другому, концы которых закрепляют за береговые столбы. На одном из канатов делают пометки цветными повязками через определенные промежутки, смотря по заданию. Вдоль другого удерживают лодку в створе сечения и, перемещая ее, производят у каждой пометки промеры глубины реки при помощи футштока (шеста с делениями) или лота — груза на тонком тросе, разделенном на метры и дециметры. На широких реках положения лодки в створе живого сечения в моменты измерения глубины реки определяют засечками при помощи теодолита, устанавливаемого на берегу.

Зная отметку горизонта воды, вычисляют отметки дна реки и затем строят профиль. В зимний период по створу сечения через определенные промежутки прорубают лунки во льду и через них промеряют глубины реки.

Нивелирование водоема (пруда, озера) производят с целью составления плана водоема с изображением рельефа его дна горизонталями. Для этого

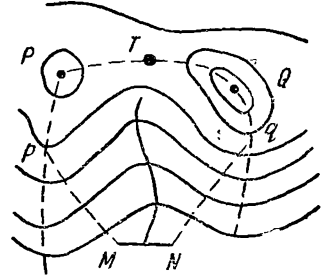


Рис. 161. Схема водосборной площади

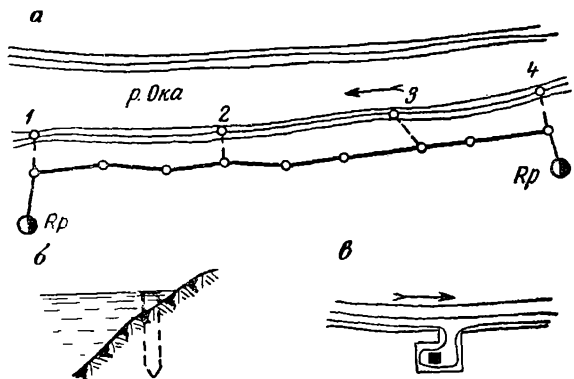


Рис. 162. Схема определения продольного уклона реки

по берегам водоема прокладывают теодолитный ход с прямыми углами поворота и с разбивкой пикетажа (рис. 163). Попутно ведут съемку береговой линии водоема. Производят нивелирование по этому ходу и определяют отметку уровня воды. Затем промеряют глубины водоема по створным линиям с лодки или плота, а зимой по льду.

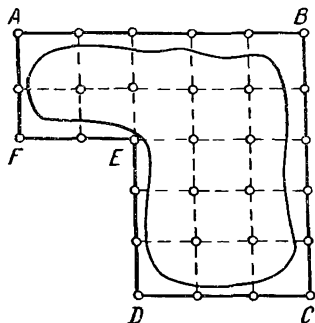


Рис. 163. Схема нивелирования водоема

Отметки дна вычисляют от отметки уровня воды, составляют план водоема с горизонталями его дна.

§ 75. ПОНЯТИЕ О ТАХЕОМЕТРИЧЕСКОЙ СЪЕМКЕ

Сущность тахеометрической съемки. *Тахеометрия* в переводе с греческого языка означает быстрое измерение на местности. Тахеометрическая съемка является одновременно горизонтальной и вертикальной съемкой, по результатам которой составляют план местности с изображением рельефа.

Сущность тахеометрической съемки состоит в том, что положение каждой точки определяется на местности тремя координатами, по двум из них (линии и горизонтальному углу) составляют план местности, а по третьей (высоте) изображают на плане рельеф с помощью горизонталей*. Тахеометрическую съемку выгодно производить на местности с ярко выраженным рельефом.

Характерной особенностью тахеометрической съемки помимо быстроты проведения полевых измерений является то, что все данные получаются при помощи одного инструмента.

Точки, в которых устанавливают инструменты при съемке, называются *станциями*, а остальные, где устанавливают рейки, *реечными точками* или *пикетами*.

Для выполнения тахеометрической съемки применяются *теодолиты-тахеометры* (круговые тахеометры) и *тахеометры-автоматы*.

Круговые тахеометры — это повторительные теодолиты, снабженные вертикальным кругом с уровнем при алидаде, дальномером и буссолью, т. е. приспособленные как для горизонтальных, так и для вертикальных съемок.

Тахеометры-автоматы автоматически дают горизонтальные проложения линий и превышения между точками.

Тахеометрическая съемка выполняется обычно для составления планов в крупных масштабах (1 : 1000, 1 : 2000, 1 : 5000), по которым проектируют населенные пункты, хозяйственные дворы, различные инженерные сооружения при обводнении, осушении, борьбе с эрозией почв и т. д.

Производство тахеометрической съемки. При тахеометрической съемке получают одновременно и ситуацию, и рельеф. Горизонтальная съемка контурных и высотных точек ведется полярным способом, а отметки высотных точек определяются методом тригонометрического нивелирования.

Прокладка тахеометрических ходов. Опорную сеть при тахеометрической съемке составляют пункты триангуляции и полигонометрии. Но так как расстояния между тахеометрическими станциями невелики

* Расстояние определяется по дальномеру, направление — с помощью горизонтального круга инструмента, снабженного буссолью, а превышение — с помощью нивелирования наклонным лучом.

(обычно 150—200 м), то для сгущения наличной опорной сети прокладывают тахеометрические ходы.

Проложение таких ходов состоит в выборе и закреплении точек поворота, в измерении линий, горизонтальных углов и в определении превышений. Длины линий определяются дальномером в прямом и обратном направлениях, а вертикальные углы измеряются полным приемом при круге право и при круге лево тоже в двух направлениях.

Тахеометрическая съемка подробностей. Перед съемкой на каждой станции выверенный инструмент центрируют, нивелируют лимб, измеряют высоту инструмента, записывают результаты измерений в журнал, откладывают высоту инструмента на рейке и ориентируют лимб.

На I станции (рис. 164) лимб ориентируют по линии I—II. Для этого, совместив нуль верньера с нулем лимба, визируют вращением лимба на точку II так, чтобы отсчет по первому верньеру на эту точку был бы равен 0°. В таком положении лимб закрепляют. Если теперь, освободив алидаду, навести трубу на любую точку, то отсчет по первому верньеру непосредственно выразит полярный отсчет этой точки относительно линии I—II как полярной оси.

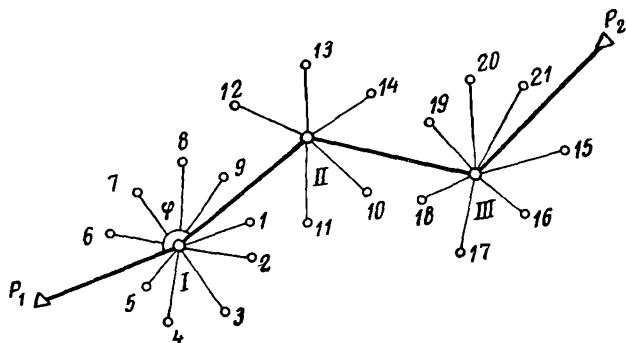


Рис. 164. Схема тахеометрического хода

Если с первой точки I виден опорный пункт, то измеряют горизонтальный угол φ и передают азимут на линию I—II. Если видимости на опорный пункт нет, то измеряют магнитный азимут.

После ориентирования и закрепления лимба вращением алидады визируют последовательно на все пикеты, расположенные вокруг I станции.

Реечные точки выбирают с таким расчетом, чтобы можно было изобразить на плане все характерные точки ситуации и рельефа.

При каждом визировании на рейку определяют по дальномеру расстояние, измеряют вертикальный угол и отсчитывают по лимбу горизонтальный угол. Одновременно с выбором на местности реечных точек производится глазомерная зарисовка снимаемой ситуации и рельефа. Такая зарисовка при тахеометрической съемке называется кроки. Отличие кроки от абриса состоит в том, что на нем помимо ситуации показывается и рельеф.

Все результаты измерений, полученные при съемке, заносят в журнал (табл. 21).

Превышения определяют по специальным тахеометрическим таблицам или по следующей формуле тригонометрического нивелирования:

$$h = \frac{1}{2} (Kl + C) \sin 2v + i - v, \quad (\text{XIII.7})$$

где K — коэффициент дальномера; C — постоянная дальномера; l — отсчет по рейке между дальномерными нитями; i — высота инструмента; v — высота рейки.

Журнал тахеометрической съемки

Наблюдаемые точки	Отсчеты по рейкам		Горизонтальный круг	Вертикальный круг	Вертикальный угол	Горизонтальное проложение	Превышение h	Отметка H	Примечание
	читанный	исправленный за C							
	Станция II $i = 1,40$ $MO = 0^{\circ} 01'$						$C = 0,3$ м		
		<i>КП</i>					$v = 3,0$ м		
I				4 41					
III				4 32					
		<i>КЛ</i>							
I	157,5	157,8	187 14	355 20	+4 40,5				
III	161,7	162,0	0 00	355 30	+4 31				
10	130,0	130,3	17 36	8 41	-8 40				
11	127,0	127,3	32 14	2 51	-2 50				
12	85,0	85,3	95 16	6 40	-6 39				
...

Вычисления состоят в определении горизонтальных расстояний, превышений и отметок.

Тахеометрический ход наносят на план по координатам или горизонтальным расстояниям и дирекционным углам или румбам. Реечные точки наносят при помощи транспорта, циркуля и масштабной линейки. Рядом с каждой реечной точкой выписывают карандашом ее стметку. После нанесения хода, реечных точек и ситуации, интерполируя, проводят горизонтали и оформляют план.

§ 76. ПОНЯТИЕ О МЕНЗУЛЬНОЙ СЪЕМКЕ

Мензульной называется съемка, которая производится при помощи мензулы и кипрегеля.

Мензула вместе с кипрегелем представляет своеобразный инструмент, позволяющий не только производить съемку местности, но и вычерчивать план карандашом непосредственно на местности.

Горизонтальные углы при этой съемке не измеряются, а получают графическим построением, отчего съемка называется *углоначертательной*.

План строится и вычерчивается на листе белой чертежной бумаги, которую наклеивают или прикрепляют уже наклеенной на фанеру или алюминий к мензульной доске, которую вместе с бумагой называют *планшетом*.

Мензульный комплект. В состав мензульного комплекта входят мензула, кипрегель, ориентир-буссоль, мензульная вилка и топографический зонт. Мензула состоит из штатива, подставки и планшета (рис. 165). Мензульные подставки бывают деревянные и металлические. Главными частями кипрегеля являются линейка со скошенным краем, зрительная труба с дальномерными нитями и вертикальный круг.

В СССР серийно выпускается оптический кипрегель-автомат КА-2, позволяющий автоматически получать превышения и горизонтальные проложения линий.

Ориентир-буссоль применяется для ориентирования планшета. Мензульная вилка предназначена для центрирования точки планшета над соответствующей точкой местности.

Для построения на планшете горизонтальной проекции угла местности BAC (рис. 166) необходимо точку a на планшете установить по отвесу над вершиной A угла местности, это называется *центрированием* планшета.

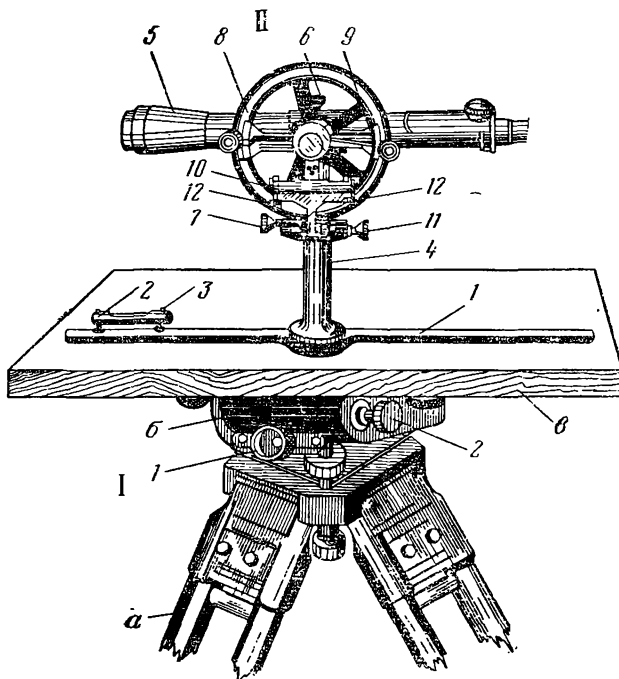


Рис. 165. Мензурный комплект:
I. Мензула:

a — штатив, b — подставка с закрепительным 1 и микрометрическим 2 винтами; c — доска. II. Кипрегель КБ: 1 — линейка; 2 — уровень пути линейке; 3 — исправительный винт уровня; 4 — колонка; 5 — зрительная труба; 6 — закрепительный винт; 7 — микрометрический винт трубы; 8 — вертикальный винт; 9 — алидада вертикального круга; 10 — уровень при алидаде вертикального круга; 11 — микрометрический винт уровня алидады; 12 — исправительные винты уровня алидады

Приведя плоскость планшета в горизонтальное положение, можно представить вертикальные плоскости, проходящие через стороны данного угла.

Следы ab и ac этих плоскостей на планшете образуют угол bac , который представит горизонтальную проекцию угла BAC .

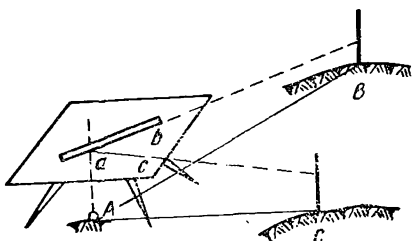


Рис. 166. Схема построения горизонтального угла на планшете

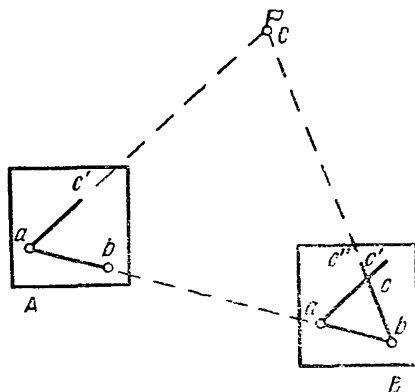


Рис. 167. Прямая мензульная засечка

Прямая мензульная засечка. Способ мензульной засечки применим, если на местности даны две точки A и B (рис. 167), расстояние между которыми измерено или известно. Если точки a и b , нанесенные на планшете, соответствуют

точкам A и B на местности, то положение третьей точки C определяется следующим образом.

Встав сначала над точкой A , центрируют мензулу, нивелируют планшет и ориентируют его по линии ab .

Закрепив планшет, визируют на искомую точку C , приложив скошенный край линейки кипрегеля к точке a , и проводят по линейке прямую ac' в направлении на точку C .

После этого переходят с мензулой в точку B , где ее устанавливают, ориентируя планшет по прямой ba . Закрепив планшет, прикладывают кипрегель к точке b , визируют на точку C и прочерчивают прямую bc'' . Точка c пересечения прямых ac' и bc'' будет искомой. Такая засечка называется *прямой*.

Съемка подробностей. С ъ е м к а с и т у а ц и и. Съемка контуров угодий и предметов местности производится, как правило, полярным способом с определением расстояний от станции до речных точек при помощи дальномера кипрегеля.

Речные точки выбирают в характерных местах рельефа. Прочерчивают направление на снимаемую точку, изображение которой получают тут же, по масштабу откладывая на планшете расстояние.

С ъ е м к а р е л ь е ф а. Съемка рельефа производится одновременно со съемкой ситуации. Для определения превышения кроме расстояния измеряется еще и вертикальный угол. Углы наклона на речные точки измеряются при одном положении вертикального круга, чаще всего при круге лево, так как при этом круге удобнее прочерчивать направления по скошенному краю линейки кипрегеля.

Зная угол наклона и горизонтальное проложение, по тахеометрическим таблицам определяют превышения. Зная отметку станции, прибавляют к ней вычисленное превышение и получают отметку речной точки. Отметки речных точек записываются на планшете с округлением до 0,1 м. По отметкам речных точек интерполированием проводятся горизонталы. Эта работа обязательно выполняется на местности.

Достоинства и недостатки мензульной съемки. Достоинство мензульной съемки состоит в том, что в процессе работы можно контролировать ее результаты, сопоставляя их с местностью. Контурные и рельефные изображения при этой съемке непосредственно на местности, что дает возможность исполнителю наиболее верно и полно отражать на планшете особенности ситуации и рельефа, пополняя показания инструмента личными наблюдениями.

К числу недостатков относятся:

- 1) сравнительная громоздкость применяемых приборов;
- 2) зависимость от погоды;
- 3) затруднено разделение труда: полевая работа выполняется одним исполнителем, камеральная — другим;
- 4) план может быть составлен в одном экземпляре.

РАЗДЕЛ IV

ГЛАЗОМЕРНЫЕ СЪЕМКИ

Глава XIV

ГЛАЗОМЕРНЫЕ СЪЕМКИ

§ 77. СУЩНОСТЬ ГЛАЗОМЕРНОЙ СЪЕМКИ И СЛУЧАИ ЕЕ ПРИМЕНЕНИЯ

Глазомерными называются такие съемки, при которых план в виде приближенного чертежа местности получается непосредственно в поле при помощи простейших измерений.

Глазомерную съемку применяют тогда, когда требуется быстро получить хотя бы приближенный по точности, наглядный и достаточно подробный чертеж местности. Глазомерные съемки производят с помощью простейших приборов и принадлежностей, а иногда и без всяких приборов, пользуясь только карандашом и листом бумаги. Главную роль играет здесь хорошо развитый глазомер, поэтому такие съемки не могут отличаться большой точностью. От глазомерных съемок требуется: быстрота, достигаемая применением простейших приемов для определения расстояний и углов; ясность, осуществляемая умелым выделением объектов и особенностей местности, и наглядность, получаемая удачным подбором условных обозначений.

Приемы глазомерной съемки широко применяются при топографических рекогносцировках местности, при нанесении отдельных исправлений и дополнений на планы землепользований, бригадных участков, хозяйственных дворов, а также с целью составления планов небольших участков местности. Приемы глазомерной съемки могут быть также с успехом использованы специалистами сельского хозяйства при осуществлении ими различных специальных съемок — почвенных, агрохозяйственных, геоботанических и др. Поэтому приемы глазомерной съемки должны владеть все специалисты сельского хозяйства.

Подготовка к глазомерной съемке и общий порядок работы. Для производства глазомерной съемки применяется обычно папка-планшет с укрепленным на ней компасом (рис. 168) и визирная линейка (рис. 169). Папку-планшет можно заменить куском картона или фанеры размером 25 × 30 см, на котором крепится кнопками бумага. Компас прикрепляется к планшету так, чтобы его нулевой диаметр был параллелен одному из краев планшета. Для удобства съемки самодельный планшет целесообразно прикрепить к ровной, заостренной палке длиной 1,20—1,40 м (в зависимости от роста исполнителя), которая будет играть роль штатива. Необходимо построить на узкой полоске картона масштаб шагов и привязать эту полоску ниткой к планшету.

Масштаб шагов — это обычный линейный масштаб (рис. 170), приспособленный для откладывания на плане линий, измеряемых на местности шагами. Для его построения надо знать величину своего шага в различных условиях, так как длина шага зависит от условий местности: уклона пути, состояния грунта на пути и др.

Пример. Пусть 66 пар шагов составляют 100 м, масштаб съемки 1 : 25 000. В этом случае

на плане
1 см
x см

на местности
250 м или 165 пар шагов;
200 пар шагов;

тогда для 200 пар шагов

$$x = \frac{200}{165} = 1,21 \text{ см.}$$

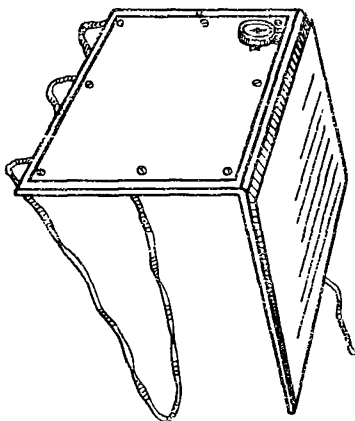


Рис. 168. Палка-планшет

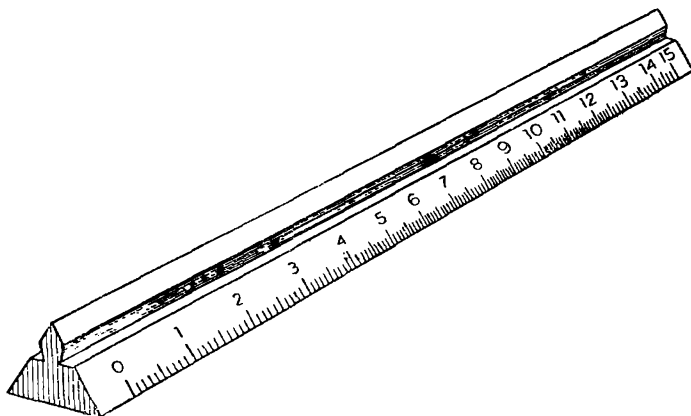


Рис. 169. Визирная линейка

Принимая этот отрезок за основание масштаба, строят масштаб шагов так, чтобы деления его находились у края полоски. Таким масштабом можно пользоваться без циркуля.

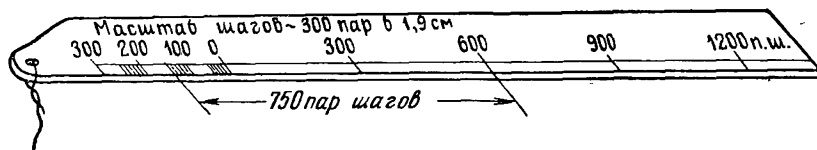


Рис. 170. Масштаб шагов

Съемка участка ведется обходом его по маршрутам, образующим замкнутые полигоны. Линии, по которым совершается обход участка при съемке, называются *ходовыми линиями*. Они обычно выбираются по дорогам. При отсутствии или недостатке дорог ходовой линией могут служить берег реки или ручья, окраина оврага, опушка леса, границы угодий и т. п. Вершины углов поворота, в которых наносятся новые направления ходовой линии, называются *станциями*.

Исполнитель, двигаясь по ходовой линии от станции к станции и промеряя расстояния шагами, последовательно наносит на планшет встречающиеся по пути местные предметы и детали рельефа, откладывая измеренные до них расстояния по масштабу.

Местность по сторонам ходовой линии снимается, как правило, на глаз, а выдающиеся объекты и ориентиры — засечками. Отклоняться от ходовой линии следует только в исключительных случаях, когда какое-либо препятствие закрывает кругозор и мешает съемке или когда поблизости от ходовой линии находится пункт, с которого лучше просматривается снимаемый участок.

Если с ходовой линии может быть детально просмотрена вся местность внутри данного участка, то он снимается одним обходом. В противном случае участок разбивают дополнительными ходами на части.

Обходы производят в такой последовательности, чтобы путь исполнителя был наименьшим и не приходилось несколько раз проходить по одной и той же дороге.

§ 78. ПРОСТЕЙШИЕ СПОСОБЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ РАССТОЯНИЙ И КРУТИЗНЫ СКАТОВ. СПОСОБЫ НАНЕСЕНИЯ НА ПЛАНШЕТ ТОЧЕК МЕСТНОСТИ

Определение расстояний. Для приближенного определения расстояний применяются следующие простейшие способы: глазомер, по видимым линейным размерам предметов, по угловым размерам предметов, шагами, по времени движения.

Г л а з о м е р — самый простой и быстрый способ. Способность оценивать расстояния на глаз основывается на том, что с изменением расстояния глаз человека по-разному воспринимает подробности:

а) чем ближе предмет, тем яснее и резче он виден и тем больше подробностей на нем различается;

б) чем ближе предмет, тем он кажется больше.

Чтобы развить свой глазомер, необходимо возможно чаще упражняться в оценке на глаз расстояний с обязательной проверкой их шагами, по карте или каким-нибудь другим способом. Точность глазомера далеко не одинакова и зависит от степени натренированности наблюдателя, от величины определяемых расстояний и от условий измерений. При наличии достаточного опыта ошибка обычно не превосходит 10—15% расстояния.

О п р е д е л е н и е р а с с т о я н и й п о в и д и м ы м л и н е й н ы м р а з м е р а м п р е д м е т о в. Держа линейку с миллиметровыми делениями перед глазами на расстоянии 50 см, измеряют по ней в миллиметрах видимую ширину или высоту B предмета, до которого требуется приближенно определить расстояние и действительные размеры которого известны. Чтобы получить расстояние в метрах, надо действительную высоту (ширину) предмета B , взятую в с а н т и м е т р а х, разделить на высоту (ширину) его b , измеренную по линейке в м и л л и м е т р а х, и результат умножить на 5

$$D, \text{ м} = 5 \frac{B, \text{ см}}{b, \text{ мм}}.$$

О п р е д е л е н и е р а с с т о я н и й п о у г л о в ы м р а з м е р а м п р е д м е т о в. Расстояние можно также определить, если известен угол φ , под которым виден предмет шириной или высотой B , по формуле (при малых углах, не превышающих 18°)

$$D, \text{ м} = \frac{3438'}{\varphi'} B, \text{ м}.$$

Точность определения расстояний с помощью простейших линейных и угловых измерений несколько выше глазомера. Она в основном зависит от точности данных о действительных размерах наблюдаемых предметов и от тщательности измерений.

Измерение расстояний шагами. Ошибки определения расстояний шагами при ровном, хорошо выверенном шаге в среднем достигают 2—4% измеренного расстояния. Чтобы повысить точность измерения расстояний шагами, необходимо:

— натренироваться в ходьбе ровным шагом, особенно в неблагоприятных условиях (на подъемах и спусках, при движении по кочковатому лугу, в кустарнике и т. п.);

— знать длину своего шага в метрах; она определяется из промера шагами линии, длина которой известна заранее; длина такой линии должна быть не менее 200—300 м.

При измерении расстояний шагами считаются п а р а м и (обычно под левую ногу). После каждой сотни пар шагов счет начинается снова; чтобы не сбиться, полезно каждую пройденную сотню пар отмечать на бумаге.

Определение расстояния по времени движения. Зная скорость своего передвижения, легко подсчитать пройденное расстояние по часам.

Определение крутизны скатов. Оценка на глаз. Чтобы научиться оценивать крутизну скатов на глаз, необходимо изучить на местности и закрепить в зрительной памяти крутизну нескольких типичных скатов, чтобы затем путем сравнения с ними определять крутизну других скатов. Полезно при этом иметь в виду, что снизу, от подошвы возвышенности, скат всегда кажется круче, чем в действительности.

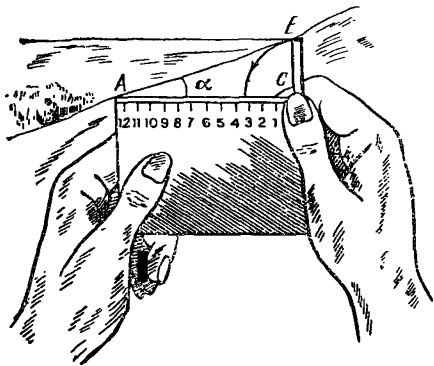


Рис. 171. Определение крутизны ската

Более точные результаты получаются, если, зайдя сбоку ската, сравнить его крутизну (на глаз) с величиной какого-либо имеющегося под руками эталона (образца) угла. Так, например, можно использовать обычный чертежный целлулоидный треугольник, величины углов которого известны.

Можно измерить транспортиром углы между расставленными возможно шире большим, указательным, а также средним пальцами руки и пользоваться этими «мерками» для оценки на глаз крутизны скатов.

Сравнение высоты ската с его заложением. Для определения крутизны по этому способу надо зайти сбоку ската, держа перед собой на уровне глаз карандаш и записную книжку, как показано на рис. 171. Оценить на глаз или с помощью делений, которые могут быть для этой цели нанесены на записной книжке, во сколько раз высота ската короче заложения ската. Затем разделить 60° на полученное число, частное от деления покажет крутизну ската в градусах.

Промер шагами. Крутизна ската этим способом определяется по приближенной формуле

$$v^\circ = \frac{60^\circ}{\text{ПШ}},$$

где ПШ — протяженность ската, измеренная парами шагов.

Для определения крутизны ската по этой формуле становятся в начальную точку и, держа на уровне глаз горизонтально палку или книжку, визируют вдоль нее. На продолжении линии визирования замечают на скате какую-либо точку. Затем, двигаясь по направлению к этой точке, измеряют парами шагов расстояние до нее от исходной точки.

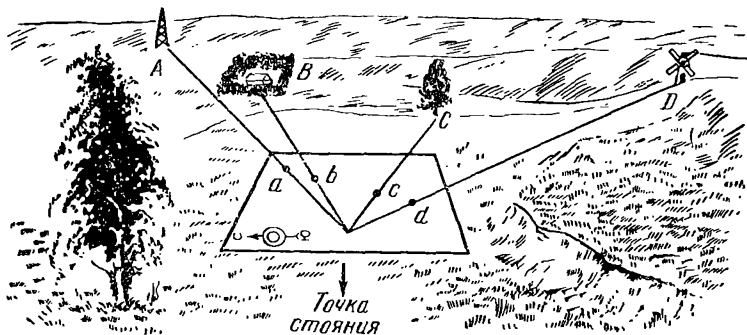


Рис. 172. Нанесение точек полярным способом

Определение крутизны ската эклиметром выполняется методами, приведенными в § 18.

Способы нанесения на планшет точек местности. Рассмотрим основные приемы визирования и прочерчивания направлений.

Для визирования и прочерчивания направлений на планшете применяется визирная линейка (см. рис. 169).

Прямым называется визирование «от себя» на предмет. В этом случае край визирной линейки прикладывают к обозначенной на планшете точке стояния и, нацелив ее верхнее ребро на предмет (точку визирования), прочерчивают направление. *Обратным* называется визирование от предмета «на себя», т. е. когда линейку прикладывают к обозначенной на планшете точке визирования и прочерчивают направление от нее на себя.

В процессе визирования и прочерчивания направлений нужно внимательно следить за ориентировкой планшета и его горизонтальностью. Визировать, удерживая палку в руках, и одновременно наблюдать за стрелкой компаса довольно трудно, поэтому стараются положить палку на пень, перила моста, камень или другие предметы, но лучше всего работать с планшетом, укрепленным на палке, которая играет роль штатива. Для нанесения снимаемых точек на планшет применяются описанные ранее, но имеющие ряд особенностей, способы.

Полярный способ (см. § 27) применяется при наблюдении с одной точки стояния. Порядок действий следующий. Ориентировав планшет (рис. 172), визируют поочередно на все определяемые точки и прочерчивают направления на них, затем определяют на глаз расстояния до наблюдаемых точек; отложив по масштабу измеренные расстояния от точки стояния, получают на планшете определяемые точки.

Способ прямоугольных координат (см. § 21) применяется при движении по дороге (а также по любому контуру или направлению

между ориентирами, обозначенными на планшете) для нанесения на планшет объектов, расположенных в стороне от пути следования. Это выполняется следующим образом (рис. 173).

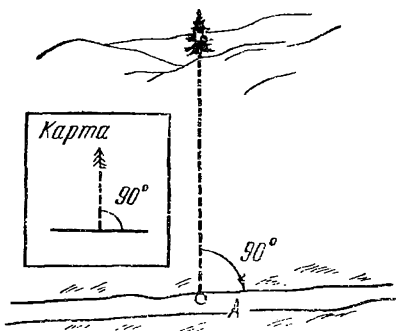


Рис. 173. Нанесение точки по перпендикуляру

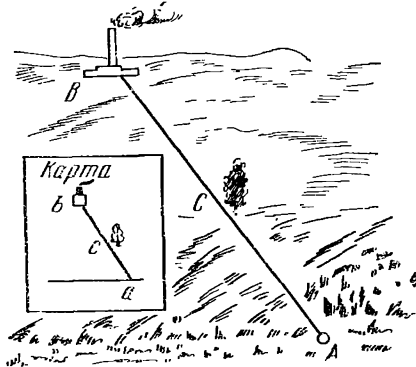


Рис. 174. Нанесение точки по створу

Замечают предмет, который следует нанести на планшет, и продолжают движение до тех пор, пока он не окажется на направлении, перпендикулярном к линии движения. Определив здесь точку своего стояния А (по пройденному расстоянию), восставляют из нее перпендикуляр в сторону определяемого предмета и откладывают на нем по масштабу расстояние до предмета, измеренное предварительно на глаз.

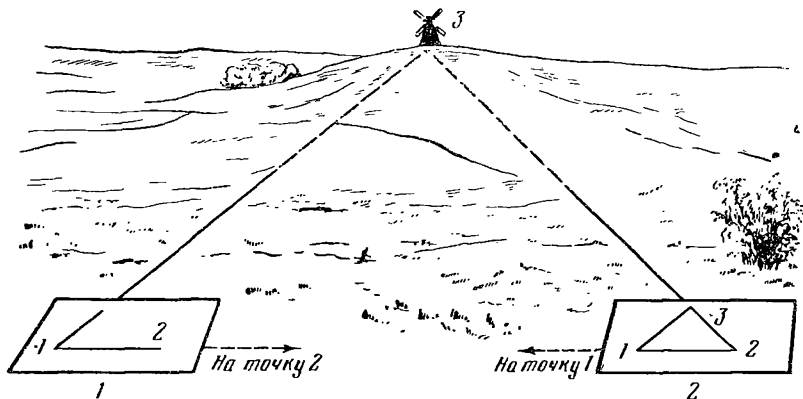


Рис. 175. Нанесение точки прямой засечкой

Способ створов. Кроме отмеченных ранее при глазомерной съемке применяется и этот способ. Двигаясь по ходовой линии (рис. 174) и выйдя в створ, образованный определяемой точкой и каким-либо обозначенным на планшете ориентиром, останавливаются, наносят на планшет свое местоположение и измеряют расстояние до определяемой точки. Затем, соединив прямой линией точку стояния с ориентиром, обозначенным на планшете, откладывают на ней это расстояние.

Способ засечек (см. § 27). Применяется для нанесения на карту удаленных, но четко видимых предметов или для определения точки своего

стояния по таким ориентирам. Различают два основных вида засечек: прямую и обратную.

Для определения точки прямой засечкой становятся в одной из точек местности, например 1 (рис. 175), и ориентируют планшет возможно точнее,

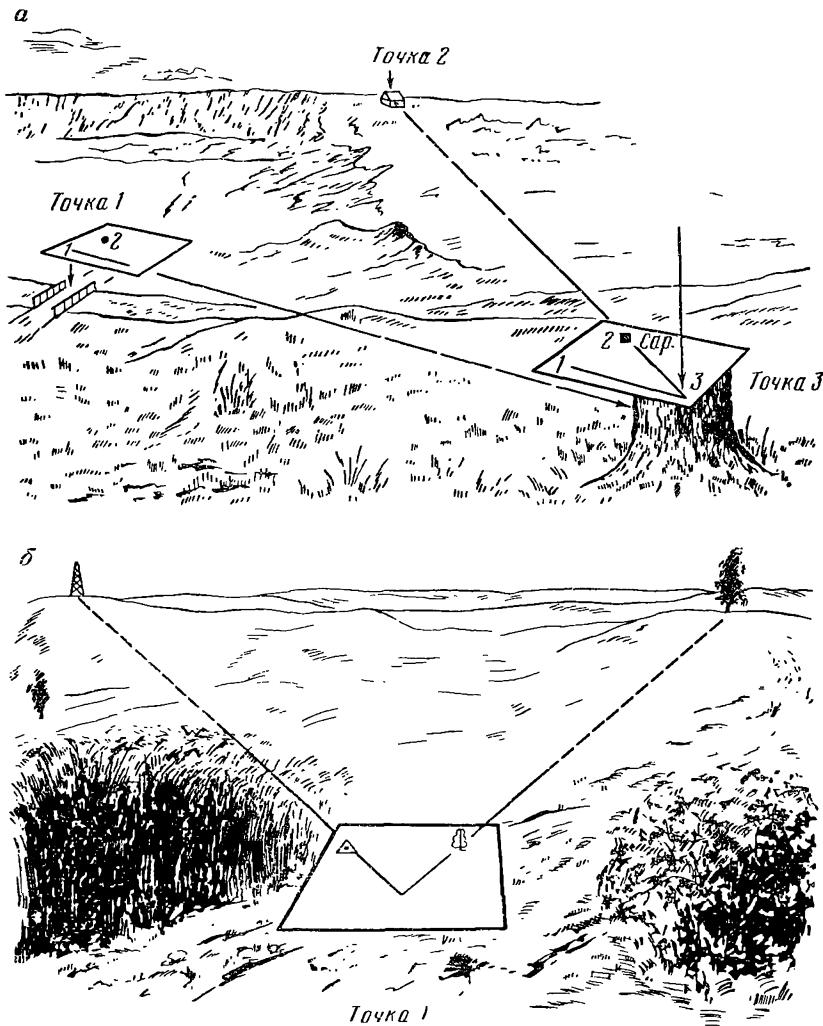


Рис. 176. Нанесение точки засечками:

а — прямой, б — боковой

используя более удаленные ориентиры, обозначенные на планшете. Затем при прямом визировании прочерчивают направление на определяемую точку 3. То же самое выполняют, перейдя на точку 2. Пересечение двух полученных направлений и определит на планшете положение искомой точки 3.

Обратная засечка применяется главным образом для определения точки стояния. Различают два случая обратной засечки.

В первом случае, установив планшет на заданной точке *1* (рис. 176, *а*), прочерчивают направление на определяемую точку *3*. Затем, не измеряя расстояния между точками, переходят на определяемую точку *3*. Ориентировав планшет, обратным визированием берут направление на известную точку *2*. Точка пересечения и является определяемой точкой *3*.

Во втором случае (рис. 176, *б*) наблюдатель с планшетом становится на определяемой точке *1* и ориентирует планшет. Последовательно визируя на две точки, которые есть на карте и определяются на местности, прочерчивают направления. Точку стояния получают на пересечении визирных линий.

Точность нанесения точек засечками зависит от точности: ориентирования планшета и прочерчивания направлений, а также от величины угла, под которым эти направления пересекаются (угол засечки). Наиболее точные засечки получаются при углах от 60 до 90° при определяемой точке.

Правильность засечки всегда следует проверять проведением третьего направления. Если все три линии пересекутся в одной точке, засечка верна. Если в пересечении получается небольшой треугольник погрешности со сторонами по 2—3 мм, то искомую точку располагают в его центре. При больших расхождениях засечку следует повторить или проверить, проведя четвертое направление. Для определения на карте положения точки засечку можно получить не только по измеренным углам, но и по измеренным расстояниям. В этом случае задача сводится к построению на планшете треугольника по данной стороне — *б а з и с у з а с е ч к и* и двум другим сторонам, длина которых определяется на местности шагами или на глаз.

§ 79. ПРОИЗВОДСТВО ГЛАЗОМЕРНОЙ СЪЕМКИ

Сущность работ заключается в определении на местности и нанесении на планшет отдельных направлений и точек с последующей зарисовкой по ним всех остальных деталей снимаемой местности. Положение точек на планшете определяют или путем откладывания на прочерченных направлениях в масштабе плана измеренных до них расстояний или же засечками.

Методика выполнения глазомерной съемки. Первую точку хода, с которой начинают глазомерную съемку, в отличие от всех последующих точек наносят произвольно, но с таким расчетом, чтобы весь снимаемый участок поместился на планшете и расположился по возможности симметрично относительно его краев. Наметив первую точку, исполнитель ориентирует планшет по компасу и визирной линейкой задает направление на вторую точку хода, а затем визирует и прочерчивает направления на те видимые точки местности, которые в дальнейшем должны быть получены засечками. После этого исполнитель наносит на планшет полярным способом ближайшие местные предметы и формы рельефа. Закончив работу на первой станции, исполнитель переходит на вторую.

Вторую и все последующие точки, дорогу или контур местного предмета, а также все местные предметы и формы рельефа, находящиеся на пути его движения, он наносит на планшет, используя непосредственные промеры. Местные предметы, находящиеся в стороне от движения, наносятся на планшет одним из способов, рассмотренных в § 78.

На второй точке исполнитель ориентирует планшет по направлению на первую точку, проверяет это ориентирование по компасу, задает направление следующей ходовой линии и производит съемку окружающей местности, затем переходит на третью точку хода и т. д.

Съемка рельефа. Одновременно со съемкой ситуации производится съемка рельефа. При глазомерной съемке рельеф изображается горизонталями, проводимыми на основе предварительных заметок. При этом съемка рельефа имеет целью показать отдельные формы рельефа, направление понижения скатов, характерные линии и точки рельефа.

Прежде всего внимательно всматриваясь в окружающую местность уясняют типовые формы рельефа и намечают на планшете заметками все характерные точки и линии рельефа (рис. 177). Вершины 1 изображаются одной горизонталью, обрисовывающей очертания в натуре. Дно котлована 2 вычерчивается одной горизонталью, выражающей его общие очертания; водоразделы 3 пока зываются линиями, изображающими направление, а выпуклости дужек направлены в сторону понижения. Тальвеги 4 изображаются пунктирными линиями с дужками, направленными в сторону повышения. Седловины 5 показываются пунктирными линиями, ограничивающими участок. Все эти точки и линии наносятся теми же приемами и способами, какими наносятся местные предметы: промером, если они находятся на ходовой линии, засечкой, если лежат в стороне, и полярным способом или по створам, если они расположены поблизости от ходовой линии. При этом определяют и подписывают на планшете взаимные превышения характерных точек рельефа и крутизну скатов.

Для определения взаимных превышений полезно отдельные возвышенности сравнивать по высоте как между собой, так и с близлежащими местными предметами известной высоты — деревьями, телеграфными столбами и т. п. При съемке рельефа надо придерживаться следующего правила: в каждой точке стояния наносить прежде местные предметы, а потом рельеф.

При глазомерной съемке счёт абсолютных высот горизонталей не ведется, поэтому один и тот же рельеф, вообще говоря, может быть изображен одинаково верно разным числом горизонталей. Однако лучшим следует признать тот чертеж, на котором горизонталей меньше. Таким образом, исполнитель должен стремиться наглядно показать рельеф наименьшим числом горизонталей.

Рисовка рельефа горизонталями начинается с проведения самой низшей из них, вырисовывающей подошву рельефа на снимаемом с данной точки участка местности. Чтобы провести последующие горизонтали, участок, охваченный первой (низшей) горизонталью, нужно предварительно разбить на меньшие части, содержащие одну-две неровности (вершины), каждую из этих неровностей зарисовать горизонталями. Внимательно всматриваясь в рельеф и соотносясь с нанесенными ранее заметками о крутизне, исполнитель проводит горизонтали, добываясь наглядного выражения характера скатов: чем круче скат, тем горизонтали проводятся чаще.

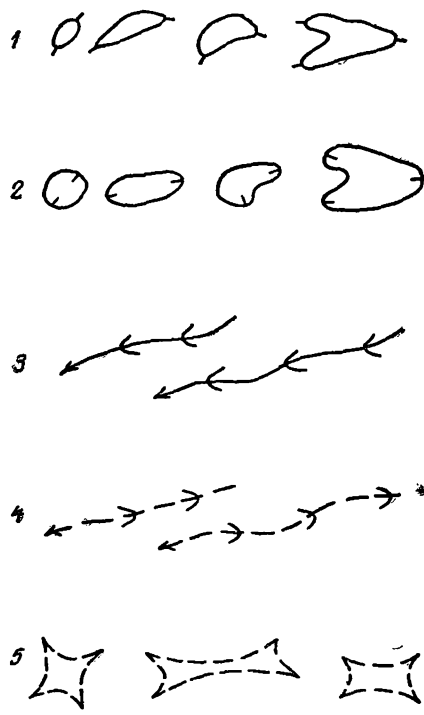


Рис. 177. Изображение типовых форм рельефа заметками

Невязка и ее распределение. Ходовые линии снимаемого участка представляют собой замкнутый криволинейный контур. Первая точка хода на планшете получается дважды: вначале ее намечают произвольно и от нее начинают все измерения; второй раз ее определяют относительно последней точки хода. Расстояние на планшете между точкой, намеченной вначале, и точкой, полученной с последней точки хода, является *невязкой* хода.

Получаемая при замыкании ходовой линии невязка не должна превышать 1 : 50 периметра хода. При допустимости невязки ее распределяют по способу параллельных линий (см. § 28). При этом сначала передвигают изображения линий хода, а затем соответственно все связанные с ними объекты.

Если невязка превышает допустимую, то это значит, что в работе допущена грубая ошибка, которую необходимо обнаружить и устранить. Для этого повторяют съемку, но не в прямом, а в обратном направлении, и зарисовывают все вновь. Чтобы избежать грубых ошибок и появления недопустимой невязки, надо при съемке придерживаться следующих правил.

В исходной точке ориентировать планшет по компасу, в дальнейшем по линиям местности, с проверкой по удаленным ориентирам.

Выбирать первую станцию так, чтобы с нее открывался наибольший кругозор, а первая ходовая линия проходила по прямому и более длинному участку дороги, по возможности на открытой местности.

Промеры вести от станции до станции.

Не увлекаться мелкими изгибами дорог или контура и тем самым сокращать число станций.

При засечках не ограничиваться двумя направлениями, а визировать с третьей точки.

При нанесении предметов и при визировании стоять лицом к предмету, на который берется направление, а планшет держать ориентированным.

Предметы, лежащие впереди, намечать на планшете слегка, и только, когда они будут проверены на месте, наносить окончательно.

Не оставлять на пройденном пути никаких подробностей, подлежащих съемке, не нанесенными на планшет в надежде на память. На каждой остановке бросать взгляд назад, чтобы проверить и дополнить нанесенные на предыдущей остановке, а придя на станцию, вычертить окончательно.

На каждой станции начинать вычерчивание пройденного пути только после того, как будет нанесена и проверена точка стояния.

При всяком удобном случае проверять точку своего стояния засечками или по створам.

Всю съемочную работу, вплоть до окончательной отделки планшета, выполнять, не уходя с участка.

Промеры линий хода производить ровным спокойным шагом и внимательно вести счет пар шагов.

Окончательное оформление плана. Участок вычерчивают не весь сразу, а частями. Мягкой резинкой вытирают на небольшой площади зарисованное при съемке так, чтобы след полевой работы был виден, и после этого начинают вычерчивать план карандашом начисто, условными знаками, соблюдая правила черчения.

Все линии визирования, перпендикуляров, створов и прочие вспомогательные пометки не восстанавливаются, так как они имели значение только во время съемки. Последовательность вычерчивания плана глазомерной съемки должна быть следующая:

— дороги, реки и условные знаки при них;

- населенные пункты;
- подписи селений, рек и т. д.;
- контуры угодий (лес, луг, выгон, болото и т. д.);
- горизонтали и крутизна скатов в градусах;
- вычерчивание контуров угодий заполняющими условными знаками;
- составление легенды.

Вверху плана надписывается заголовок, слева сбоку ставится стрелка Север — Юг, посредине внизу указывается линейный масштаб, справа — подпись исполнителя, слева — время съемки. План вычерчивают простым карандашом средней твердости. Местные предметы и рельеф изображают условными знаками топографических карт, по размеры знаков несколько увеличивают. Для упрощения работы допускается замена некоторых знаков, принятых для топографических карт, условными знаками, применяемыми на упрощенных схемах местности.

Использование глазомерной съемки в целях внесения исправлений и дополнений на существующих планах. Методы и приемы глазомерной съемки с успехом могут быть применены не только в целях составления плана участка местности, но и в целях внесения исправлений и дополнений на существующий план. Наличие готового плана значительно упрощает глазомерную съемку и увеличивает ее точность. Для внесения необходимых исправлений на план с него прежде всего составляется «скелет» картографического изображения местности, который служит основой глазомерного плана.

Составление скелета производится следующим образом. На план наносят границы нужного участка местности и в пределах этих границ сгущают координатную сетку путем деления сторон квадратов координатной сетки на равные части и прочерчивания линий, параллельных линиям сетки. Размеры сетки квадратов на плане необходимо взять таких размеров, чтобы на планшете глазомерной съемки размеры сетки квадратов равнялись 1—2 см. Необходимые элементы содержания карты по квадратам переносят на глаз на планшет глазомерной съемки, которые и дадут скелет для последующей съемки.

На скелет переносят не все содержание карты, а лишь те элементы местности, которые необходимы для ориентирования в процессе съемки и для решения задач, связанных с последующим использованием глазомерного плана. При съемке ситуации и рельефа на скелете применяются те же способы нанесения объектов на план, что и при съемке на чистом листе бумаги: промеры расстояний шагами, засечки, полярный способ, створы и перпендикуляры. Однако здесь нет необходимости в замыкании ходовых линий и последующей увязке ходов, так как ориентиры, перенесенные на план, обеспечивают пропорциональность изображения всех частей снимаемого участка и сохранения заданного масштаба плана. Эти ориентиры значительно облегчают глазомерные определения благодаря возможности сравнения расстояний между объектами съемки и перенесенными с плана элементами местности.

Съемка рельефа весьма упрощается. Отметки высот характерных точек и горизонтали, перенесенные с плана, служат несравненно более точной высотной основой плана, чем глазомерные заметки. После составления глазомерного плана местности с него вносят дополнения и изменения на исходный план.

ПОНЯТИЕ О СЪЕМКАХ БОЛЬШИХ ПЛОЩАДЕЙ
И ОБ АЭРОФОТОГЕОДЕЗИИ

Глава XV

ПОНЯТИЕ О СЪЕМКАХ БОЛЬШИХ ПЛОЩАДЕЙ

§ 80. ПРИНЦИПЫ ОРГАНИЗАЦИИ ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ РАБОТ
ПРИ СЪЕМКЕ БОЛЬШИХ ПЛОЩАДЕЙ

Для правильной организации и проведения съемок больших площадей создают плановую и высотную сеть опорных геодезических пунктов.

Основными принципами научной организации геодезических работ при создании плановой и высотной геодезической сети являются выполнение работ от общего к частному, систематический контроль проводимых работ.

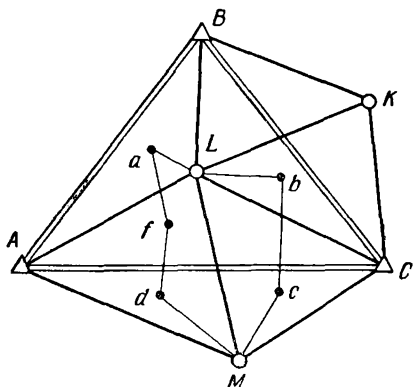


Рис. 178. Схема опорной геодезической сети

Переход от общего к частному требует первоначально определить с высокой точностью координаты и высоты небольшого числа прочно закрепленных на земной поверхности точек, а затем на основе этих опорных точек определить координаты и высоты большего числа точек, но с меньшей точностью.

Пусть, например, координаты и высоты пунктов ABC (рис. 178) определены наиболее точно. Они могут служить опорой для определения координат и отметок точек местности KLM , находящихся на более близких расстояниях между собой. Координаты и высоты этих точек, в свою очередь, являются исходными для получения координат и высот точек a, b, c, d и f .

По такому принципу создается сеть опорных пунктов, составляющих геодезическую основу. На основе такой сети производят съемку всех подробностей местности — ситуации и рельефа.

Таким образом, геодезическая основа представляет совокупность точек, прочно закрепленных на земной поверхности, положение которых определено по своему положению как в плане, так и по высоте. Значение ее состоит в том, что она:

- 1) ограничивает накопление ошибок измерений, так как при съемке на основе опорных пунктов неизбежные ошибки не накапливаются в отдельных местах, а равномерно распределяются по всей территории;
- 2) обеспечивает контроль результатов измерений;
- 3) создает возможность независимой работы отдельных исполнителей на различных участках;
- 4) дает возможность свести работы отдельных исполнителей в единое целое.

Геодезические сети СССР подразделяются на: государственную геодезическую сеть; геодезические сети сгущения; съемочные сети, которые, в свою очередь, подразделяются на плановые и высотные.

Государственная геодезическая сеть СССР. Она служит для выполнения научных и научно-технических работ, решения технических задач; является главной геодезической основой топографических съемок всех масштабов и должна удовлетворять различным требованиям народного хозяйства и обороны страны.

Государственная геодезическая сеть СССР состоит из:

а) сетей триангуляции, полигонометрии и трилатерации 1, 2, 3 и 4 классов, различающихся между собой точностью измерения углов и линий, длиной сторон и порядком их развития;

б) нивелирных сетей I, II, III и IV классов.

Геодезические сети сгущения. Являясь планово-высотным обоснованием топографических съемок масштабов 1 : 5000—1 : 500 и инженерно-геодезических работ, они подразделяются на:

а) триангуляцию 1 и 2 разрядов;

б) полигонометрические сети 1 и 2 разрядов;

в) сети технического нивелирования.

Съемочные сети. Сети служат непосредственной основой съемок всех масштабов и разных геодезических работ.

§ 81. ПОНЯТИЕ О ТРИАНГУЛЯЦИИ, ТРИЛАТЕРАЦИИ И ПОЛИГОНОМЕТРИИ. КАТАЛОГИ КООРДИНАТ

Метод триангуляции заключается в построении на местности системы примыкающих один к другому треугольников, вершины которых закрепляют подземными и наружными знаками. При создании сети измеряют все углы в треугольниках и обычно две стороны AB и MN (рис. 179).

По измеренным углам треугольников и базисам вычисляют длины всех сторон. Так, например, если в плоском треугольнике ABC известны одна сторона AB

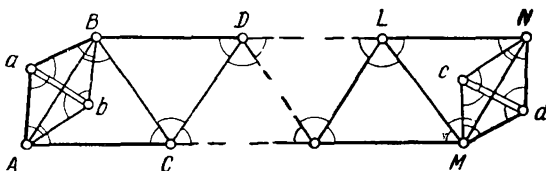


Рис. 179. Схема триангуляции

и все внутренние углы, то остальные стороны AC и BC могут быть вычислены по теореме синусов:

$$AC = \frac{AB}{\sin C} \sin B \text{ и } BC = \frac{AB}{\sin C} \sin A.$$

Сторона BC может быть использована для вычисления сторон BD и CD примыкающего к ней треугольника и т. д.

Координаты двух или нескольких пунктов (пункты Лапласа) и азимуты сторон получают из астрономических определений. По этим астрономически определенным исходным данным, по углам и сторонам треугольников вычисляют координаты вершин треугольников всей триангуляции. Поскольку стороны триангуляции чаще всего имеют большие размеры, то исходные стороны AB и MN , называемые выходными сторонами, не измеряют, а получают из вычислений базисных сетей $AaBb$ и $McNd$, в которых измеряют базисы ab и cd и все углы. В настоящее время в связи с внедрением электрооптических

дальномеров базисные сети не строят, а выходные стороны определяют дальномерами.

Для оценки точности триангуляции сторону MN , вычисленную из треугольника LMN , сравнивают с длиной MN , определенной от базиса cd .

Если в треугольниках вместо углов измерить все их стороны, то цепь или сеть, состоящая из таких треугольников, называется трилатерацией. Стороны

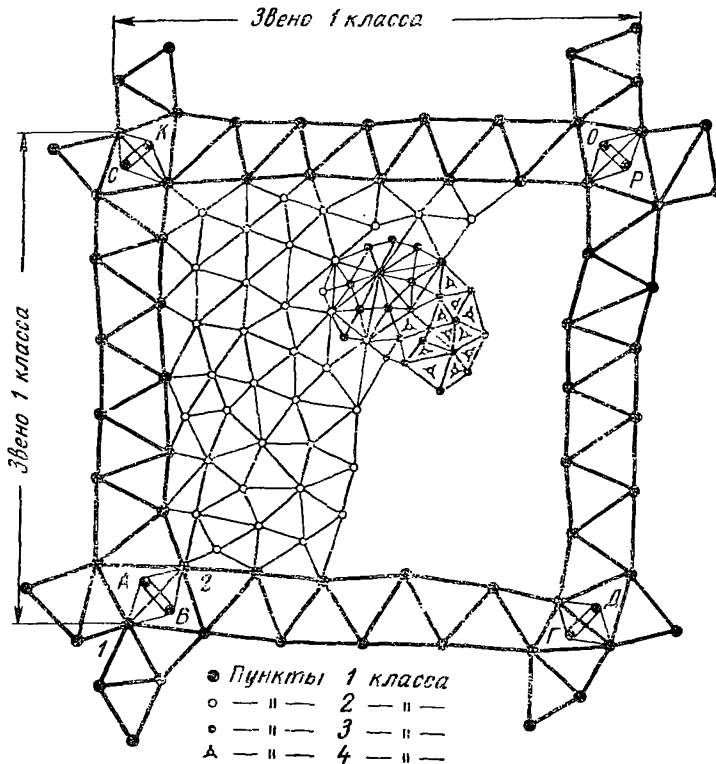


Рис. 180. Астрономо-геодезическая сеть

таких треугольников измеряют, как правило, свето- или радиодальномерами. Для создания плановой опорной геодезической сети кроме триангуляции и трилатерации применяется полигонометрия, представляющая собой один или несколько ходов, в которых измеряются все углы и длины линий.

От обычного теодолитного хода полигонометрический ход отличается более высокой точностью измерения углов и линий.

Триангуляция, полигонометрия, трилатерация и их сочетания являются основой для создания плановой геодезической сети. Основой при построении плановой опорной сети всех классов является триангуляция I класса, все измерения которой выполняются инструментами и методами, обеспечивающими наивысшую достижимую точность. «Государственная геодезическая сеть I класса, как астрономо-геодезическая сеть, предназначена для научных исслед-

дований, связанных с определением формы и размеров Земли, и для распространения единой системы координат на всю территорию СССР»*.

Геодезическая сеть I класса (рис. 180) строится в виде триангуляционных или полигонометрических звеньев, образующих замкнутые полигоны периметром около 800—1000 км, звенья которых длиной не более 200 км располагаются по возможности вдоль меридианов и параллелей.

Длины сторон в звеньях триангуляции I класса должны быть, как правило, не менее 20 км. Если сети I класса состоят из звеньев (ходов) полигонометрии, то их строят вытянутыми и состоящими не более чем из 10 сторон длиной 20—25 км каждая. Допустимые угловые невязки в треугольниках триангуляции I класса должны быть не более 3". Точность определения длины выходной стороны не должна превышать 1 : 400 000.

Государственная геодезическая сеть 2 класса состоит из сетей треугольников со сторонами от 7 до 20 км, сплошь покрывающих площади полигонов, составленных рядами триангуляции I класса. Допустимые невязки в сумме углов треугольников триангуляции 2 класса не должны превышать 3,5".

На основе геодезических сетей 1 и 2 классов развиваются геодезические сети 3 и 4 классов. Длина стороны триангуляции 3 класса должна быть не более 5—8 км, а триангуляция 4 класса от 2 до 5 км. Допустимые невязки в сумме углов треугольников в триангуляции 3 класса не должны превышать 5", а в триангуляции 4 класса 7".

Каталоги координат. Завершением работ по созданию опорной геодезической сети — триангуляции, трилатерации, полигонометрии — и нивелированию всех классов является составление каталогов, из которых и получают координаты пунктов геодезической сети. В каталогах кроме названий пунктов, номеров точек, видов и класса геодезических знаков по их местонахождению указывают для триангуляции: координаты X , Y и H каждого пункта сети с указанием системы координат, а также дирекционные углы сторон сети и их длины. Для полигонометрии: координаты X , Y и H пунктов, дирекционные углы и длины всех сторон полигонометрии. Высоты всех пунктов даются от уровня Кронштадтского футштока.

§ 82. ПОНЯТИЕ О РАВНОУГОЛЬНОЙ ПОПЕРЕЧНО-ЦИЛИНДРИЧЕСКОЙ ПРОЕКЦИИ ГАУССА. ТОПОГРАФИЧЕСКИЕ КАРТЫ, ИХ СОДЕРЖАНИЕ И НОМЕНКЛАТУРА. РЕШЕНИЕ ЗАДАЧ ПО ТОПОГРАФИЧЕСКОЙ КАРТЕ

Равноугольная поперечно-цилиндрическая проекция Гаусса. Переход от физической поверхности Земли к ее изображению на плоскости заключается

1) в проектировании земной поверхности с ее сложным рельефом на поверхность земного эллипсоида (или шара), что осуществляется в процессе топографических съемок;

2) в изображении поверхности эллипсоида на плоскости с помощью одной из картографических проекций.

Картографическая проекция — это математически определенный способ изображения поверхности эллипсоида (или шара) на плоскости.

В СССР применяется равноугольная поперечно-цилиндрическая проекция Гаусса.

* Инструкция о построении государственной геодезической сети СССР. М., «Недра», 1966, с. 3.

Построение картографической сетки меридианов и параллелей в этой проекции можно представить следующим образом. Вся земная поверхность делится меридианами на шестиградусные или трехградусные зоны. При этом выбор ширины зоны в 3 или 6° зависит от масштаба составляемой карты. При масштабе 1 : 10 000 и мельче берут шестиградусную зону, а при масштабе 1 : 5000 и крупнее — трехградусную.

Счет зон ведется к востоку от Гринвичского меридиана, при этом западная граница первой шестиградусной зоны совпадает с Гринвичским меридианом. Центральный меридиан зоны называется осевым меридианом. Долготу осевого меридиана определяют по формуле

$$L_0 = 6^\circ N - 3^\circ,$$

где N — номер зоны.

Каждая зона проектируется на поверхность цилиндра (рис. 181), касательного к осевому меридиану данной зоны. Проектирование производят под

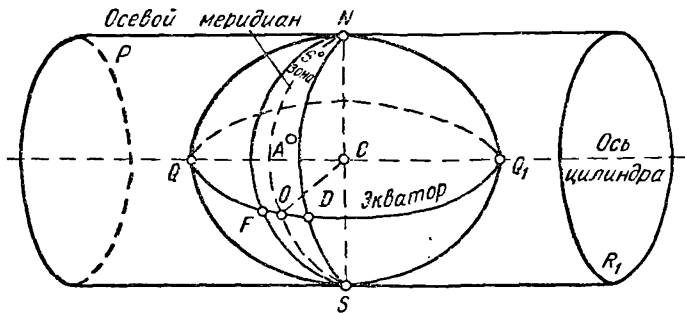


Рис. 181. Схема образования равноугольной поперечно-цилиндрической проекции Гаусса

условием равенства углов на земном эллипсоиде (шаре) и его проекции. Отсюда проекция является равноугольной. После того, как зона спроектирована на поверхность цилиндра, последний можно представить разрезанным по одной из образующих и развернутым. В результате такой операции получается плоскость.

Положение точек в проекции Гаусса можно определять по географическим координатам. Однако при решении геодезических задач это неудобно. На плоскости гораздо проще решать задачи по прямоугольным координатам. Поэтому в проекции Гаусса наряду с географическими используются и прямоугольные координаты (см. § 9).

Содержание топографических карт. Как было отмечено выше (см. § 5), географические карты масштаба 1 : 1 000 000 и крупнее называются топографическими. Топографические карты должны отвечать следующим требованиям: обладать возможной полнотой (не затрудняющей, однако, чтения карт и пользования ими); точность изображения ситуации и рельефа соответствовать масштабу карты; соблюдать географическое соответствие и правдоподобие.

Топографические карты имеют многоцелевое назначение, поэтому на них показываются все элементы местности; это отличает их от специальных карт, на которых преобладает показ какого-либо одного или нескольких элементов.

Топографическая (географическая) карта является сложным картографическим произведением. Она содержит:

- 1) математические элементы (картографическая проекция, масштаб, рамки, опорные геодезические пункты, координатная сетка);
- 2) картографическое изображение: гидрография — реки, озера, болота; рельеф местности; растительность и грунты; социально-экономические показатели: населенные пункты; пути сообщения и средства связи; политико-административное деление; элементы экономики и культуры;
- 3) вспомогательные элементы: легенда карты — таблица картографических условных знаков с необходимыми пояснениями; графики для измерений по картам (расстояний, крутизны скатов и т. п.); название или

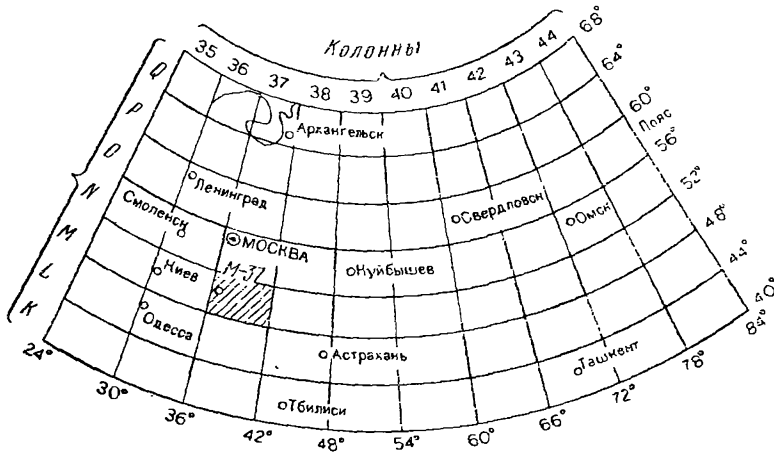


Рис. 182. Международная разграфка карты масштаба 1 : 1 000 000

номенклатура карты, фамилии автора и редактора, название, место и год издания и т. п.;

- 4) дополнительные данные: дополнительные карты и графические построения (профили, диаграммы и т. п.); таблицы и текстовые данные, которые поясняют, дополняют и обогащают картографическое изображение;

- 5) элементы графического и красочного оформления карты.

Номенклатура карт и съемочных планшетов. Для удобства пользования многолистной картой каждый ее лист определенным образом нумеруется. Система нумерации отдельных листов карты называется *номенклатурой*.

В основу номенклатуры листов карт различных масштабов положена номенклатура листа карты масштаба 1 : 1 000 000, которая называется *международной картой*.

Деление этой карты на листы выполнено следующим образом (рис. 182). Вся поверхность Земли разделена меридианами на шестиградусные колонны. Счет колонн начинается от меридиана, противоположного Гринвичскому. К северу и югу от экватора проведены параллели через 4° по широте, образующие пояса. Пояса обозначаются заглавными буквами латинского алфавита.

Проведенные меридианы и параллели служат границами отдельных трапеций листов карты масштаба 1 : 1 000 000.

Каждая трапеция имеет свою букву пояса и свой номер колонны. Например, номенклатура трапеции (см. рис. 182), на которой находится г. Харьков, будет М-37.

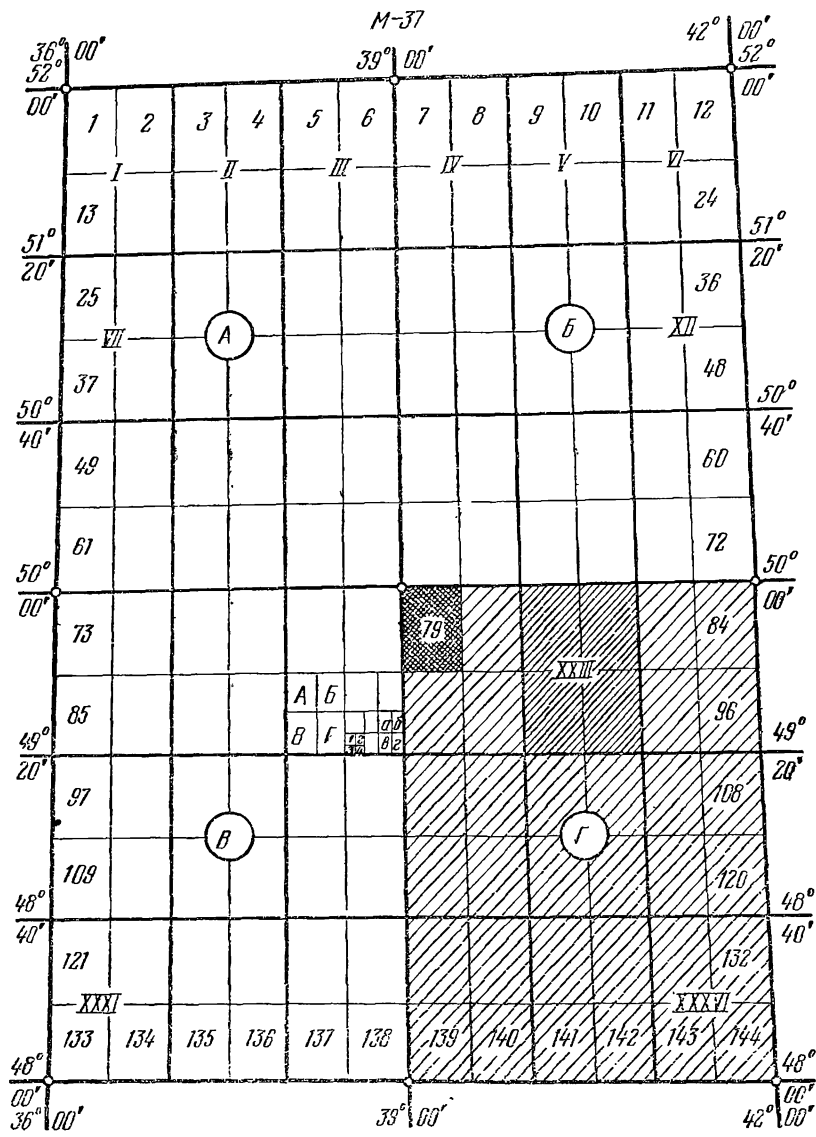


Рис. 183. Расположение листов карт в трапециях более мелких масштабов

В основе номенклатуры листов карт масштабов 1 : 500 000, 1 : 300 000, 1 : 200 000 и 1 : 100 000 (рис. 183) лежат листы миллионной международной карты. В одном листе миллионной карты содержится 4 листа карты масштаба

1 : 500 000 (А—Г), 9 листов карты масштаба 1 : 300 000 (I—IX), 36 листов карты масштаба 1 : 200 000 (I—XXXVI), 144 листа карты масштаба 1 : 100 000 (1—144).

Номенклатура карт более крупных масштабов (рис. 184) основывается на номенклатуре листов карт масштаба 1 : 100 000. В одном листе карты масштаба 1 : 100 000 содержится 4 листа карты масштаба 1 : 50 000, которые обозначаются заглавными буквами русского алфавита А, Б, В, Г.

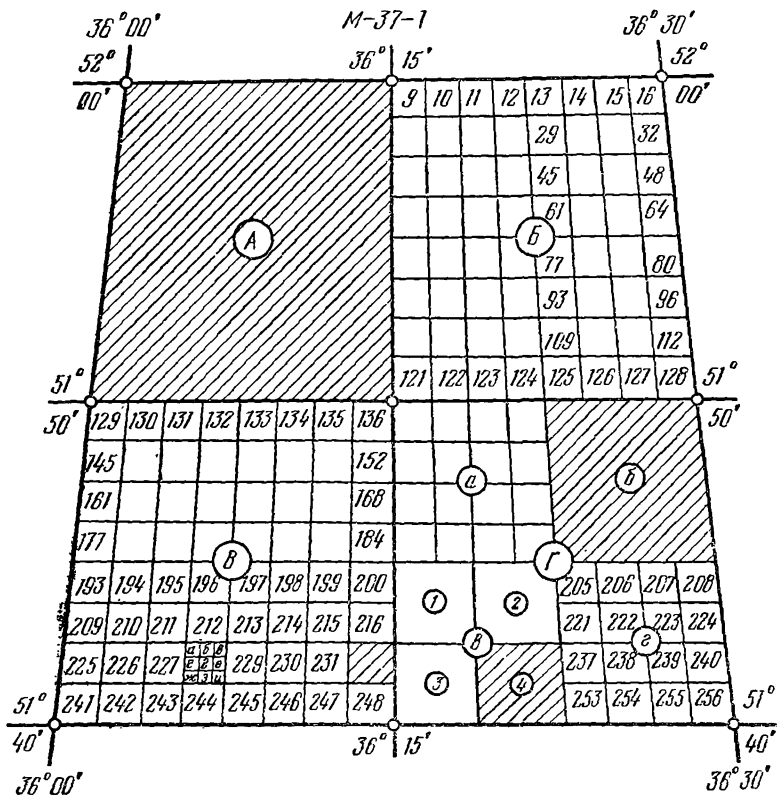


Рис. 184. Номенклатура карт крупных масштабов

В одном листе карты масштаба 1 : 50 000 содержится 4 листа карты масштаба 1 : 25 000, обозначаемых строчными буквами русского алфавита а, б, в, г. В одном листе карты масштаба 1 : 25 000 содержится 4 листа карты масштаба 1 : 10 000, которые обозначаются арабскими цифрами 1, 2, 3, 4.

Основанием для номенклатуры листов карт масштабов 1 : 5000 и 1 : 2000 служит также лист карты масштаба 1 : 100 000. В одном листе карты масштаба 1 : 100 000 содержится 256 листов карты масштаба 1 : 5000, которые обозначаются арабскими цифрами 1, 2, 3, . . . , 256, заключенными в скобки. Например, номенклатура последнего листа карты масштаба 1 : 5000, входящего в лист карты с номенклатурой М-37-1, будет М-37-1(256).

В одном листе карты масштаба 1 : 5000 содержится девять листов карты масштаба 1 : 2000, которые обозначаются строчными буквами русского алфавита а, б, в, г, д, е, ж, з, и, заключенными в скобки. Например, М-37-1—(256-и).

По номенклатуре можно определять широты и долготы любой трапеции, номенклатура которой известна. И наоборот, по геодезическим (географическим) координатам вершин трапеции или по географическим координатам точки, находящейся на листе карты, можно установить номенклатуру этой трапеции.

При создании топографических планов участков площадью до 20 км²*, как правило, применяется квадратная разграфка с рамками 40 × 40 см для листов планов в масштабе 1 : 5000 и 50 × 50 см — для листов планов в масштабах 1 : 2000, 1 : 1000 и 1 : 500. В этом случае за основу разграфки принимается лист плана в масштабе 1 : 5000, номенклатура которого обозначается арабскими цифрами.

Ему соответствуют четыре листа плана в масштабе 1 : 2000, номенклатура которых образуется присоединением к номеру листа плана в масштабе 1 : 5000 одной из первых четырех заглавных букв русского алфавита — А, Б, В, Г.

Листу плана в масштабе 1 : 2000 соответствуют четыре листа плана в масштабе 1 : 1000, обозначаемых римскими цифрами (I, II, III, IV) и 16 листов плана в масштабе 1 : 500, обозначаемых арабскими цифрами (1, 2, . . . , 16).

Номенклатура листов планов в масштабе 1 : 1000 или 1 : 5000 складывается из номенклатуры листа плана в масштабе 1 : 2000 и соответствующей римской цифры для листа плана в масштабе 1 : 1000 или арабской цифры для листа плана в масштабе 1 : 500 (например, 14-Б-IV или 14-Б-16).

Определение географических координат точек. На листах топографических карт меридианы и параллели не проводят (кроме рамок трапеции). Однако при необходимости их можно нанести при помощи минутных делений, нанесенных на градусной рамке, расположенной между внутренней рамкой

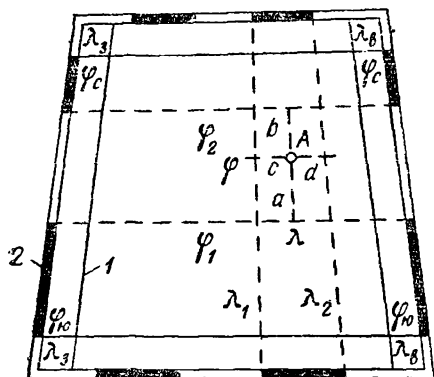


Рис. 185. К определению географических прямоугольных координат точек и углов ориентирования:

1—внутренняя рамка; 2—минутная рамка

листа карты и оформительской рамкой, залитой черной тушью.

При помощи градусной рамки через каждую минуту широты и долготы можно провести направления истинных меридианов и параллелей (рис. 185). Для этой цели соединяют прямыми оба конца одноименных минутных делений по широте и по долготе, расположенных на противоположных сторонах градусной рамки, так, чтобы определяемая точка оказалась между ними, и получают ближайшие и последующие параллели и меридианы; через точку А параллельно проведенным параллелям также проводят линию, представляющую собой параллель этой точки. Далее через эту же точку перпендикулярно к параллели проводят направление истинного меридиана. После этого измеряют длины координатных отрезков *a* и *b* (расстояния по меридиану от точки А до южной и северной параллелей), а затем *c* и *d* расстояния по параллели от той же точки до западного и восточного меридианов).

* Инструкция по топографо-геодезическим работам при инженерных изысканиях для промышленного, сельскохозяйственного, городского и поселкового строительства СН 212-73. М., Стройиздат, 1974. 152 с.

Широта φ и долгота λ искомой точки A определяются по формулам:

$$\varphi = \varphi_1 + \left[\frac{a}{a+b} \right] (\varphi_2 - \varphi_1) = \varphi_2 - \left[\frac{b}{a+b} \right] (\varphi_2 - \varphi_1);$$

$$\lambda = \lambda_1 + \left[\frac{c}{c+d} \right] (\lambda_2 - \lambda_1) = \lambda_2 - \left[\frac{d}{c+d} \right] (\lambda_2 - \lambda_1).$$

Определение прямоугольных координат точек. На топографических картах значения углов квадратов координатной сетки известны и подписываются внутри рамки трапеции. Поэтому координаты точки A x_A и y_A (рис. 186), расположенной внутри квадрата, можно вычислить путем измерения расстояний a, b, c и d при помощи поперечного масштаба по перпендикулярам, опущенным из той точки на стороны квадрата, и алгебраического сложения их со значениями координат соответствующих сторон.

Для более точного определения координат (с учетом деформации бумаги) пользуются формулами:

$$x_A = x_n + a + \Delta_1 \left[\frac{a}{a+b} \right] = x_{n-1} - b - \Delta_1 \left[\frac{b}{a+b} \right];$$

$$y_A = y_n + c + \Delta_2 \left[\frac{c}{c+d} \right] = y_{n-1} - d - \Delta_2 \left[\frac{d}{c+d} \right],$$

где $x_n, y_n, x_{n+1}, y_{n+1}$ — координаты соответственно юго-западного и северо-восточного углов квадрата; a и b, c и d — длины отрезков координатных линий, определяемых при помощи циркуля, измерителя и масштабной линейки; $\Delta_1 = m - (a + b)$ и $\Delta_2 = m - (c + d)$ — поправки за деформацию бумаги, где m — теоретическая длина стороны квадрата равная $x_{n+1} - x_n = y_{n+1} - y_n$, а $(a + b)$ и $(c + d)$ — измеренные стороны квадрата.

Определение длин отрезков и углов ориентирования. Горизонтальное проложение между точками A и B , взятое с листа карты, определяют непосредственно циркулем-измерителем по линейному или поперечному масштабам.

Дирекционный угол α направления отрезка линии определяют транспортиром. Для этого нулевой диаметр транспортира совмещают с вертикальной стороной километровой сетки, делают отсчет по ходу часовой стрелки от ее северного конца до данного направления и получают дирекционный угол.

Рис. 186. К определению прямоугольных координат точек

Более точные определения горизонтального проложения d и дирекционного угла α направления отрезка линии с учетом деформации бумаги производят аналитически. С этой целью прежде всего определяют координаты A и B конечных точек отрезка и, решая обратную геодезическую задачу, определяют дирекционный угол по формуле

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{\Delta y}{\Delta x}$$

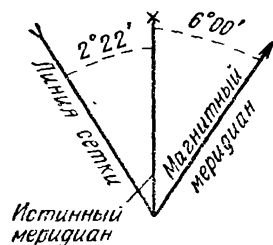


Рис. 187. Схема сближения меридианов и склонения магнитной стрелки

и горизонтальное проложение

$$d = \frac{\Delta x}{\cos \alpha} = \Delta x \cdot \sec \alpha = \frac{\Delta y}{\sin \alpha} = \Delta y \operatorname{cosec} \alpha = \sqrt{\Delta x^2 + \Delta y^2}.$$

Для определения истинного A и магнитного A_m азимутов по дирекционному углу пользуются углом сближения меридианов γ и склонением магнитной стрелки δ (см. § 22 и 23). Эти данные помещаются ниже южной рамки листа карты (рис. 187).

Г л а в а XVI

СБОРНЫЕ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЕ ПЛАНЫ, КАРТЫ И АТЛАСЫ

§ 83. ПОНЯТИЕ О СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ СБОРНЫХ ПЛАНАХ, КАРТАХ И АТЛАСАХ

Особенности сельского хозяйства и прежде всего его пространственная рассредоточенность, прямая зависимость от природных условий, использование земли в качестве основного средства производства определяют специфику управления этой отраслью экономики и планирования. Одно из важных мест в системе управления и планирования сельским хозяйством принадлежит сельскохозяйственным планам, картам и атласам. Объясняется это тем, что они значительно нагляднее, чем другие источники информации, показывают размещение, состояние и условия ведения сельскохозяйственного производства, определяют характерные черты взаимосвязи и взаимодействия имеющих в нем место явлений и процессов, обнаруживают закономерности и долговременные тенденции его развития, позволяют оценить перспективные направления специализации и планировать государственные мероприятия, обеспечивающие его общий и неуклонный рост.

Кроме природных особенностей территории на сельскохозяйственных картах представлены экономика, отрасли сельского хозяйства (земледелие, животноводство), размещение колхозов и совхозов, производительные силы, площади сельскохозяйственных культур, урожайность и другие элементы, необходимые как для перспективного планирования, так и для выполнения текущих задач, стоящих перед сельским хозяйством.

Карты играют важную роль в пропаганде достижений науки и передового опыта сельскохозяйственного производства.

Картографирование сельского хозяйства осуществляется составлением тематических карт и атласов, а в некоторых случаях и сборных планов.

Сельскохозяйственными принято называть карты, отображающие размещение, состояние и перспективы сельского хозяйства, а также природные и социально-экономические условия его развития.

С е л ь с к о х о з я й с т в е н н ы е а т л а с ы — это картографические произведения, представляющие собой систематизированные собрания взаимосвязанных, целенаправленных и, как правило, совместно сброшюрованных сельскохозяйственных карт, комплексно характеризующих сельское хозяйство и условия его развития.

Под сборными обычно подразумевают такие планы, которые создаются путем объединения крупномасштабных планов нескольких смежных землепользований для решения каких-либо совместных практических задач.

Сельскохозяйственные карты классифицируются:
 по масштабу на крупномасштабные (1 : 200 000 и крупнее), среднемасштабные (от 1 : 200 000 до 1 : 1 000 000) и мелкомасштабные (мельче 1 : 1 000 000);
 по картографируемой территории (карты колхозов, совхозов, административных районов, областей, республик и СССР);
 по содержанию (оценки природных и социально-экономических условий развития сельского хозяйства, производительных сил сельского хозяйства, отраслей сельского хозяйства, перспектив развития сельскохозяйственного производства и т. д.);
 по назначению — справочные, оперативно-хозяйственные, учебные и т. д.;
 по оформлению — многокрасочные, однокрасочные;
 по способу использования — стенные и настольные.
 По этим же признакам подразделяются и сельскохозяйственные атласы.

§ 84. СОСТАВЛЕНИЕ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ СБОРНЫХ ПЛАНОВ, КАРТ И ПРИБОРЫ, ПРИМЕНЯЕМЫЕ ПРИ ЭТОМ

Если геодезические съемки выполнены на государственной опорной сети с единой системой координат, работа по составлению сборного плана будет состоять из двух стадий.

1. Построение опорной сети сборного плана. С этой целью на листе бумаги строят координатную сетку и все опорные точки наносят по их координатам. Такими опорными точками могут быть пункты триангуляции, полигонометрии и точки окружающих границ колхозов, совхозов и других объединяемых участков.

2. Перенесение содержания на сборный план. Подробности с планов территорий колхозов, совхозов, отдельных участков переносят на сборный план различными способами.

Когда планы отдельных участков оставлены на основе опорных сетей с частными системами координат, встает задача объединения частных систем координат в единую систему. Это перечисление можно выполнить различными способами. Рассмотрим вкратце некоторые из них.

Прежде всего создание единой системы координат сборного плана можно осуществить путем сплошного перевычисления координат всех точек. При сплошном перевычислении координат точек используют первичные материалы полевых измерений углов, длин линий и заново выполняют вычисления и увязку углов и приращений координат всей группы ходов и полигонов на территории сборного плана. В результате обработки получают координаты всех точек в одной системе. Перевычисление частных систем в одну можно упростить, если вычисления вести не для всех, а только для узловых точек, используя перечисление координат узловых точек способом полигонов.

Пусть координаты точек *A, B, В, Г, Д, Е, Ж, З, К* четырех полигонов (рис. 188) вычислены в разных системах координат, надо объединить в одну.

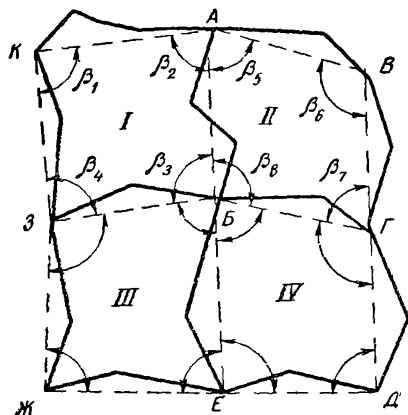


Рис. 188. К перечислению координат узловых точек способом полигонов

Поставленную задачу решают следующим образом. По координатам частных систем полигонов вычисляют дирекционные углы и длины замыкающих звеньев, показанных на рисунке пунктирными линиями, в каждом полигоне отдельно. Для каждой смежной замыкающей линии получают два значения, из которых берут среднее, если относительная ошибка их разности не превышает 1 : 500.

По дирекционным углам этих линий вычисляют горизонтальные углы между замыкающими линиями β . После этого, принимая вычисленные углы и ливии за исходные, увязывают углы, приращения координат и вычисляют обычным путем координаты узловых точек.

Для упрощения вычислительных работ создание единой системы можно осуществить перевычислением координат с помощью поправок к приращениям, вычисляемым по формулам аналитической геометрии.

Работа по созданию опоры сборного плана может быть значительно упрощена, если узловые точки наносить графически — методом линейных засечек.

С этой целью (рис. 189) точки одного из полигонов (обычно расположенного в центре) наносят на сборный план по координатам. Для графического нанесения узловых точек $A, B, B, Г$ других полигонов определяют длины замыкающих по координатам частных систем или графически по планам с помощью штангенциркуля и масштабной линейки.

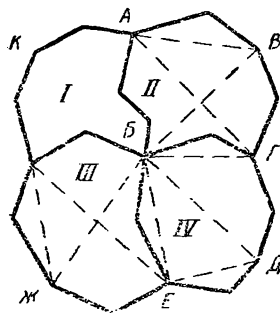


Рис. 189. Построение узловых точек графическим способом

Имея на сборном плане один полигон и располагая длинами замыкающих линий, узловые точки других полигонов наносят методом линейной засечки. При нанесении узловых точек методом линейных засечек нельзя допускать пересечения линий под очень острым или очень тупым углом, так как это снижает точность положения точки на сборном плане.

Одним из вариантов приведения частных систем координат в единую систему может быть рекомендовано использование топографических карт масштабов более крупных, чем масштаб составляемого сборного плана. В этом случае на топографической карте опознают точки окружных границ (не менее трех точек для каждого землепользования, равномерно расположенных по ее

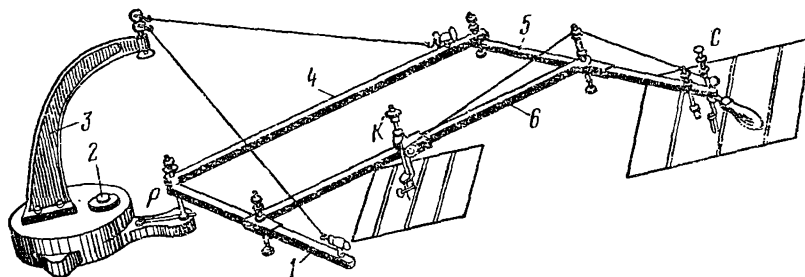


Рис. 190. Пантограф:

1, 4 — подвесные линейки; 2 — круглый уровень; 3 — журавель; 5 — линейка; 6 — передвижная линейка; P — полюс пантографа; K — карандаш; C — обводная игла

границе), после чего определяют координаты этих точек в государственной системе, по которым и создают опору сборного плана.

Когда на сборном плане будут получены узловыe точки, приступают к нанесению на него подробностей. Для перенесения содержания на сборный план могут быть применены способы — оптический, фотомеханический и самые простые — геометрический (по клеткам) и механический (с помощью пантографа).

Сущность метода перерисовки по клеткам заключается в том, что прежде всего строится одинаковое число клеток на исходном материале и на сборном плане с последующей перерисовкой содержания по этим клеткам на глаз. Клетки могут образовываться в результате сгущения координатной сетки или в результате построения фигур, сходящихся на идентичные точки.

Сама перерисовка в пределах клетки проводится в такой последовательности:

1) находят на карте и намечают на сборном плане точки пересечения контуров со сторонами клетки;

2) намечают внутри клетки основные точки поворотов и пересечения контуров;

3) по намеченным точкам вычерчивают контуры, осуществляя одновременно необходимые обобщения.

Точность нарисованных глазомерно контуров, как показали исследования, не зависит от степени уменьшения рисунка, а обуславливается размерами клеток на сборном плане. Поэтому рекомендуется брать размеры клеток на сборном плане со стороной 3—5 мм.

Точность составляемого сборного плана по клеткам будет порядка 0,3—0,4 мм.

Механический способ предусматривает применение для перенесения содержания специального прибора — пантографа.

Пантограф (рис. 190) состоит из четырех штанг, шарнирно соединенных между собой и образующих подвижный равносторонний параллелограмм, на одном конце которого находится полюс, на другом — обводной шпиль.

Установка пантографа заключается в определении правильного положения передвижной штанги и карандаша. Установку пантографа можно рассчитать по формуле

$$Y = L \frac{M}{m},$$

где L — длина пантографа (промышленностью выпускаются пантографы 600, 720, 840 и 960 мм); M — знаменатель численного масштаба источника; m — знаменатель численного масштаба сборного плана.

Отношение $\frac{M}{m}$ подписано непосредственно на линейках штанг.

Последовательность пантографирования. Вычисляют величину Y и устанавливают все три муфты (каретки) на соответствующий отсчет.

Находят на столе такое положение картографического источника и сборного плана, которое было бы удобно для работы и обеспечило бы высокую точность. Опыты показывают, что точность пантографирования повышается, если пантограф во время работы не принимает вытянутой формы, а пантографируемый участок располагается своей большей осью перпендикулярно к диагонали «полюс — карандаш».

Картографический источник закрепляют на столе. Совмещают обводной шпиль с одной из крайних точек картографического источника, подводят под карандаш соответствующую точку сборного плана, смещают в сторону пантограф и закрепляют в этой точке сборный план острой иглой.

Совмещают шпиль со второй точкой оригинала, наиболее удаленной от первой точки, а затем, вращая сборный план вокруг закрепленной точки, подводят вторую точку под карандаш и закрепляют на столе.

Проверяют правильность взаимного расположения картографического источника и сборного плана по другим общим точкам. Выполняют пантографирование.

Глава XVII

ПОНЯТИЕ ОБ АЭРОФОТОСЪЕМКЕ

§ 85. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ ОБ АЭРОФОТОСЪЕМКЕ И ЕЕ ПРИМЕНЕНИИ В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ

Аэрофотогеодезия изучает и разрабатывает способы получения с самолета снимков земной поверхности и преобразования их в планы и карты местности. Различают три вида аэрофотосъемки:

- 1) контурную, если результатом ее является контурный план;
- 2) комбинированную, когда контурный план дополняют рельефом, снятым с помощью мензулы;
- 3) стереотопографическую, когда по аэроснимкам в камеральных условиях на стереоскопических приборах получают топографический план местности.

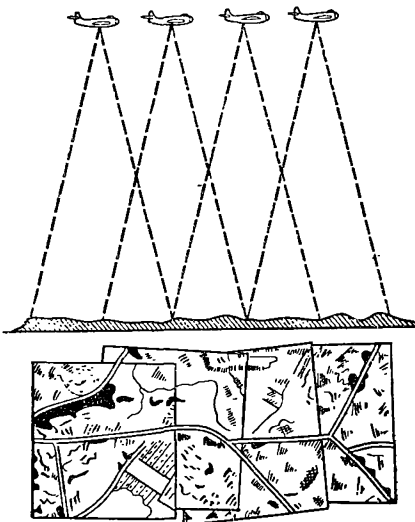


Рис. 191. Одномаршрутная аэрофотосъемка

Местность фотографируют аэрофотоаппаратом (сокращенно АФА), который устанавливают в самолете, чтобы плоскость снимка была возможно близкой к горизонтальной, а оптическая ось АФА — максимально приближалась к отвесному положению.

Если в процессе съемки оптическая ось не отклонялась от отвесного положения более чем на 3° , то такая аэрофотосъемка называется плановой, а полученные в результате ее аэроснимки — плановыми.

Аэрофотосъемка, выполненная при наклонном положении оптической оси аэрофотоаппарата, называется перспективной, а аэроснимки, соответственно, перспективными.

Различают еще аэрофотосъемку маршрутную и площадную. В первом случае (рис. 191) аэрофотосъемку местности ведут с одного маршрута, обеспечивая при этом перекрытие между снимками обычно равное 60% и называемое продольным. Площадная аэрофотосъемка (рис. 192), которая широко используется для сельскохозяйственного производства, выполняется несколькими параллельными маршрутами с таким расчетом, чтобы аэроснимки соседних маршрутов

взаимно перекрывались. Такое перекрытие называется поперечным и составляет 25—40%.

Достоинствами аэрофотогеодезии являются: быстрота получения планово-картографических материалов; объективность, точность и большая информационная емкость фотографического изображения местности; возможность охвата съемкой малодоступных территорий; уменьшение объема полевых работ (в сравнении с геодезическими съемками); возможность автоматизации ряда стадий аэросъемочных работ.

Все это позволило аэрофотогеодезии занять ведущее место в системе съемочных работ и стать к настоящему времени господствующим методом получения планов и карт.

Материалы — аэроснимки (см. § 86), фотосхемы и фотопланы (см. § 88) широко применяют в различных отраслях народного хозяйства. В сельском хозяйстве их используют при составлении и обновлении различных по

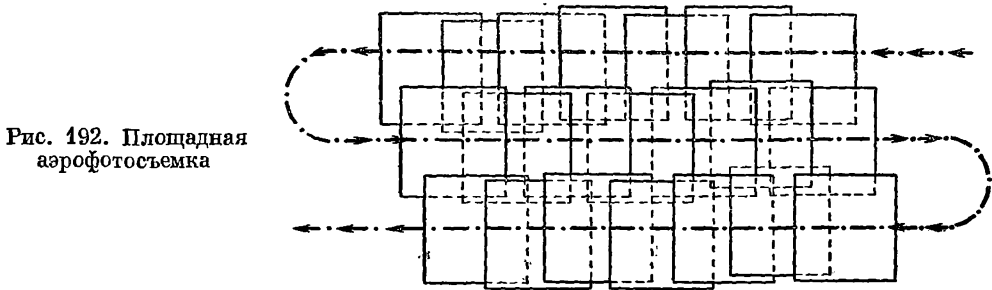


Рис. 192. Площадная аэрофотосъемка

содержанию сельскохозяйственных планов и карт, проведению землеустройства: при учете земель, при обследовании территорий, подверженных эрозии, при изысканиях для целей мелиорации, сельскохозяйственном строительстве и пр.

§ 86. АЭРОСНИМОК И ЕГО МАСШТАБ

Аэроснимок представляет собой центральную проекцию земной поверхности. Если в момент съемки оптическая ось аэрофотоаппарата была отвесной, а снимаемая местность — горизонтальной, то полученное изображение будет представлять собой план.

Масштаб планового аэроснимка равен отношению длины линии на снимке к ее длине на местности (рис. 193)

$$\frac{ab}{AB} = \frac{oS}{OS}$$

Одновременно из подобия треугольников ASB и bSa видно, что масштаб снимка также равен отношению фокусного расстояния аэрофотоаппарата к высоте фотографирования, т. е.

$$\frac{1}{m} = \frac{ab}{AB} = \frac{f}{H}$$

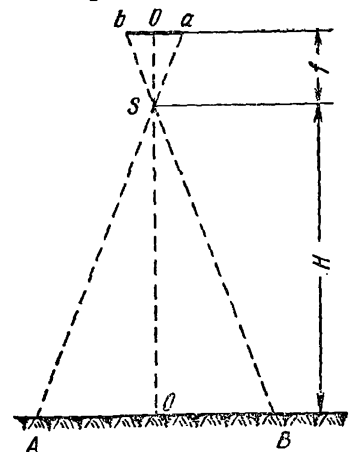


Рис. 193. Определение масштаба аэроснимка

Местность, однако, весьма редко бывает горизонтальной. Вертикальность оптической оси аэрофотоаппарата во время съемки редко сохраняется, не выдерживается неизменной и заданная высота полета, поэтому каждый снимок не является планом, а представляет собой несколько искаженное изображение местности. Влияние этих факторов наименьшее в центральной части снимка, именуемой его рабочей площадью (рабочая площадь определяется путем проведения линий посредине продольных и поперечных перекрытий). Именно эту часть снимка следует использовать для проведения измерений.

Чтобы изготовить план или карту по аэроснимкам, последние вначале трансформируют — устраняют искажения, вызванные наклоном оптической оси, и приводят к единому масштабу.

§ 87. ОСНОВНЫЕ СТАДИИ АЭРОФОТОСЪЕМОЧНЫХ РАБОТ

Создание планов и карт методами аэросъемки состоит из ряда взаимосвязанных между собой работ (стадий): лётносъёмочных, фотографических, топографо-геодезических и фотограмметрических.

Лётносъёмочные и фотографические работы включают в себя подготовку и выполнение полета самолета над снимаемой территорией по намеченным на лётной карте маршрутам, фотографирование территории аэрофотоаппаратами, обработку экспонированных фильмов и печатание непосредственно с негативов контактных аэроснимков, регистрацию материалов аэросъемки и изготовление наглядного монтажа. Последний представляет собой приближенное соединение аэроснимков путем их наложения друг на друга перекрывающимися частями и предназначается для оценки качества лётносъёмочных работ.

Топографо-геодезические работы заключаются в привязке аэроснимков — определении координат четырех точек (опознаков) каждого аэроснимка, необходимых для их трансформирования, дешифрирования объектов и контуров местности и проведении мензульной съемки в целях нанесения рельефа. Привязку и съемку рельефа производят путем полевых геодезических измерений.

Дешифрирование — это распознавание объектов и контуров местности на аэроснимках (фотосхемах, фотопланах) для их отображения на планах и картах. В процессе дешифрирования снимок (см. Учебные топографические карты, издания ГУТК) дополняют недостающими характеристиками местности, выясняют, например, названия географических объектов, этажность зданий, типы покрытия дорог, виды и возраст лесных насаждений, виды почвенного покрова, скорость и направление течения рек и пр. Различают топографическое дешифрирование — распознавание всех элементов местности (реки, дороги, населенные пункты и др.), необходимых для изображения на топографических планах и картах, и дешифрирование специальное, например почвенное, ботаническое и пр.

Дешифрирование может быть полевое, когда содержание изображенных объектов и контуров устанавливают непосредственно на местности, и камеральное, осуществляемое путем сличения снимков с образцами (эталопами), полученными в результате детального дешифрирования выборочных небольших площадей.

Полевое дешифрирование бывает визуальным и инструментальным. При дешифрировании используют прямые и косвенные дешифровочные признаки. К прямым дешифровочным признакам, непосредственно указывающим на характер дешифрируемого объекта, относятся:

- 1) форма изображения — на аэроснимках многие предметы сохраняют очертания, присущие им на местности;
- 2) размер изображения (измерив величину изображения на аэроснимке и зная его масштаб, несложно вычислить размеры предмета на местности);
- 3) тень, позволяющая в ряде случаев определить форму объекта, а по ней и его значение;
- 4) тон изображения, зависящий на аэроснимке от отображающей способности предмета (чем она больше, тем светлее изображение), характера поверхности предмета (чем она глаже, тем светлее изображение) и др.

Косвенными являются такие дешифровочные признаки, которые характеризуют взаимное расположение и взаимосвязи, существующие в природе между дешифрируемыми объектами. Например, для населенных пунктов характерно наличие групп домов, изображенных четырехугольниками; населенные пункты сельского типа распознаются по изображениям построек и примыкающих к ним огородов; дорога, заканчивающаяся у реки и продолжающаяся по другую сторону, указывает на наличие брода или моста и т. д.

Все отдешифрованные элементы вычерчиваются на аэроснимке, фото-схеме или фотоплане в принятых условных знаках.

Фотограмметрические работы выполняются в камеральных условиях и заключаются в трансформировании аэроснимков на специальных приборах-фототрансформаторах, изготовлении фотопланов и рисовке рельефа на стереоскопических приборах, позволяющих создавать и измерять модель сфотографированной местности.

§ 88. ФОТОСХЕМЫ И ФОТОПЛАНЫ

Фотосхемой называется непрерывное изображение местности, составленное из рабочих площадей контактных аэроснимков (контактная фотосхема), а в отдельных случаях — из уменьшенных или увеличенных снимков (приведенная фотосхема).

Фотосхемы из-за неточности монтирования аэроснимков, их разномасштабности и наличия искажений не представляют собой точных планов местности и поэтому могут использоваться только для приближенного определения длин линий и площадей участков, для дешифрирования, для обзора местности при рекогносцировке и пр.

Для изготовления фотосхемы на каждой паре перекрывающихся аэроснимков намечают среднюю линию перекрытия и обрезают снимки по этим линиям. Аэроснимки соседних маршрутов монтируют по зонам поперечного перекрытия и также обрезают посередине его.

Подготовленные таким образом контактные, а в отдельных случаях приведенные аэроснимки наклеивают на картон или фанеру, начиная эту работу с середины среднего маршрута с тем, чтобы равномерно распределить погрешности.

В ряде случаев требуется точное фотографическое изображение местности, для чего изготовляют фотопланы — планы местности, смонтированные из рабочих площадей трансформированных аэроснимков, т. е. аэроснимков, приведенных к одному масштабу и исправленных за наклон оптической оси аэрофотоаппарата при фотографировании.

Для получения фотоплана на жесткую основу — чертежную бумагу высшего качества, наклеенную на алюминий или фанеру, — наносят по координатам

натам ориентирующие точки (опознаки), а на трансформированных аэроснимках в этих точках пробивают отверстия, центры которых затем тщательно совмещают с ориентирующими точками основы.

На смонтированном оригинале, аналогично тому, как это делали при изготовлении фотосхем, аэроснимки разрезают по средним линиям перекрытий и наклеивают на основу.

Изготовленные таким образом фотопланы или их точные фотокопии используют для получения контурных или топографических планов местности. Для этого на фотопланах вычерчивают в условных знаках всю отдешифрованную ситуацию и рельеф, выполняют все необходимые надписи, после чего вытравливают фотоизображение.

И фотосхемы и фотопланы могут быть одномаршрутными и многомаршрутными.

ЧАСТЬ ВТОРАЯ

ОСНОВЫ
ЗЕМЛЕУСТРОЙСТВА *

* В связи с тем, что изучающие «Геодезию с основами землеустройства» студенты 1 курса еще не располагают знаниями по сельскохозяйственным дисциплинам, программой предусмотрено раскрытие только сущности и общих положений землеустройства, а также порядка землеустроительных работ. Соответственно этому и написана вторая часть учебного пособия.

РАЗДЕЛ VI
**МЕЖХОЗЯЙСТВЕННОЕ И ВНУТРИХОЗЯЙСТВЕННОЕ
ЗЕМЛЕУСТРОЙСТВО**

Глава XVIII

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О ГОСУДАРСТВЕННОМ ЗЕМЛЕУСТРОЙСТВЕ

**§ 89. ПОНЯТИЕ О ЗЕМЛЕУСТРОЙСТВЕ, ЕГО ЗАДАЧАХ, СОДЕРЖАНИИ
И ОСНОВНЫХ ПРИНЦИПАХ ПРОВЕДЕНИЯ**

Единый государственный земельный фонд и его использование. Земельные ресурсы, являющиеся одним из важнейших природных богатств, служат материальной основой общественного производства. Все земли на территории Советского Союза образуют единый государственный земельный фонд.

В соответствии с «**Основами земельного законодательства Союза ССР и союзных республик**» единый государственный земельный фонд по целевому назначению состоит: из земель сельскохозяйственного назначения, предоставленных в пользование колхозам и совхозам и другим землепользователям для сельскохозяйственных целей; населенных пунктов (городов, поселков городского типа и сельских населенных пунктов); промышленности, транспорта, курортов, заповедников и другого несельскохозяйственного назначения; государственного лесного фонда; государственного водного фонда; государственного запаса. В составе перечисленных основных категорий земли различаются еще по конкретному назначению и использованию. Право распоряжаться землей на территории СССР принадлежит только государству, которое бесплатно предоставляет земли в пользование:

— колхозам, совхозам и другим сельскохозяйственным, кооперативным, общественным предприятиям, организациям и учреждениям;

— промышленным, транспортным и другим несельскохозяйственным государственным, кооперативным, общественным предприятиям, организациям и учреждениям;

— гражданам СССР.

Пользование землей может быть бессрочным (постоянным) и временным, когда оно заранее ограничивается сроком (до трех лет — краткосрочное, от трех до десяти лет — долгосрочное).

Различают такие виды права пользования землей:

— **первичное**, когда землепользователь получает землю непосредственно от соответствующих государственных органов (таким правом пользуются колхозы, совхозы и другие государственные сельскохозяйственные предприятия, прочие предприятия, организации и учреждения);

— **вторичное**, когда землепользователь (колхозный двор, рабочий совхоза и др.) получает землю не от государственных органов, а непосредственно от землепользователя.

Землепользователи обязаны рационально использовать предоставленные участки, не совершая на них действий, нарушающих интересы соседних землепользователей.

Документом, удостоверяющим право бессрочного пользования землей, является государственный акт на право пользования землей, выдаваемый землепользователю исполкомами районных (городских) Советов депутатов трудящихся. Временное пользование землей осуществляется на основании решения органа, предоставившего земельный участок в пользование.

Сущность и задачи землеустройства. В решении всенародной задачи рационального использования земли — важнейшего богатства советского общества, — являющейся главным средством производства в сельском хозяйстве и пространственным базисом размещения и развития всех отраслей народного хозяйства, существенная роль отводится государственному землеустройству.

«Землеустройство, — как определено в ст. 47 Основ земельного законодательства Союза ССР и союзных республик, — включает систему государственных мероприятий, направленных на осуществление решений государственных органов в области пользования землей. Задачами государственного землеустройства являются организация наиболее полного, рационального и эффективного использования земель, повышение культуры земледелия и охрана земель»*.

Землеустройство, осуществляемое в области сельского хозяйства (именно эти вопросы составят основное содержание настоящего раздела), на всех этапах развития Советского государства и социалистического строительства было направлено на практическое решение важных государственных задач:

распределение значительной части бывших частновладельческих земель между трудовым крестьянством, организация и оформление совхозов, коммун и других общественных землепользований — такова цель землеустройства в первые годы Великой Октябрьской социалистической революции;

упорядочение землепользований крестьянских земельных обществ, введение севооборотов с ликвидацией внутриселенной много- и мелкополосицы, устройство совхозов и вновь организованных коллективных хозяйств — коммун, артелей, товариществ по совместной обработке земли — задачи восстановительного периода 1921—1927 гг.;

проведение работ по образованию и юридическому оформлению вновь организованных колхозов и совхозов, проведение внутрихозяйственной организации их территории с введением севооборотов и других мероприятий составляют сущность землеустроительных работ первой и второй пятилеток (1928—1937 гг.);

восстановление землепользований и земельной документации колхозов и совхозов в районах, освобожденных от немецких оккупантов, — эти вопросы были главными в первые послевоенные годы;

формирование землепользований укрупненных колхозов, а также совхозов, организуемых на целинных землях, проведение в них внутрихозяйственной организации территории; переустройство землепользований в зонах строительства крупных ГЭС, водохранилищ и оросительных систем и другие задачи, решаемые землеустройством в пятидесятые годы.

На современном этапе перед сельским хозяйством поставлены грандиозные задачи по увеличению производства сельскохозяйственной продукции для максимального удовлетворения продуктами питания населения и сырья для промышленности. Запланировано большое строительство крупных животноводческих комплексов, увеличение объема мелиорации земель, осуществление мероприятий по борьбе с водной и ветровой эрозией почв; как никогда, остро

* Основы земельного законодательства Союза ССР и союзных республик. М., «Юридическая литература», 1969, с. 40.

поставлен вопрос укрепления кормовой базы животноводства за счет высокопроизводительного использования естественных кормовых угодий. Существенные изменения в землепользование вносит укрупнение, а в ряде случаев разукрупнение колхозов и совхозов, перевод части колхозов в специализированные государственные хозяйства, углубленная специализация хозяйств, перестройка сельских населенных пунктов, а также отвод земель под промышленное, городское, дорожное и другие виды строительства. Указанные обстоятельства неизменно вызывают необходимость проведения в ряде колхозов, совхозов и других хозяйств повторного внутривладельческого землеустройства.

Задачи землеустройства на ближайший период заключаются в дальнейшем упорядочении землепользований колхозов и совхозов и совершенствовании внутривладельческой организации территории с установлением или уточнением специализации хозяйств и их производственных подразделений (отделений, бригад), упорядочением расселения и размещения производственных (хозяйственных) центров, организации угодий и севооборотов, внутреннего устройства территории севооборотов многолетних насаждений и кормовых угодий с разработкой научно обоснованных мер противозероизонной защиты земель колхозов и совхозов.

По мере развития производительных сил сельского хозяйства не только расширялись задачи землеустройства, но существенно углублялось его содержание и совершенствовались методы ведения.

Если в первые годы организации колхозов и совхозов землеустроительные работы ограничивались простой разбивкой пашни на поля севооборотов, то от современного землеустройства, использующего результаты почвенного, геоботанического и других обследований, а в последнее время и материалы качественной и экономической оценки земель, требуется научно обоснованное решение вопросов дифференцированного использования разных по качеству земель в системе различных севооборотов и угодий с проведением внутренней организации территории каждого из них и разработкой мероприятий по улучшению земель и противоэрозионной защите земель, подъему культуры земледелия, повышению плодородия почв, росту урожайности сельскохозяйственных культур, высокопроизводительному использованию новейшей техники, созданию прочной кормовой базы для животноводства и др.

В комплексе с проектом организации территории решаются вопросы организации отдельных отраслей хозяйства социалистических сельскохозяйственных предприятий, а в ряде случаев разрабатываются проекты гидромелиоративных мероприятий (орошение, осушение), гидротехнических сооружений, планировки населенных пунктов и др.

При составлении проекта организации территории не ограничиваются установлением основных показателей на ближайшую перспективу — на конец текущей или предстоящей пятилетки, — задача заключается в том, чтобы предусмотреть полное использование имеющихся резервов и возможностей дальнейшего развития хозяйства и максимального расширения производства сельскохозяйственной продукции, для чего требуется более длительный период.

Современное землеустройство, призванное обеспечить наиболее рациональное использование главного средства производства в сельском хозяйстве — земли, для успешной производственной деятельности и развития каждого сельскохозяйственного предприятия должно обеспечить следующие условия:

— оптимальное по размерам, расположению и составу земель землепользование;

— правильную научно обоснованную внутреннюю организацию его сельскохозяйственных земель;

— устойчивость правильно сформированного землепользования и проведенной внутривладельческой организации территории, исключающей частые изменения как в землепользованиях хозяйств, так и во внутреннем устройстве их территории.

Разумеется, что поиски оптимальных вариантов таких сложных по содержанию проектов требуют существенного совершенствования методов проведения землеустроительных работ. Теперь все чаще при их выполнении применяются линейное программирование, современная электронно-вычислительная техника и др.

В проведении землеустроительных мероприятий под руководством землеустроителя участвует большое число различных специалистов: геодезисты и топографы, почвоведы и геоботаники, мелиораторы и дорожники, гидрогеологи и строители и особенно агрономы, в связи с чем учебные планы агрономических специальностей и предусматривают изучение курса «Геодезия с основами землеустройства».

Содержание землеустройства. Государственное землеустройство включает следующие землеустроительные действия:

— образование новых, а также упорядочение существующих землепользований с устранением чересполосицы и других неудобств в расположении земель, уточнение и изменение границ землепользований на основе схем районных планировок;

— внутривладельческую организацию территории колхозов, совхозов и других сельскохозяйственных предприятий, организаций и учреждений с введением экonomicески обоснованных севооборотов и устройством всех других сельскохозяйственных угодий (сенокосов, пастбищ, садов и пр.), а также разработку мероприятий по борьбе с эрозией почв;

— выявление новых земель для сельскохозяйственного и иного народнохозяйственного освоения;

— отвод и изъятие земельных участков;

— установление и изменение городской черты, поселковой черты и черты сельских населенных пунктов;

— проведение топографо-геодезических, почвенных, геоботанических и других обследований и изысканий.

Основные принципы землеустройства. Землеустройство в СССР базируется на экономических законах социализма и решениях Партии и Правительства по развитию народного хозяйства, которые и предопределяют научно обоснованные положения (принципы) проведения землеустроительных работ.

Сущность этих принципов такова;

— неуклонное соблюдение основ национализации земли, укрепление и совершенствование социалистического землепользования;

— создание организационно-территориальных предпосылок, способствующих выполнению и перевыполнению народнохозяйственных планов и планов развития колхозов и совхозов;

— проведение землеустройства социалистических сельскохозяйственных предприятий в тесной связи с организацией их производства на основе передовых, наиболее прогрессивных методов использования земли и организации хозяйства в целом;

— тщательный учет природных и экономических условий зон, районов и конкретных хозяйств;

— проведение землеустройства с учетом формы социалистических сельскохозяйственных предприятий — колхозы, совхозы, учебно-опытные, подсобные и другие хозяйства.

§ 90. ВИДЫ, ФОРМЫ И ПОРЯДОК ПРОВЕДЕНИЯ ЗЕМЛЕУСТРОЙСТВА

Виды землеустройства. Различают два вида социалистического землеустройства: межхозяйственное и внутрихозяйственное.

Межхозяйственным землеустройством государство регулирует земельные отношения, распределяя и перераспределяя земельный фонд между отраслями народного хозяйства и внутри отраслей между отдельными предприятиями, учреждениями и организациями путем образования новых упорядочений и изменений существующих землепользований.

Объектом межхозяйственного землеустройства являются землепользования сельскохозяйственных и несельскохозяйственных предприятий, учреждений и организаций, в том числе и земли государственного земельного запаса. Отличительной чертой этого землеустройства является то, что своими действиями оно охватывает разные отрасли народного хозяйства и одновременно затрагивает землепользование группы смежных хозяйств, связанных общностью решаемых задач, а иногда целых административных районов и экономических зон. Осуществляется межхозяйственное землеустройство с учетом интересов как отдельных землепользователей, так и всего народного хозяйства или отдельных его отраслей.

Внутрихозяйственное землеустройство представляет собой сложное комплексное организационно-хозяйственное мероприятие по внутренней организации территории сельскохозяйственных земель каждого отдельного колхоза, совхоза и других землепользований, занимающихся сельскохозяйственной деятельностью (учебно-опытные хозяйства, дома отдыха, санатории и пр.), с введением экономически обоснованных севооборотов и устройством всех других угодий (сенокосов, пастбищ, садов и пр.), а также с разработкой мероприятий по борьбе с эрозией почв. Цель внутрихозяйственного землеустройства — организация более производительного, рационального и эффективного использования земли и других средств производства, совершенствование структуры всех отраслей данного хозяйства и дальнейшего его развития.

Таким образом, объектом землеустройства этого вида являются сельскохозяйственные земли отдельных землепользований, в том числе и несельскохозяйственных учреждений и организаций, занимающихся сельским хозяйством.

Межхозяйственное и внутрихозяйственное землеустройства, несмотря на отмеченные различия, тесно связаны между собой и в совокупности составляют единую систему государственных мероприятий по регулированию и утверждению социалистических земельных отношений, рациональной организации территории как в колхозах и совхозах, так и во всем народном хозяйстве.

Внутрихозяйственное землеустройство, как правило, является продолжением землеустройства межхозяйственного. В ряде случаев они могут проводиться одновременно, но при этом первоочередному решению подлежат вопросы межхозяйственного землеустройства.

Формы землеустройства. Выполняемые землеустроительные работы следует различать прежде всего по числу охватываемых землепользований — объектов землеустройства.

Так, при межхозяйственном землеустройстве объектами работы могут быть: небольшие группы хозяйств, что характерно при простейших обменах землями, выделении незначительных участков для несельскохозяйственных нужд, укрупнении или разукрупнении отдельных хозяйств и др.;

значительные группы хозяйств, охватывающие административные районы и даже экономические зоны — при переустройстве землепользований в зонах государственных оросительных или осушительных систем, крупных водохранилищ и пр.

При внутрихозяйственном землеустройстве по этому признаку различают две формы:

выборочную, когда землеустроительные работы проводятся в отдельных хозяйствах;

групповую, когда внутренняя организация территории проводится в ряде смежных хозяйств, расположенных, например, в зоне создаваемого крупного водохранилища, и т. п.

Ряд форм проведения внутрихозяйственного землеустройства выделяется еще в зависимости от полноты и детальности проработки землеустроительных проектов и целей организации территории.

1. Предварительное или упрощенное землеустройство, осуществляемое наипростейшими приемами, представляет собой нарезку клеток или полей, т. е. создание временной территориальной основы для проведения полевых работ (эта форма землеустройства широко применялась, например, на целинных землях в первые годы их освоения).

2. Частичное землеустройство, состоящее в дополнении или частичном изменении проекта.

3. Полное землеустройство, заключающееся в полной разработке комплексного проекта организации территории хозяйства, решении всех вопросов организации производства, улучшения земель и т. д.

4. Экспериментальное, или опытное, землеустройство, целью которого является разработка методики внутренней организации колхозов и совхозов в новых условиях (например, на осушаемых землях), с последующим широким применением ее в землеустроительной практике.

Порядок проведения землеустройства. Землеустройство проводится либо на основании ходатайств заинтересованных в этом землепользователей, либо по инициативе землеустроительных органов, что наиболее характерно при внутрихозяйственной организации территории, либо по решению органов государственной власти, что чаще всего встречается в практике межхозяйственного землеустройства.

Государством установлен порядок (состав действий и последовательность их осуществления) проведения землеустройства, так называемый землеустроительный процесс, включающий следующие стадии:

подготовительные работы;

составление, обсуждение и утверждение проекта землеустройства;

перенесение проекта в натуру (на местность);

изготовление, размножение и выдача землепользователю (при межхозяйственном землеустройстве — землепользователям) землеустроительных документов;

авторский надзор за осуществлением проекта землеустройства.

В соответствии с «Основными положениями земельного законодательства Союза ССР и союзных республик» землеустройство, включая проектно-изыскательские, съемочные и обследовательские работы, проводится за счет государства.

§ 91. СТРУКТУРА, ЗАДАЧИ И ОРГАНИЗАЦИЯ РАБОТЫ ЗЕМЛЕУСТРОИТЕЛЬНОЙ СЛУЖБЫ

Структура и основные задачи землеустроительной службы. Общее руководство землеустройством в нашей стране возложено на Министерство сельского хозяйства СССР, землеустроительная служба которого включает в себя следующие органы:

Главное управление землепользования и землеустройства Министерства сельского хозяйства СССР;

главные управления (управления) землепользования, землеустройства, полезащитного лесоразведения и охраны земель министерств сельского хозяйства союзных республик;

отделы землепользования и землеустройства министерств сельского хозяйства автономных республик и управлений сельского хозяйства исполкомов краевых и областных Советов депутатов трудящихся;

главные (старшие) землеустроители управлений сельского хозяйства исполкомов районных Советов депутатов трудящихся и исполкомов городских Советов депутатов трудящихся.

На землеустроительную службу МСХ СССР возложены обязанности вести государственный учет земель, рассматривать материалы об изъятии земель для несельскохозяйственных нужд; принимать участие в планировании мероприятий, направленных на правильное использование и охрану земель; организовывать проверку проведения противоэрозионных работ; давать заключения и вносить предложения в тематические планы научно-исследовательских учреждений по вопросам использования и охраны земель; содействовать внедрению новых эффективных методов использования и охраны земель; оказывать землепользователям необходимую помощь в организации правильного использования земель и в проведении противоэрозионных и других мероприятий по охране земель; принимать участие в пропаганде земельного законодательства; осуществлять государственный контроль за использованием и охраной земель, за правильным ведением земельного кадастра*, за осуществлением проектов землеустройства, а также руководить работой общественных инспекторов по использованию и охране земель.

Методическое руководство всеми видами землеустроительных и земельно-учетных работ осуществляет Главное управление землепользования и землеустройства МСХ СССР, а также министерств сельского хозяйства союзных республик и Государственный научно-исследовательский институт земельных ресурсов (ГИЗР).

Организация проектно-изыскательских работ при землеустройстве: В системе Министерства сельского хозяйства каждой союзной республики функционирует республиканский проектный институт по землеустройству («Гипрозем»), а во всех областях (краях) — его филиалы, отделения или экспедиции, в составе которых, в свою очередь, образуются комплексные или специализированные отделы (секторы), проектные группы, изыскательские партии.

«Гипроземы» и их филиалы (отделения, экспедиции) выполняют все виды проектно-изыскательских работ по землеустройству: разрабатывают проекты межхозяйственного и внутрихозяйственного землеустройства, схемы районной

* Советский земельный кадастр содержит систематизированную совокупность данных по регистрации землепользований, учету количества и качества земель, бонитировке почв и экономической оценке земель.

планировки, проекты планировки и застройки сельских населенных пунктов, планы организационно-хозяйственного устройства колхозов и совхозов, техно-рабочие проекты на культурные пастбища, на улучшение естественных кормовых угодий, закладку садов и виноградников, противоэрозионные лесомелиоративные насаждения и гидротехнические сооружения, рекультивацию земель, нарушенных открытыми горными выработками, отводы земель для государственных и общественных надобностей и другие работы, а также работы по земельному кадастру, упорядочению земельного учета, созданию и корректировке плано-картографических материалов для целей проектирования и земельного учета, инженерно-геологические работы, почвенные, геоботанические, агрохозяйственные и другие обследования и изыскания.

В сложном процессе землеустройства большое место отводится геодезическим работам, освещению которых была посвящена первая часть настоящего учебного пособия. Для землеустроительных мероприятий используются планы, карты и профили, полученные в результате выполнения геодезических работ. При составлении землеустроительных проектов широко используются приборы и методы, изложенные в первой части учебного пособия. Наконец, используя геодезические методы, переносят на местность границы спроектированных объектов землеустройства (участки, поля и др.). Образно говоря, землеустроительные мероприятия начинаются и завершаются геодезическими работами.

Государственный учет земель. Земельный учет занимает в единой системе народнохозяйственного учета страны особое место, обуславливаемое тем, что земля в отличие от других средств производства является продуктом самой природы и учитывается только в натуральном выражении по площади.

Учитывая эту особенность, земельный учет выделен в самостоятельный вид, ведение которого возложено не на статистические органы, а на землеустроительную службу Министерства сельского хозяйства СССР.

Документацию, которая ведется при учете земель, подразделяют на текстовую и плано-картографическую. В текстовой земельноучетной документации сведения приводятся в натуральных величинах (гектарах) и даются необходимые текстовые пояснения. На плано-картографических документах земельноучетные показатели отображаются графически. Земельноучетные данные получают путем проведения инвентаризации земель, различных съемок, обследований, обмеров.

При учете количества и качества земель земельные угодья подразделяют на сельскохозяйственные (пахня, залежь, многолетние насаждения, сенокосы и пастбища) и несельскохозяйственные (овраги, балки, леса, защитные лесные насаждения, болота, кустарники, а также земли, занятые постройками, улицами, площадями, дорогами и пр.).

Основными земельноучетными документами являются земельная шнуровая книга — в колхозах, совхозах и других государственных сельскохозяйственных предприятиях и Государственная книга регистрации землепользований — в районе, в которой фиксируются общая площадь хозяйств, состав их угодий, качество основных сельскохозяйственных угодий, приусадебные земли и др.

Учет земель несельскохозяйственных предприятий, учреждений и организаций ведет главный (старший) инженер-землеустроитель района в отдельной тетради.

На основании указанных документов районное управление сельского хозяйства (его главный инженер-землеустроитель) ежегодно по состоянию

на 1 ноября составляет по единой общесоюзной форме годовой отчет о распределении земель по категориям, землепользователям и угодьям.

Годовой земельный отчет района после утверждения райисполкомом представляют областному управлению сельского хозяйства. Сводный отчет области (края) после его утверждения облисполкомом (крайисполкомом) представляется Министерству сельского хозяйства республики. Сводный отчет в целом по республике по тем же единым формам утверждает Совет Министров республики.

На основании республиканских отчетов Главное управление землепользования и землеустройства Министерства сельского хозяйства СССР составляет годовой земельный отчет всей страны.

Государственный контроль за использованием земель. Государственный контроль за использованием земель осуществляется Советами депутатов трудящихся, их исполнительными и распорядительными органами (в соответствии с их компетенцией), а также землеустроительной службой Министерства сельского хозяйства СССР.

Начальники всех главных управлений землеустроительной службы, перечисленных в начале этого параграфа, являются главными государственными инспекторами по использованию и охране земель, а их заместители — заместителями главных государственных инспекторов соответственно СССР, союзных республик, автономных республик, краев, областей. В административных районах главный (старший) инженер-землеустроитель является одновременно и государственным районным инспектором по использованию и охране земель.

К осуществлению государственного контроля широко привлекаются общественные инспекторы по использованию и охране земель, выдвигаемые коллективами колхозов, совхозов и других предприятий из числа специалистов сельского хозяйства и других лиц, хорошо знающих сельскохозяйственное производство.

Основной задачей государственного контроля за использованием земель, а следовательно, и важнейшей задачей землеустроительной службы является обеспечение соблюдения министерствами, ведомствами, государственными, кооперативными, общественными организациями и учреждениями, а также гражданами положений земельного законодательства о правильности использования земель в соответствии с их целевым назначением, проведении мероприятий по охране почв, рекультивации земель, а также за правильным ведением земельного кадастра, осуществлением проектов землеустройства и других проектов, касающихся использования земель и охраны почв.

Должностным лицам землеустроительной службы, осуществляющим государственный контроль за использованием земель, предоставлено право требовать от землепользователей и соответствующих органов обязательного предоставления документов, подтверждающих их права на землю и отражающих действительный характер эксплуатации этих земель, проверять их фактическое состояние, давать землепользователям рекомендации по правильному использованию земель, представлять акты о нарушениях земельного законодательства в административные комиссии при исполкомах районных (городских) Советов депутатов трудящихся для привлечения виновных к административной ответственности — штрафу.

Государственным инспекторам по использованию и охране земель предоставлено право давать колхозам, совхозам, предприятиям, организациям и учреждениям обязательные для исполнения указания по вопросам охраны и использования земель, вносить предложения в соответствующие органы

о прекращении работ, которые приводят к порче земли, и об изъятии земель у тех землепользователей, которые нарушают правила пользования землей или, если использование земель может привести к развитию процессов, ухудшающих состояние почв, ставить перед руководителями предприятий, учреждений и организаций вопрос о привлечении к административной или уголовной ответственности лиц, виновных в нарушении земельного законодательства.

Г л а в а X I X

МЕЖХОЗЯЙСТВЕННОЕ ЗЕМЛЕУСТРОЙСТВО

§ 92. ЗАДАЧИ И СОДЕРЖАНИЕ МЕЖХОЗЯЙСТВЕННОГО ЗЕМЛЕУСТРОЙСТВА

Межхозяйственное землеустройство, как уже отмечалось, является составной частью системы мероприятий, посредством которых государство осуществляет свои функции по управлению единым государственным земельным фондом страны, его распределению и перераспределению между отраслями народного хозяйства и между отдельными землепользователями.

Целью межхозяйственного землеустройства является создание новых землепользований, рациональных по размеру, расположению и составу земельных угодий, обеспечивающих эффективное ведение производства, а также переустройство и упорядочение существующих землепользований различных сельскохозяйственных и других предприятий, учреждений и организаций.

Учитывая различия в целевом назначении перечисленных мероприятий, межхозяйственное землеустройство подразделяют на три основных направления.

1. Образование новых землепользований различных предприятий, учреждений и организаций с подразделением:

а) образование землепользований сельскохозяйственного назначения (колхозов, совхозов, учебно-опытных хозяйств и пр.);

б) образование землепользований несельскохозяйственного назначения (промышленных предприятий, учреждений транспорта, отвод земель городам и поселкам городского типа и пр.).

2. Переустройство землепользований в связи с изменением их из-за укрупнения или разукрупнения хозяйств, изъятия земель для государственных нужд (строительство заводов, фабрик, дорог, водохранилищ и пр.), изменения городской черты и т. д.

3. Упорядочение существующих землепользований:

а) предприятий, учреждений и организаций, занимающихся сельским хозяйством, с целью устранения недостатков в расположении земель (чересполосицы, дальнотелье, вкрапливания, вклинивание и других неудобств);

б) промышленных, транспортных и других несельскохозяйственных предприятий, учреждений и организаций.

§ 93. ПОРЯДОК ПРОВЕДЕНИЯ МЕЖХОЗЯЙСТВЕННОГО ЗЕМЛЕУСТРОЙСТВА

Межхозяйственное землеустройство осуществляется путем последовательного выполнения стадий работ, указанных в § 92. Причем возбуждение землеустроительного дела, т. е. включение в план проведения определенных видов землеустроительных работ, проводятся, как уже отмечалось, по ходатайству

предприятий, организаций и учреждений, заинтересованных в землеустройстве, или по инициативе государственных органов.

Подготовительные работы. Эта стадия включает установление состава участников межхозяйственного землеустройства, выявление пожеланий заинтересованных землепользователей, учреждений и организаций, изучение земельноучетных документов, материалов схем районных планировок *, землеустройства, планово-картографических и других материалов, изготовление необходимых выкопировок.

В случаях организации новых землепользований или, если предстоит значительное перераспределение земель, при упорядочении существующих землепользований в состав подготовительных работ включают обследование в натуре (на местности) всей территории затрагиваемых проектом хозяйств, получают сведения, характеризующие хозяйственную деятельность предприятий, затрагиваемых проектом землеустройства: земельные ресурсы, численность населения по хозяйствам и населенным пунктам, планы сдачи и продажи продукции государству, сведения о валовой и товарной продукции за последние 3—5 лет, урожайности сельскохозяйственных культур, поголовье животных и т. д.

Составление проекта. Составление проекта межхозяйственного землеустройства включает в себя в одних случаях разработку, экономическое обоснование и проектирование на плане новых землепользований, обеспечивающих эффективное ведение производства, в других — исправление границ существующих землепользований. Как правило, вначале разрабатывают предварительный (эскизный) проект (в сложных случаях в нескольких вариантах), а после выбора лучшего варианта составляют окончательный — технический проект.

Рассмотрение, утверждение и перенесение проекта в натуру. Составленный проект межхозяйственного землеустройства предъявляется землепользователям на плане, а иногда и в натуре. Проект рассматривают в каждом хозяйстве, землепользование которого затрагивается проектом: в колхозе — на общем собрании колхозников или собрании уполномоченных, в совхозе — на техническом совещании при директоре предприятия. Следует подчеркнуть особую охрану устойчивости колхозных землепользований, определенную законодательством: уменьшение колхозных земель, вызываемое государственными или общественными нуждами, может быть произведено только с согласия общего собрания членов колхоза.

* Районная сельскохозяйственная планировка представляет собой государственное мероприятие по рациональному размещению производительных сил, созданию организационно-территориальных и хозяйственных предпосылок, способствующих правильному использованию трудовых и материальных ресурсов, природных богатств, достижений науки, техники, а также рациональному размещению на территории района населения и учреждений здравоохранения и культурно-бытового обслуживания.

На основании государственных перспективных и текущих планов развития народного хозяйства определяются для конкретного административного района: перспективы развития экономики, особенно развития сельского хозяйства (специализация и интенсификация производства, использование сельскохозяйственных угодий, объемы продукции, развитие растениеводства, животноводства и других отраслей, механизация и электрификация производства) и обслуживающих его отраслей; размещение сельскохозяйственных и других предприятий, их хозяйственных центров, упорядочение землепользований; организация использования земельного фонда района; инженерное оборудование территории района (размещение систем энергоснабжения, водоснабжения, связи и т. п.); перспективы строительства и размещения населенных пунктов, учреждений и организаций, обслуживающих население. Вопросы землеустройства, решаемые при районной планировке схематически, в последующем реализуются путем составления проектов межхозяйственного землеустройства.

После одобрения проектов в колхозах они рассматриваются в районном управлении сельского хозяйства, а по совхозам — в трестах совхозов и передаются на рассмотрение в исполком райсовета депутатов трудящихся.

В соответствии с порядком, предусмотренным законодательством, проекты межхозяйственного землеустройства утверждают:

— исполнительные комитеты областных Советов депутатов трудящихся — при изменении границ и размеров землепользования колхозов, а также сельскохозяйственных предприятий и организаций местного подчинения, независимо от величины земельной площади;

— советы министров республик — при изменении границ и размеров землепользований совхозов и других сельскохозяйственных предприятий, организаций и учреждений республиканского подчинения, а также изменении границ колхозов с совхозами и другими государственными предприятиями, организациями и учреждениями;

— советы министров республик по согласованию с соответствующими союзными министерствами и ведомствами — при изменении границ и размеров землепользований совхозов, учебно-опытных и других хозяйств союзного подчинения.

Утвержденный проект переносят в натуру. Эта работа заключается в закреплении поворотных пунктов границ землепользований межевыми знаками установленного образца, пропашке граничных линий и прокладке по границам теодолитных ходов.

Оформление и выдача землепользователям землеустроительных документов. Материалы проекта межхозяйственного землеустройства после перенесения проекта в натуру свидетельствуются (проверяется наличие всей необходимой технической и юридической документации и соответствие ее оформлению и содержанию требованиям действующих инструкций), после чего исполком районного (городского) Совета депутатов трудящихся выдает каждому колхозу, социалистическому сельскохозяйственному предприятию (совхозы, подсобные хозяйства, опытные хозяйства сельскохозяйственных научно-исследовательских и учебных заведений) и другим землепользователям государственный акт на право пользования землей.

В этом документе содержится текстовая и графическая части, указано название землепользователя, площадь закрепленных за ним земель, описание смежных земель (названия смежных землепользователей), дата выдачи государственного акта.

На плане государственного акта показывают (по данным теодолитных ходов, проложенных при перенесении проекта в натуру) все точки, закрепленные в натуре межевыми знаками, линии сухоходных границ и урочищ, постоянные землепользования, длины линий между поворотными пунктами границ.

Г л а в а ХХ

ВНУТРИХОЗЯЙСТВЕННОЕ ЗЕМЛЕУСТРОЙСТВО

§ 94. ЗАДАЧИ И СОДЕРЖАНИЕ ВНУТРИХОЗЯЙСТВЕННОГО ЗЕМЛЕУСТРОЙСТВА КОЛХОЗОВ И СОВХОЗОВ

Внутрихозяйственное землеустройство является важным мероприятием по организации более полного и рационального использования всех земельных угодий с введением правильных севооборотов, улучшению кормовых угодий и созданию крепкой и устойчивой кормовой базы для животноводства с целью

расширения производства сельскохозяйственной продукции и снижения ее себестоимости.

Внутрихозяйственное землеустройство проводят на всех землях, закрепленных за сельскохозяйственным предприятием (пашня, сенокос, пастбище, многолетние насаждения и др.). При этом решается комплекс тесно связанных между собой вопросов по размещению населенных пунктов, хозяйственных центров, земельных массивов, производственных подразделений, магистральной дорожной сети; организации угодий и севооборотов; устройству территории севооборотов, многолетних плодовых насаждений, сенокосов, пастбищ; по разработке комплекса мероприятий по борьбе с эрозией почв и охране земель от засоления, заболачивания и других; водоснабжению, орошению и осушению земель.

Ряд вопросов — территориальное размещение производственных подразделений и хозяйственных центров, организация и размещение угодий и севооборотов, устройство территории пахотных земель и кормовых угодий, противоэрозионные агротехнические мероприятия — при внутрихозяйственном землеустройстве разрабатывают на уровне техно-рабочего проекта. Вопросы же мелиорации, водохозяйственного и дорожного строительства, посадки лесомелиоративных насаждений, строительства противоэрозионных и противоселевых гидротехнических сооружений и террас, закладки многолетних плодовых насаждений и виноградников, организации долголетних культурных пастбищ решаются на этом этапе схематически, являясь в дальнейшем основой для составления специальных технических проектов.

Внутрихозяйственное землеустройство включает ряд особенностей, предопределяемых различиями в видах сельскохозяйственных предприятий:

- 1) внутрихозяйственное землеустройство колхозов;
- 2) внутрихозяйственное землеустройство совхозов;
- 3) внутрихозяйственное землеустройство других предприятий, учреждений и организаций, занимающихся сельским хозяйством.

Работы по внутрихозяйственному землеустройству выполняются в строго обусловленной последовательности (см. § 92) по стадиям.

§ 95. ПОДГОТОВИТЕЛЬНЫЕ РАБОТЫ ПРИ ВНУТРИХОЗЯЙСТВЕННОМ ЗЕМЛЕУСТРОЙСТВЕ

Составлению проекта внутрихозяйственного землеустройства предшествуют подготовительные работы, в процессе которых производится сбор и изучение материалов ранее выполняемых геодезических съемок, почвенных, геоботанических и других обследований, сведения о земельном учете и оценке земель, проектов землеустройства прежних лет, схем районной планировки, а также материалов, характеризующих состояние хозяйства и определяющих перспективы его развития. Затем проводится корректировка (уточнение) существующих планов и составляется новый план землепользования, проводится землеустроительное обследование территории сельскохозяйственного предприятия и разрабатывается задание на составление проекта землеустройства.

Сбор и изучение материалов, используемых при внутрихозяйственном землеустройстве. Эти работы начинают с изучения и оценки существующего плана землепользования, обращая внимание на его внешнее состояние, год и методы съемки и др. Если на плане не изображен рельеф местности, без учета которого невозможно правильно разработать комплекс противоэрозионных мероприятий, рационально расположить угодья, севообороты и их поля,

лесополосы, то изготавливают копию горизонталей с топографической карты. Кроме того, составляют картограмму крутизны склонов — чертеж, на котором отображают водораздельные линии, тальвеги, границы контуров склонов с указанием стрелками направления склона и его уклона в градусах.

Затем собирают и анализируют материалы:

— характеризующие производство и экономику землеустраиваемого хозяйства — размер его отраслей, организация бригад или отделений, площади посевов и урожайность сельскохозяйственных культур, поголовье в животноводстве и продуктивность животных, доходность хозяйства, перспективы его развития;

— по учету земель — экспликация, сведения о землях постороннего пользования;

— по бонитировке почв и экономической оценке земель (если эти работы уже проводились в хозяйстве)*;

— обследования почв — почвенную карту хозяйства, пояснительный текст к ней, картограммы (карты) агропроизводительной группировки земель, эродированных земель, засоленности почв, солонцов и солонцеватых почв, переувлажненных почв, каменистости почв, глубины залегания и минерализации грунтовых вод, механического состава почв и др.;

— геоботанического обследования, отображающие границы геоботанических контуров, оценку кормовых достоинств сенокосных и пастбищных угодий, их продуктивность и рекомендации по дальнейшему использованию;

— мелиоративного и водохозяйственного обследований, характеризующих водный режим территории хозяйства, включая сведения о наличии рек, ручьев, скважин, шахтных колодцев и других водоемов, дебите и качестве воды в них;

— дорожного обследования, дающих характеристику магистральных и внутрихозяйственных дорог, проходящих на территории колхоза или совхоза, с указанием видов дорог, ширины полосы отвода, дорожных сооружений, типа покрытия полотна дороги и т. д.;

— агролесомелиоративного обследования, содержащие метеорологические данные (направление господствующих ветров, среднегодовая максимальная и минимальная температура воздуха, среднегодовое количество осадков и пр.), характеристику существующих в хозяйстве лесных насаждений, их площади, ассортимент древесно-кустарниковых пород, наличие питомников;

— районной планировки.

* Бонитировкой, или качественной оценкой, почв называется сравнительная оценка почвенного плодородия при сопоставимом уровне ведения хозяйства, основанная на данных о многолетней урожайности и объективных свойствах самих почв. Для определения бонитета почв за основу принимают шкалу урожайности ведущих сельскохозяйственных культур, при этом в 100 баллов оценивают самую плодородную по отношению к каждой культуре, но достаточно распространенную почву.

Экономическая оценка земли — это ее всестороннее изучение как основного средства производства сельского хозяйства с целью определения нормального (для средних условий хозяйства) относительного уровня плодородия, а также продуктивности и доходности земельных угодий. Существуют различные методы проведения земельно-оценочных работ, в частности на Украине в качестве основных критериев оценки земли приняты: по плодородию — отношение стоимости валовой продукции к затратам производства (производительность затрат), по продуктивности — стоимость валовой продукции, по доходности — чистый доход. Шкала экономической оценки земельных угодий представляет собой таблицу относительных показателей (в баллах) уровня плодородия, продуктивности и доходности земельных угодий: пахотных земель, кормовых угодий и многолетних насаждений. Наиболее плодородные, высокопродуктивные и высокодоходные почвы принимают за эталон относительной оценки (100 баллов).

При изучении всех перечисленных материалов особое внимание обращают на их точность и соответствие действительности и, если это необходимо, уточняя, исправляя и дополняя их в полевых условиях. На этой стадии выполняют те из указанных выше обследований, которые не проводились ранее, а в ряде случаев еще и восстанавливают границы землепользований, проводят геодезические съемки их территории либо корректируют имеющиеся планово-картографические материалы*.

Тщательно изучают и материалы прежнего внутрихозяйственного землеустройства, устанавливают состояние ранее введенных севооборотов и других элементов проекта, выявляют мероприятия, проведенные для осуществления проекта, определяют причины, вызывающие необходимость проведения нового землеустройства.

В виде протоколов либо письменных заявлений фиксируют пожелания землепользователей, основанные на глубоком знании резервов и возможностей дальнейшего развития и совершенствования хозяйства. Учет этих пожеланий оказывает существенную помощь в поисках оптимальных проектных решений.

Составление проектного плана землепользования. Технической основой для составления проекта внутрихозяйственного землеустройства является план землепользования хозяйства, точно отображающий расположение границ землепользования, усадебных земель, различных угодий, дорог, рек и других контуров ситуации, представляющий собой копию плана-оригинала, составленного в результате специально выполненных геодезических съемок или откорректированного плана съемок прошлых лет. Такой план составляют обычно в масштабе 1 : 10 000 путем накладки по координатам точек окружной границы землепользования и точек внутренней ситуации, имеющих аналитические координаты, и копирования контуров ситуации с плана-оригинала с помощью восковки.

Если план землепользования занимает несколько листов, на каждом из которых стараются представить территорию отдельного отделения или бригады, то кроме этого плана путем его пантографирования составляют еще и сборный план в масштабе 1 : 25 000.

Для разработки вариантов землеустроительного проекта изготавливают копии плана землепользования в масштабе 1 : 10 000 и сборного плана на светочувствительной бумаге или литографским путем.

Землеустроительное обследование территории хозяйства. Очень важное значение для правильного решения вопросов внутрихозяйственного землеустройства имеет помимо анализа перечисленных выше материалов комплексное землеустроительное (агрохозяйственное) обследование территории, проводимое с целью выявления имеющихся резервов и определения порядка дальнейшего более рационального использования различных частей территории.

При землеустроительном обследовании территории колхоза или совхоза проводят:

— выявление возможностей увеличения площади продуктивных земель за счет перевода (трансформации) в пашню, сенокосы и другие интенсивные угодья залежей, кустарников, заболоченных земель, засыпки и освоения мелких оврагов, рекультивации различных выработок, участков прежних хуторов и ликвидированных населенных пунктов, старых изреженных садов, лесополос и других малопроductивных земель;

* Корректировкой называется внесение на план или карту изменений, происшедших на местности со времени их составления.

— определение состояния использования земель и необходимости проведения мелиоративных, противоэрозионных и других мероприятий, включая орошение, осушение, посадку лесных насаждений и строительство гидротехнических сооружений;

— выявление участков естественных кормовых угодий, требующих улучшения, а также участков, на которых целесообразно создать культурные пастбища;

— наметку желательного размещения отдельных видов угодий и севооборотов; выбирают участки, наиболее пригодные для садов, ягодников, виноградников и объектов нового хозяйственного строительства;

— изучение расселения и размещения производственных и хозяйственных центров, строений и сооружений.

В процессе полевой подготовки, обычно одновременно с корректировкой, проводят съемку расположения посевов сельскохозяйственных культур и выявляют их предшественников за предыдущий год. Съемку расположения посевов на год землеустройства ведут полуинструментально и результаты наносят на одну из копий плана землепользования карандашом в поле. Данные о предшественниках получают по книге истории полей, а в случае ее отсутствия опросом специалистов хозяйства и его производственных подразделений. После этого составляют «чертеж предшественников», на котором границы контуров посевов вычерчивают точечным пунктиром, культуры, которыми занята площадь в текущем году, закрашивают цветными карандашами, а названия предшествующих им пишут тушью.

Землеустроительное обследование производит комиссия, состоящая из представителей проектной организации — землеустроителя и агронома и представителей землеустраиваемого хозяйства — его отраслевых специалистов. В ряде случаев возникает необходимость и в привлечении отраслевых специалистов проектной организации — агролесмелиораторов, гидротехников и др. Особенно важно активное участие ведущих специалистов обследуемого сельскохозяйственного предприятия, которые хорошо знают свои земли и имеющиеся резервы их более производительного использования и которые в дальнейшем будут осуществлять все проектные мероприятия. Результаты обследования и вытекающие из них рекомендации по всем составным частям проекта внутрихозяйственного землеустройства комиссия оформляет в виде акта, в котором дает описание рельефа, почв, качества угодий и способа их использования. К акту прилагают чертеж обследования.

Одновременно собирают, анализируют, уточняют и используют для выработки наиболее рациональных предложений по землеустройству материалы проведенных ранее почвенно-эрозионного, геоботанического, агролесомелиоративного, водохозяйственного, дорожного и других специальных обследований территории хозяйства.

По каждому виду обследований составляются по формам, установленным инструкциями, полевые журналы, поконтурные ведомости и чертежи, характеризующие обследованные участки и объекты, а также готовится текстовая часть с выводами и предложениями, позволяющими наметить правильные мероприятия. Все документы подписывают специалисты, проводившие обследования, после чего эти материалы рассматриваются и принимаются правлением колхоза или дирекцией совхоза. Чертежи и акты обследований подписывают также руководители сельскохозяйственных предприятий.

Дело, оформленное в результате подготовительных работ, включает копии (или оригиналы) плана землепользования, почвенного, геоботанического

и других планов с объяснительными записками к ним; земельно-учетные документы; протокол проверки и установления внешних границ; акт и чертеж землеустроительного обследования; чертеж предшественников сельскохозяйственных культур; копии (или оригиналы) итоговых специальных обследований — почвенно-эрозионного, агролесомелиоративного и других мероприятий; полевые журналы, чертежи обследований и пояснительная записка о намечаемых проектных решениях по землеустройству (выбор земельных участков под сады, ягодники и виноградники, мест для расширения существующих и образования новых производственных центров, участков под лесные защитные насаждения и пр.).

Разработка задания на составление проекта внутрихозяйственного землеустройства. На основании изучения материалов, характеризующих природные и экономические условия хозяйства, агрохозяйственного обследования территории и перспективного плана развития разрабатывается задание на составление проекта внутрихозяйственного землеустройства. В задании указывается специализация хозяйства и его производственных подразделений, организационно-хозяйственная структура (число бригад, отделений, ферм, их размеры и размещение), земельный фонд и его использование, другие важные показатели на последний год текущей пятилетки и на год полного освоения мероприятий по организационно-хозяйственному устройству: структура посевных площадей и урожайность сельскохозяйственных культур, поголовье животных и птицы, их продуктивность, производство продукции животноводства и др.

При составлении задания учитывают результаты производственной деятельности хозяйства за предшествующие годы, достижения передовых колхозов и совхозов зоны, опытных и научных учреждений, материалы районной планировки и проведенного землеустроительного обследования.

Задание разрабатывается руководителями и специалистами хозяйства при участии специалистов проектной организации, которым предстоит составлять проект внутрихозяйственного землеустройства территории.

§ 96. СОСТАВЛЕНИЕ ПРОЕКТА ВНУТРИХОЗЯЙСТВЕННОГО ЗЕМЛЕУСТРОЙСТВА

Составление проекта обычно проводят в порядке комплексного решения взаимосвязанных составных частей и элементов организации территории хозяйства. При этом четко соблюдается принцип «от общего к частному» — прежде всего решаются наиболее важные вопросы, после этого разрабатываются отдельные элементы устройства территории. Уместно заметить, что при разработке проекта широко используются геодезические методы и приборы для определения положений линий и точек на плане, проектирования земельных участков и др.

В колхозах проектирование начинают с размещения населенных пунктов, массивов бригад и производственных центров, в совхозах — с размещения отделений и хозяйственных центров.

После этого последовательно решают вопросы размещения магистральной дорожной сети, организации и размещения сельскохозяйственных угодий и севооборотов, устройства территории каждого севооборота, устройства территории многолетних насаждений и, наконец, определяют мероприятия по улучшению естественных кормовых угодий и организуют их территорию.

Число производственных подразделений и размеры, их размещение и специализация определяются исходя из рекомендованных для данной агроклиматической зоны оптимальных размеров и специализации хозяйств, состава,

качества и размещения сельскохозяйственных угодий, сложившейся системы расселения и др.

Размещение населенных пунктов в проекте внутрихозяйственного землеустройства заключается в том, чтобы с учетом намечаемой производственной структуры хозяйства определить организационно-хозяйственные функции отдельных населенных пунктов, установить перспективу их развития, ограничить приусадебные земли от земель общественного пользования, уточнить их площади и разработать порядок дальнейшего использования.

К магистральным дорогам внутрихозяйственного значения относятся дороги, соединяющие отдельные населенные пункты и производственные центры между собой и внешними пунктами (административными центрами, железнодорожными станциями и пр.), а также с массивами севооборотов и других угодий. При проектировании магистральных дорог стремятся достигнуть кратчайших расстояний между пунктами с минимальным количеством препятствий на трассе дороги (рек, болот, оврагов и пр.), требующих создания специальных сооружений, исключая дробления примыкающих площадей на мелкие участки, не удобные для механизированной обработки. Ширина проектируемых внутрихозяйственных магистральных дорог не должна превышать 6—18 м.

При организации сельскохозяйственных угодий и севооборотов (рис. 194) решают два вопроса: 1) устанавливают состав и размещение основных угодий с одновременным проектированием их трансформации и улучшения и 2) проектируют севообороты.

Определяя состав и размещение угодий, стремятся обеспечить по возможности сохранение или увеличение площади сельскохозяйственных угодий за счет освоения участков, не используемых в сельскохозяйственном производстве, распашки излишних дорог, выравнивания (засыпки) оврагов, террасирования крутых склонов, рекультивации земель, нарушенных разработками полезных ископаемых, и пр. Видоизменение (преобразование) угодий, перевод одних угодий в другие с целью повышения производительности используемых земель, улучшения условий организации хозяйства, выполнение производственных процессов, называется трансформацией угодий. Общее правило трансформации — перевод малопродуктивных угодий в более продуктивные.

Размеры площадей под сады, ягодники и виноградники определяются в соответствии с перспективным планом развития хозяйства с учетом использования имеющихся малопродуктивных земель (крутые пахотные склоны, балочные земли и др.), не затрагивая удобные пахотные земли.

Участки под многолетние насаждения следует проектировать едиными крупными и компактными массивами, вблизи населенных пунктов и водоемов, выделяя южные склоны под виноградники, а северные — под плодовые насаждения. На выделенных участках грунтовые воды должны залегать не выше 2 м, а для семечковых пород и виноградников — 3 м. В южных засушливых районах для участков, выделяемых под сады и виноградники, следует предусматривать орошение, особенно для пальметтных садов.

Наиболее продуктивные площади луговых земель, на которых возможно механизировать уборку сена, расположенные вдали от животноводческих ферм, отводят под сенокосы, а расположенные вблизи ферм, — под пастбища.

Проекты внутрихозяйственного землеустройства должны предусматривать создание культурных пастбищ путем улучшения естественных кормовых угодий: коренного, имеющего целью заменить малопродуктивный природный травостой культурным, состоящим из смеси злаковых и бобовых трав, и поверх-

ностного, при котором проводят улучшение природного травостоя путем подсева травосмесей многолетних трав.

Под пахотными массивами нужно отводить все пригодные для распашки и возделывания сельскохозяйственных культур площади, стремясь располо-

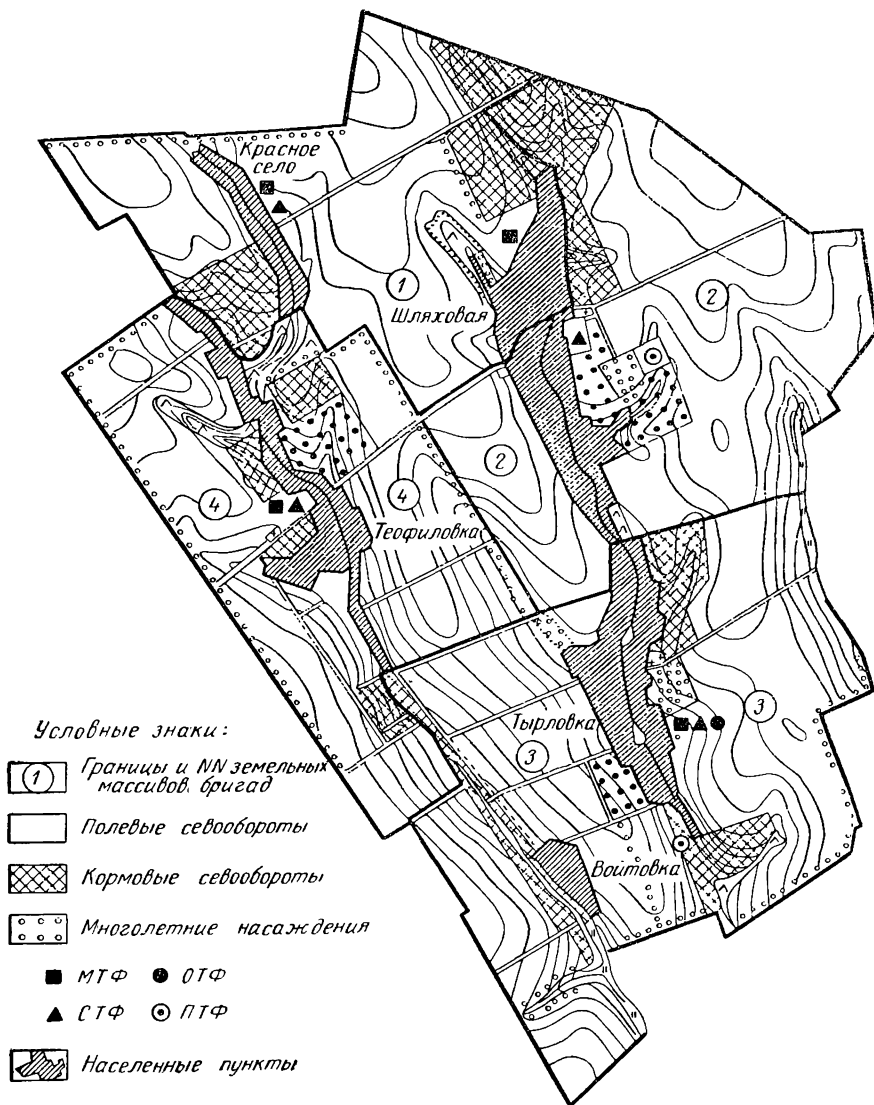


Рис. 194. Размещение сельскохозяйственных угодий и севооборотов в условиях сложного рельефа

жить их крупными и компактными массивами, удобными для механизации полевых работ.

На всей площади пахотных земель предусматривается введение севооборотов, представляющих собой установленный порядок рационального чередования культур во времени (по годам ротаций) и в пространстве

(по полям) на отведенных для них массивах. Виды, число и размеры севооборотов устанавливаются одновременно с определением размеров и специализации производственных подразделений хозяйства, учитывая при этом качество и расположение пахотных земель.

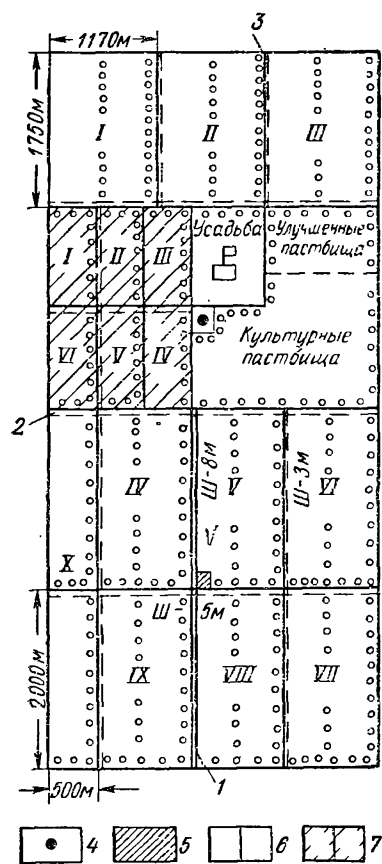


Рис.195. Схема размещения полей, полевых дорог и лесных полос
1—3 — виды полевых дорог, 4 — производственный центр, 5 — полевой стан, 6 — границы полей полевого севооборота, 7 — границы полей приферменного севооборота

Севообороты подразделяются на полевые, кормовые, специальные и комбинированные.

Проектирование севооборотов начинают с тех их видов, местоположения которых предопределяются территориальными условиями. Обычно вначале выделяют площади под овощные севообороты, затем под кормовые и в конце под полевые.

Овощные и другие специальные (табачные, конопляные) севообороты следует размещать на пониженных, хорошо увлажненных местах с плодородными почвами, главным образом по долинам рек и по широким днищам балок.

Кормовые севообороты в зависимости от размещения хозяйственного назначения и состава культур подразделяются на:

прифермские (их располагают вблизи ферм), задачей которых является производство малотранспортабельных зеленых кормов;

прилагерные (размещаются вблизи летних лагерей для скота), предназначенные для выращивания культур, используемых на зеленый корм для подкормки и пастбы животных;

лугопастбищные, проектируемые на землях, непригодных для полевых и других севооборотов и используемых для производства сена, зеленого корма и частично для пастбы скота;

луговые, использующие земли, непригодные для постоянной пастбы скота (например, осушенные болота) и предназначенные для получения высоких урожаев сена;

почвозащитные, вводимые при наличии средне- и сильноэродированных земель и эрозионно опасных участков, на которых высевают преимущественно многолетние травы и культуры сплошных посевов.

Пастбищные участки закрепляют за отдельными выпасными группами. Для групп молочного скота и телят отводят все лучшие и близко расположенные пастбища, а удаленные и менее продуктивные пастбища — овцам, гуртам взрослого молодняка, нагульного скота и пр.

Основными в хозяйствах являются полевые севообороты, на которых выращиваются продовольственные, технические и кормовые культуры. Как правило, для каждой бригады (отделения) в колхозах и совхозах выделяют отдельные полевые севообороты, проектируемые в виде крупных и компактных массивов на пахотных землях, не включенных в овощные, кормовые и другие севообороты.

Организация (устройство) территории севооборотов заключается в согласованном размещении полей, полевых дорог, защитных лесных полос и пр. (см. рис. 195).

При организации территории полевых севооборотов необходимо обеспечить достаточно удобное расположение полей в виде компактных участков прямоугольной формы, удобных для механизированной обработки, чтобы они были однородными по агропроизводственным свойствам почв, увлажнению, условиям рельефа с тем, чтобы обеспечить внедрение единой агротехники выращивания той или другой культуры и чтобы поля были достаточно равновеликими по площади. Длина полей рекомендуется 800—1000 м в нечерноземной полосе, 1500—2000 м — в лесостепи, 2000—3000 м — в степных районах. Для защиты от вредоносных ветров в полевых и других севооборотах размещаются защитные лесные полосы, проектируемые по возможности поперек направления наиболее вредных в этом районе ветров (рис. 195).

В севооборотах проектируется также сеть полевых дорог при ширине основных 5—6 м и вспомогательных — 3—4 м. Их назначение обеспечить подъезд ко всем полям севооборота с целью обслужить производственные процессы и перевозку грузов. Возле лесополос дороги проектируют со стороны линии обслуживания данного поля (см. рис. 195).

При устройстве территории овощных севооборотов особенно важно обеспечить параллельность длинных сторон полей, размещая их поперек склона, удобную связь с водными источниками, с основными дорогами к населенным пунктам и с пунктами сдачи продукции.

Поля кормовых севооборотов пужно располагать с таким расчетом, чтобы обеспечить правильную организацию пастбы скота поочередно на естественных пастбищах и в полях кормовых севооборотов, а также обеспечить удобное расположение дорог и скотопрогонов. Границы полей любых севооборотов с целью уменьшения смыва почв и применения правильных агротехнических мероприятий проектируют длинными сторонами вдоль горизонталей с тем, чтобы обеспечить выполнение основных полевых работ поперек склона.

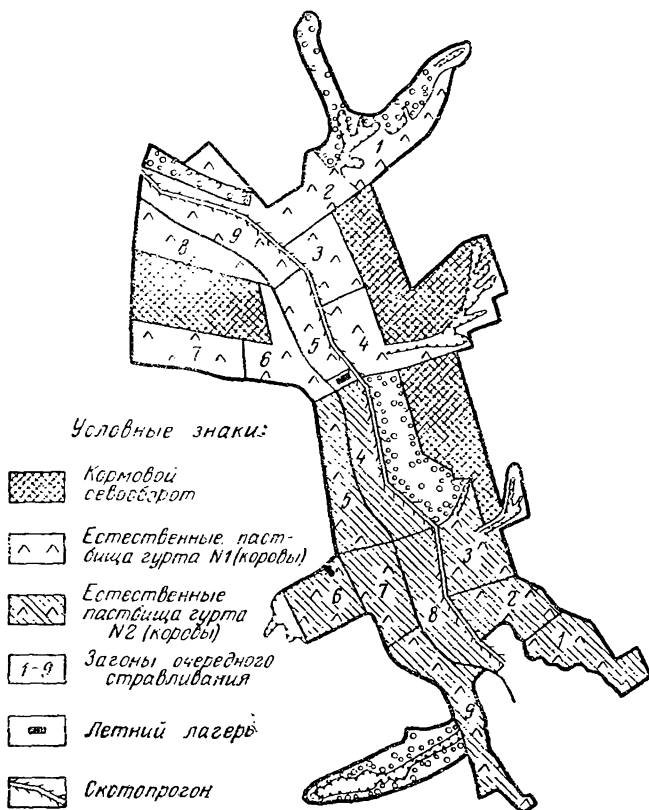


Рис. 196. Размещение гуртовых участков и загонов очередного стравливания

В колхозах и совхозах, пахотные земли которых удалены от населенных пунктов более чем на 5 км, проектируют бригадные полевые станы.

Проекты должны предусматривать также размещение сооружений для полевого водоснабжения.

Устройство территории многолетних насаждений включает разбивку участка на отдельные территориально-производственные единицы — кварталы, клетки, размещение пород и сортов по кварталам, устройство дорожной сети, размещение бригадных станов и подсобных хозяйственных центров, устройство оросительной сети и водозабора.

Устройство территории сенокосов заключается в разработке вводимых сенокосооборотов или сенокосо-пастбищеоборотов, размещении участков (в них сочетается сенокосное использование с пастбищным и регулируются сроки скашивания), дорожной сети, скотопрогонов и пр.

При устройстве территории пастбищ решаются вопросы размещения пастбищных участков и закрепления их за группами животных и гуртами (отарами), введения пастбищеоборотов, размещения летних лагерей, скотопрогонов, а иногда также выпасных загонов и сооружений для пастбищного водоснабжения (рис. 196). Сенокосы и пастбища закрепляются за производственными бригадами.

§ 97. РАССМОТРЕНИЕ И УТВЕРЖДЕНИЕ ПРОЕКТА ВНУТРИХОЗЯЙСТВЕННОГО ЗЕМЛЕУСТРОЙСТВА

Составленный проект землеустройства рассматривают и одобряют:

в колхозах — общие собрания членов колхоза (собрания уполномоченных), а затем районные, а в отдельных случаях и областные сельскохозяйственные органы;

в совхозах и других сельскохозяйственных предприятиях и учреждениях — технические советы этих хозяйств и трестов;

Проекты внутрихозяйственного землеустройства колхозов, совхозов и других сельскохозяйственных предприятий утверждают исполнительные комитеты районных (а в некоторых республиках областных, краевых) Советов депутатов трудящихся.

Если при ознакомлении с проектом в райисполкоме обнаружится необходимость внесения в него каких-либо изменений, то райисполком рекомендует хозяйству внести в проект определенные поправки (они могут быть внесены и по замечаниям, высказанным во время рассмотрения проекта). После обсуждения рекомендаций райисполкома в хозяйстве и внесения поправок проект вновь представляется на утверждение.

§ 98. ПЕРЕНЕСЕНИЕ В НАТУРУ ПРОЕКТА ВНУТРИХОЗЯЙСТВЕННОГО ЗЕМЛЕУСТРОЙСТВА

Перенесение проекта в натуру, проводимое после его утверждения, есть действие; обратное геодезической съемке, соответствующее ей по точности, поэтому оно должно выполняться с соблюдением технических требований, установленных действующими инструкциями. Перенесение проекта в натуру заключается в проложении на местности всех запроектированных границ производственных участков, закреплении угловых точек столбами и пропашке граничных линий между полями севооборотов и другими хозяйственными участками.

Этой стадии землеустроительного процесса придается большое значение, так как в результате ее проведения, во-первых, создается конкретная территориальная основа для постепенного освоения предусмотренного проектом порядка использования земель в различных угодьях и севооборотах, проведения мероприятий по улучшению земель, борьбе с эрозией, во-вторых, обеспечивается наглядное расположение запроектированного на местности.

Для перенесения проекта в натуру подготавливают необходимые геодезические данные — направления и расстояния от имеющихся на плане опорных пунктов до проектных точек. В качестве опорных пунктов используют точки теодолитных ходов, проложенных по границам землепользований и населенных пунктов, контурам ситуации и дорогам, а также вершины углов ситуационных контуров, четко выраженные на планах. Требуемые геодезические данные, определяемые по плану графически или вычисленные в процессе проектирования, наносятся на копию проектного плана — рабочий чертеж перенесения проекта в натуру.

В зависимости от условий местности и наличия опорных точек перенесение проекта в натуру можно производить следующими способами:

промеров с помощью мерной ленты (применяется в открытой и ровной местности, когда можно достаточно точно провешивать линии между проектными точками на большие расстояния без теодолита или кипрегеля);

угломерным с помощью теодолита и мерной ленты (используется в случаях, когда применение только одной ленты затруднено, когда проектные границы представляют собой ломаные линии, прокладываемые в залесенной, застроенной или всхолмленной, т. е. закрытой, местности, или когда точки ситуации не являются надежной опорой для перенесения проекта в натуру);

графическим с помощью мензулы, если затруднено перенесение проекта лентой из-за условий местности или если точки ситуации по точности не могут быть использованы в качестве опоры, а также если по границам землепользования и внутри него отсутствуют теодолитные ходы и, следовательно, применение теодолита иррационально.

Правильный выбор способа переноса во многом предопределяет точность расположения на местности запроектированных участков, т. е. соблюдение параллельности или перпендикулярности их сторон, соответствие действительных площадей участков площадям, указанным в экспликации (ведомости площадей участков, составляемой при проектировании), и др. От выбранного способа зависит, какие геодезические данные необходимо заранее подготовить и нанести на рабочий чертеж.

После подготовки рабочих чертежей на местности строят углы и откладывают длины линий, а точки поворота вначале закрепляют колышками, а затем закапывают столбы установленного образца.

Чтобы установка столбов была точной, место постановки каждого столба обычно берется в крест или створ. Для этого на расстоянии 2—3 м от намеченной точки втыкают четыре тонких колышка так, чтобы место постановки столба было в пересечении соединяющих их линий. После этого копают яму и ставят в нее столб, проверяя его положение по колышкам.

Столбы для закрепления границ участков на местности изготовляют диаметром не менее 0,1 м и длиной не короче 1 м. Верхнюю часть столба затесывают на конус. Под кромкой конуса делают лицевые гладко обструганные выемки, в которых масляной краской надписывают номера полей, между которыми этот столб будет установлен (если в одной точке сходятся границы трех или четырех полей или участков, то лицевые выемки и надписи на столбах

делают соответственно с трех или четырех сторон). В нижней части столба делают крестовину, препятствующую его вытаскиванию из земли. Столбы окапывают курганами высотой 0,3—0,5 м и диаметром 1,5—2 м. Вокруг кургана прокапывают канаву, землю из которой насыпают на курган (см. рис. 25).

Границы проектных участков, опирающихся на межселенную дорогу, закрепляют столбами, которые устанавливают по обе стороны дороги, каждый на своей стороне.

Границы полей севооборотов и других проектных участков пропахивают в одну борозду. Дороги и скотопрогоны пропахивают с обеих сторон.

Границы проектных участков, совмещенных с границами контуров ситуации (овраги, реки, лесополосы, леса и пр.), не пропахиваются. В этих случаях только устанавливают столбы на концах проектных линий и их пересечениях с границами контуров.

Работа по перенесению проекта подлежит сдаче в натуре представителям хозяйства и его производственных подразделений, о чем составляется акт по установленной форме, подписываемый этими представителями и землеустроителем. До получения надлежаще оформленных землеустроительных документов хозяйству выдают временный чертеж проекта внутрихозяйственного землеустройства, план перехода к принятым севооборотам и чертеж предшественников сельскохозяйственных культур.

§ 99. ОФОРМЛЕНИЕ И ВЫДАЧА ЗЕМЛЕПОЛЬЗОВАТЕЛЮ ЗЕМЛЕУСТРОИТЕЛЬНЫХ ДОКУМЕНТОВ

Техническое оформление проекта внутрихозяйственного землеустройства. При техническом оформлении проекта производят уточнение площадей запроектованных участков по данным переноса проекта в натуру и вычерчивают графические документы: планы — проектный (он может располагаться на нескольких листах), сборный (составляется на одном листе в масштабе более мелком, чем план проектный), картограммы и т. д.

На проектном плане вычерчивают элементы проекта и контуры внутренней ситуации. Проектные планы оформляют тушью в общепринятых условных топографических знаках, принятых для соответствующего масштаба, с изменениями и дополнениями, предусмотренными действующими инструкциями (рис. 197).

Дороги, прогоны, канавы и другие объекты, закрываемые по проекту, зачеркивают крестиками красной тушью. Границы земель постороннего пользования (школьные участки, участки промышленных предприятий и пр.) оттеняют цветной тушью или краской, а внутри этих контуров ставят условное обозначение, характеризующее соответствующего землепользователя, например «ШК» — для школы, «ГЛФ» — для государственного лесного фонда и т. д.

На участках угодий, переводимых (трансформируемых) согласно проекту из одного вида в другой, сохраняется старый условный знак, вычерченный черной тушью, а красной тушью зачеркивается граница прежнего угодья и вычерчивается условный знак нового угодья. Пашня не имеет значкового условного знака, поэтому все участки, трансформируемые в пашню, обозначаются буквой «П», подписываемой красной тушью, а на плане, выдаваемом хозяйству, они показываются цветом соответствующего севооборота.

Проектный план детально отображает все элементы организации территории: границы производственных участков, вычерчиваемые черной тушью

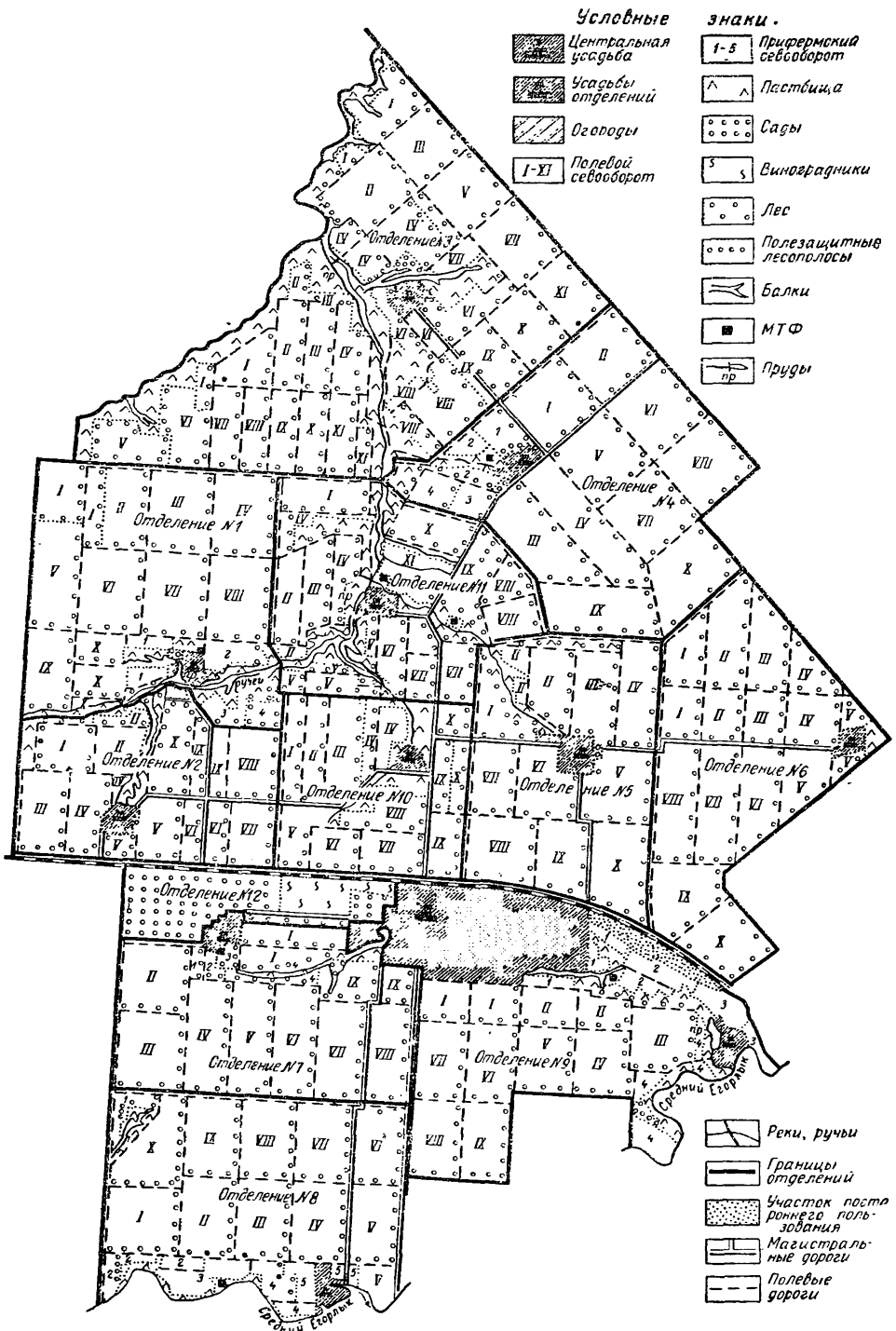


Рис. 197. Схема внутрихозяйственного землеустройства совхоза «Гигант»

сплошными линиями и окрашиваемые красной тушью полосой 2 мм; хозяйственные центры, изображаемые в условных знаках съемки с вычерчиванием границ сплошными черными линиями, оттеняемыми по внешней стороне красной тушью полосой 0,5 мм; контур, помимо названия хозяйственного центра, должен иметь надпись, раскрывающую его производственное назначение, например МТФ, СТФ, ПТФ и т. д.

Границы полей севооборотов и других хозяйственных участков вычерчиваются сплошными черными линиями и оттеняются полосами 0,8 мм ширины: красного цвета — полевые и овощные севообороты, синего — лугопастбищные, зеленого — прифермские. По всем прямолинейным границам полей и хозяйственных участков надписываются черной тушью округленные до целых метров их промеры, необходимые как для восстановления этих границ в случае их утраты, так и для использования при проведении сельскохозяйственных работ.

Поля севооборотов нумеруются римскими цифрами, вычерчиваемыми тем же цветом, что и линии, оттеняющие границы полей соответствующего севооборота. Номер поля проставляют в середине участка, а под ним записывают площадь поля (тем же цветом).

Границы пастбищных участков оттеняются полосами синей туши шириной 0,8 мм. Участки нумеруются арабскими цифрами, вычерчиваемыми синей тушью, под которыми записываются их площади.

Границы сенокосных участков оттеняются сплошными линиями жженой сиеной. Тем же цветом в середине каждого участка указывается его площадь.

Проектируемые магистральные и полевые дороги, прогоны, лесные полосы вычерчиваются красной тушью. Возле каждого из названных элементов, в пределах каждого отрезка записываются три числа, соответственно характеризующие их длину, ширину и площадь.

Сады, ягодники, пасеки и другие хозяйственные участки показывают принятыми условными знаками, вычерчивая существующие черной тушью и проектируемые — красной.

По внешним границам землепользования хозяйства показывают румбы и меры линий.

Проектный план оформляют рамкой в две линии.

Под верхней рамкой посередине помещают надпись «Проект внутрихозяйственного землеустройства колхоза, совхоза (наименование)», а также год геодезической съемки и название организации, ее проводившей. Ниже этой надписи вычерчивается общая проектная экспликация, содержащая данные по каждому производственному участку колхоза или совхоза и по хозяйству в целом. Ниже указываются данные о площадях угодий до землеустройства в целом по хозяйству.

В правой части листа располагают условные обозначения, а в левой — описание смежеств.

В правом нижнем углу указываются название организации, выполнившей землеустроительные работы, год их проведения, когда проект был перенесен в натуру, должность и фамилия авторов проекта и пр.

Если проект составлен на нескольких листах, то на каждом его листе надписывают номер и сокращенный картуш (название).

Кроме описанного выше сборного проектного плана составляют, размножают и выдают хозяйству планы внутрихозяйственного землеустройства производственных бригад (отделений). Эти планы составляют в более крупном

масштабе. Так, например, если сборный план составлен в масштабе 1 : 25 000, то планы бригад (отделений) готовят в масштабе 1 : 10 000.

Освидетельствование материалов проекта. В содержание таких работ входит проверка наличия всей необходимой технической документации: графического проекта, текстовых материалов по обоснованию элементов проекта, разработок по противоэрозионным мероприятиям, материалов перенесения проекта в натуру, технического делопроизводства и соответствия ее содержания и оформления требованиям действующих инструкций.

Проверка (освидетельствование) поручается наиболее опытным инженерам-землеустроителям и проводится по окончании всех работ и приемки их от исполнителя.

По результатам проверки составляют корректурный лист, в котором отмечают все выявленные недостатки в вычислениях площадей, оформлении плана и т. д. После исправления всех недостатков приступают к изготовлению копий документов для хозяйства.

Выдача землеустроительных документов хозяйству. В результате проведения внутрихозяйственного землеустройства хозяйство получает следующие материалы:

текстовые — пояснительная записка с обоснованием проекта;

графические — иллюминированные красками (раскрашенные) копии проектного и сборного планов, картограммы противоэрозионных мероприятий (агротехнических, лесомелиоративных и гидротехнических), картограммы крутизны склонов, а также необходимое число литографски размноженных оттисков проекта как хозяйства в целом, так и его отдельных производственных подразделений (отделений, бригад).

Таким образом, колхозы и совхозы получают все материалы и документы, необходимые для последовательного осуществления комплекса проектируемых мероприятий и дальнейшего развития хозяйства.

§ 100. ОСУЩЕСТВЛЕНИЕ ПРОЕКТОВ ВНУТРИХОЗЯЙСТВЕННОГО ЗЕМЛЕУСТРОЙСТВА АВТОРСКИЙ НАДЗОР И ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОНТРОЛЬ ЗА ОСУЩЕСТВЛЕНИЕМ ПРОЕКТОВ

Цели и задачи, поставленные землеустройством, только тогда можно считать достигнутыми, когда проект внутрихозяйственной организации территории осуществляется хозяйством и оно перестраивается и развивается в соответствии с проектом.

Установленная в порядке землеустройства внутрихозяйственная организация территории является обязательной для колхозов, совхозов и других сельскохозяйственных предприятий.

С целью реализации всех проектных решений разрабатывают план осуществления основных мероприятий проекта внутрихозяйственной организации территории колхоза (совхоза) с учетом перспектив развития хозяйства, наличия денежных и материальных ресурсов и пр.

Этот документ включает планы:

- 1) освоения введенных севооборотов, включающие вовлечение в пашню новых земель;
- 2) освоения введенных пастбищеоборотов и сенокосооборотов, включая проведение необходимых мелиоративных работ и мероприятия, направленные на повышение культуры земледелия;
- 3) закладки многолетних насаждений;

4) посадки защитных лесных насаждений и строительства гидротехнических сооружений;

5) агротехнических противоэрозионных мероприятий;

6) строительства производственных центров (ферм, полевых станов, летних лагерей), дорог и дорожных сооружений.

План осуществления проекта, являясь завершающей частью землеустроительных работ, разрабатывается непосредственно в хозяйстве землеустроителем, руководителями и специалистами предприятия в соответствии с возможностями и особенностями хозяйства, в нем устанавливаются сроки выполнения, объем и стоимость осуществления каждого из проектируемых мероприятий по годам (эти показатели будут служить основой для составления годовых производственно-хозяйственных планов предприятия). Этим планом все проектируемые мероприятия подразделяются на первоочередные (например, введение севооборотов, коренное и поверхностное улучшение малопродуктивных пастбищ и сенокосов), которые могут дать наибольший хозяйственный эффект, не требуя больших затрат, и вторичные, которые могут быть осуществлены в более длительные сроки, сообразуясь с организационными и экономическими возможностями хозяйства (к таким мероприятиям могут быть отнесены строительство прудов, террасирование склонов и др.).

В плане осуществления проекта на каждый год до полного освоения проекта указывают основные мероприятия:

- освоение севооборотов;
- освоение пастбищеоборотов;
- закладка многолетних насаждений (садов, виноградников и др.);
- посадка лесных полос;
- облесение оврагов и склонов;
- устройство земляных валов;
- мелиорация земель (орошение, осушение и др.);
- закладка культурных пастбищ;
- прокладка новых дорог, скотопрогонов и др.;
- строительство производственных построек, прудов, колодцев, организация летних лагерей и пр.

Сроки введения севооборотов определяются переходными таблицами, составляемыми в плане по каждому севообороту. Обычно в течение первых двух-трех лет удается перейти от существующего размещения посевов к расположению их в границах новых полей.

Для успешного осуществления противоэрозионных мероприятий составляют план их проведения, в котором определяют объемы и сроки их выполнения. В первую очередь этим планом предусматривают проведение комплекса агротехнических приемов (поперечная обработка склонов, лункование, прерывистое бороздование, задержание снега валами поперек склона и др.); строительство простейших гидротехнических сооружений (водозадерживающих и водоотводных валов, быстроток и пр.) при вершинах растущих оврагов, продвижение которых угрожает дорогам, населенным пунктам, портит поле и уменьшает площадь пахотных земель; облесение сильноэродированных крутых склонов и посадку приовражных и прибалочных лесных полос. На последующие годы предусматривается строительство гидротехнических сооружений второй очереди и посадка остальных лесных насаждений.

Для учета освоения введенных севооборотов в каждом сельскохозяйственном предприятии ведется книга истории полей — специальная книга, в которой ежегодно ведутся записи следующих сведений по каждому полю

севооборота: высеваемая культура; сроки и способы проведения основных агротехнических мероприятий (обработка почвы, удобрения, посев, уход за посевами, уборка урожая, урожайность); проведенные противоэрозионные агротехнические мероприятия. В книгу также записывают погодные условия и сведения, характеризующие севооборот в целом.

Разработка противоэрозионных агротехнических мероприятий, решение ряда задач по использованию сельскохозяйственной техники (установление норм выработки, расхода топлива и пр.) и другие хозяйственные задачи требуют ряда сведений о полях севооборотов и их рабочих участках.

С этой целью на каждое поле севооборота, рабочий участок и участок вне севооборота составляют паспорт, в который записывают такие сведения, как наименование севооборота; номер поля, участка; размер поля или участка (длина, ширина, площадь); почва участка (тип, механический состав, глубина пахотного слоя); рельеф (рабочий уклон); влажность (нормальная, повышенная, весной, осенью, постоянно); удельное сопротивление почвы (когда и при какой влажности замерялось); дополнительные характеристики поля или участка (залесенность, каменистость, заболоченность и пр.).

На основе этих сведений составляют чертеж и обобщенную характеристику всего земельного массива бригады (отделения) по площади, длине гона, рельефу поверхности, удельному сопротивлению почвы при пахоте, каменистости, заболоченности и другим показателям. Эти материалы имеют большое значение для улучшения технического нормирования в хозяйстве.

В порядке авторского надзора землеустроительные организации должны оказывать хозяйствам помощь в освоении проектов внутрихозяйственного землеустройства путем проведения контроля за соблюдением всех составных частей проекта — освоения севооборотов, осуществления противоэрозионных мероприятий, рационального использования земель, в частности орошаемых и осушенных и других мероприятий, проверяется также сохранность межевых знаков и проектных границ. При необходимости в процессе авторского надзора осуществляется техническое руководство восстановлением утраченных проектных границ.

Государственный контроль за осуществлением проектов внутрихозяйственного землеустройства территории осуществляется Советами депутатов трудящихся и всеми подразделениями землеустроительной службы Министерства сельского хозяйства СССР. Постоянную помощь землеустроительным органам в осуществлении государственного контроля за освоением проектов внутрихозяйственного землеустройства оказывают общественные инспектора по использованию и охране земель.

ПРИЛОЖЕНИЕ 1

ЛАТИНСКИЙ АЛФАВИТ

A a—а	N n—эн
B b—бэ	O o—о
C c—цэ	P p—пэ
D d—дэ	Q q—ку
E e—э	R r—эр
F f—эф	S s—эс
G g—гэ	T t—тэ
H h—ха	U u—у
I i—и	V v—вэ
J j—йот	W w—дубль-вэ
K k—ка	X x—икс
L l—эль	Y y—игрек
M m—эм	Z z—зет

ГРЕЧЕСКИЙ АЛФАВИТ

α —альфа	ν —нп
β —бета	ξ —кси
γ —гамма	\omicron —омикрон
δ —дельта (малая)	π —пи
Δ —дельта (большая)	ρ —ро
ϵ —эпсилон	σ —сигма (малая)
ζ —дзета	Σ —сигма (большая)
η —эта	τ —тау
θ —тета	υ —ипсилон
ι —иота	φ —фи
κ —каппа	χ —хи
λ —ламбда	ψ —пси
μ —ми	ω —омега

ПРИЛОЖЕНИЕ 2

СПРАВКИ ПО ЭЛЕМЕНТАРНОЙ МАТЕМАТИКЕ

А л г е б р а

1. Квадратное уравнение общего вида

$$ax^2 + bx + c = 0;$$

$$x = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}.$$

2. Приведенное квадратное уравнение

$$x^2 + px + q = 0, \text{ где } p = \frac{b}{a}; \quad q = \frac{c}{a};$$

$$x = -\frac{p}{2} \pm \sqrt{\frac{p^2}{4} - q}.$$

3. Логарифмы

$$\lg(ab) = \lg a + \lg b;$$

$$\lg \frac{a}{b} = \lg a - \lg b;$$

$$\lg a^n = n \lg a;$$

$$\lg \sqrt[n]{a} = \frac{1}{n} \lg a.$$

4. Пропорция

$$\frac{a}{b} = \frac{c}{d}; \quad ad = bc.$$

5. Производные пропорции

$$\frac{a}{a+b} = \frac{c}{c+d}; \quad \frac{b}{a+b} = \frac{d}{c+d};$$

$$\frac{a}{a-b} = \frac{c}{c-d}; \quad \frac{a-b}{c-d} = \frac{a}{c} = \frac{b}{d}.$$

Г е о м е т р и я

1. Площадь треугольника (любой формы)

$$S = \frac{ah}{2}; \quad S = \sqrt{p(p-a)(p-b)(p-c)};$$

$$S = \frac{1}{2} \frac{a^2 \sin B \sin C}{p \sin(B+C)}; \quad S = \frac{1}{2} ab \sin C.$$

$$S = \frac{a^2}{2(\operatorname{ctg} B + \operatorname{tg} C)}.$$

здесь a, b, c — стороны треугольника; A, B, C — углы, лежащие против своих одноименных сторон; h — высота треугольника;

$$p = \frac{a+b+c}{2}.$$

2. Площадь равнобедренного треугольника

$$S = \frac{1}{2} a \sqrt{b^2 - \frac{a^2}{4}},$$

где a — основание; b — боковая сторона.

3. Площадь равностороннего треугольника

$$S = \frac{1}{4} a^2 \sqrt{3}.$$

4. Площадь прямоугольника

$$S = ab,$$

5. Площадь параллелограмма

$$S = ah;$$

$$S = ab \sin C,$$

где h — высота; a, b — стороны параллелограмма; C — один из углов (любой).

6. Площадь ромба

$$S = \frac{d_1 d_2}{2}; \quad S = a^2 \sin A,$$

где a — сторона; d — диагонали; A — один из углов.

7. Площадь трапеции

$$S = \frac{1}{2} (a + b) h;$$

$$S = \frac{a^2 + b^2}{2 (\operatorname{ctg} A + \operatorname{ctg} B)};$$

$$S = ah - \frac{h^2 (\operatorname{ctg} A + \operatorname{ctg} B)^2}{2},$$

где a, b — основания; h — высота трапеции.

8. Площадь многоугольника — вычисляют как сумму площадей заключенных в нем треугольников.

9. Площадь круга

$$S = \pi R^2 = \pi \frac{D^2}{4} = \frac{1}{2} CR,$$

где R — радиус; D — диаметр; C — длина окружности.

Т р и г о н о м е т р и я

1. Зависимость между тригонометрическими функциями:

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{\sin \alpha}{\cos \alpha};$$

$$\operatorname{ctg} \alpha = \frac{\cos \alpha}{\sin \alpha};$$

$$\sec \alpha = \frac{1}{\cos \alpha};$$

$$\operatorname{cosec} \alpha = \frac{1}{\sin \alpha};$$

$$\sin^2 \alpha + \cos^2 \alpha = 1;$$

$$\sin \alpha \cdot \operatorname{cosec} \alpha = 1;$$

$$\cos \alpha \cdot \sec \alpha = 1;$$

$$\operatorname{tg} \alpha \cdot \operatorname{ctg} \alpha = 1;$$

$$1 + \operatorname{tg}^2 \alpha = \sec^2 \alpha;$$

$$1 + \operatorname{ctg}^2 \alpha = \operatorname{cosec}^2 \alpha.$$

2. Решение прямоугольных треугольников

$$b = a \operatorname{tg} B;$$

$$a = c \sin A = c \cos B;$$

$$\frac{a}{c} = \sin A; \quad \frac{a}{c} = \cos B;$$

$$b = c \sin B = c \cos A; \quad \frac{b}{c} = \sin B; \quad \frac{b}{c} = \cos A;$$

$$C = \frac{b}{\sin B} = \frac{A}{\sin A},$$

где a, b — катеты; c — гипотенуза, A, B, C — противолежащие углы.

3. Решение косоугольных треугольников

$$\frac{a}{\sin A} = \frac{b}{\sin B} = \frac{c}{\sin C};$$

$$a = b \frac{\sin A}{\sin B} = c \frac{\sin A}{\sin C},$$

где a, b, c — стороны; A, B, C — противолежащие им углы.

4. Формулы сумм и разностей тригонометрических функций

$$\sin(\alpha \pm \beta) = \sin \alpha \cos \beta \pm \cos \alpha \sin \beta;$$

$$\cos(\alpha \pm \beta) = \cos \alpha \cos \beta \mp \sin \alpha \sin \beta;$$

$$\operatorname{tg}(\alpha \pm \beta) = \frac{\operatorname{tg} \alpha \pm \operatorname{tg} \beta}{1 \mp \operatorname{tg} \alpha \operatorname{tg} \beta};$$

$$\operatorname{ctg}(\alpha \pm \beta) = \frac{\operatorname{ctg} \alpha \operatorname{ctg} \beta \mp 1}{\operatorname{ctg} \beta \pm \operatorname{ctg} \alpha}.$$

5. Формулы двойных и половинных углов

$$\sin 2\alpha = 2 \sin \alpha \cos \alpha; \quad \cos 2\alpha = \cos^2 \alpha - \sin^2 \alpha;$$

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{2 \operatorname{tg} \alpha}{1 - \operatorname{tg}^2 \alpha}; \quad \operatorname{ctg} 2\alpha = \frac{\operatorname{ctg}^2 \alpha - 1}{2 \operatorname{ctg} \alpha};$$

$$\sin \frac{\alpha}{2} = \sqrt{\frac{1 - \cos \alpha}{2}}; \quad \cos \frac{\alpha}{2} = \sqrt{\frac{1 + \cos \alpha}{2}};$$

$$\operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} = \frac{1 - \cos \alpha}{\sin \alpha} = \frac{\sin \alpha}{1 + \cos \alpha};$$

$$\operatorname{ctg} \frac{\alpha}{2} = \frac{1 + \cos \alpha}{\sin \alpha} = \frac{\sin \alpha}{1 - \cos \alpha}.$$

6. Формулы приведения

Функции	$\alpha = 90^\circ \pm \beta$	$\alpha = 180^\circ \pm \beta$	$\alpha = 270^\circ \pm \beta$	$\alpha = 360^\circ \pm \beta$
$\sin \alpha$	$\pm \cos \beta$	$\mp \sin \beta$	$-\cos \beta$	$-\sin \beta$
$\cos \alpha$	$\mp \sin \beta$	$-\cos \beta$	$\pm \sin \beta$	$+\cos \beta$
$\operatorname{tg} \alpha$	$\mp \operatorname{ctg} \beta$	$\pm \operatorname{tg} \beta$	$\mp \operatorname{ctg} \beta$	$-\operatorname{tg} \beta$
$\operatorname{ctg} \alpha$	$\mp \operatorname{tg} \beta$	$\pm \operatorname{ctg} \beta$	$\mp \operatorname{tg} \beta$	$-\operatorname{ctg} \beta$

7. Величина функций углов

Функции	$\beta = 0^\circ$	$\beta = 30^\circ$	$\beta = 45^\circ$	$\beta = 60^\circ$	$\beta = 90^\circ$
$\sin \beta$	0	$1/2$	$\sqrt{2}/2$	$\sqrt{3}/3$	1
$\cos \beta$	1	$\sqrt{3}/2$	$\sqrt{2}/2$	$1/2$	0
$\operatorname{tg} \beta$	0	$\sqrt{3}/3$	1	$\sqrt{3}$	$\pm \infty$
$\operatorname{ctg} \beta$	$\pm \infty$	$\sqrt{3}$	1	$\sqrt{3}/3$	0

Некоторые постоянные математические величины:

$$\pi = 3,14159; \lg \pi = 0,49715$$

$$\pi^2 = 9,86960; e = 2,71828$$

$$\sqrt{\pi} = 1,77245; M = 0,43429$$

$$\lg e = 0,43429; \lg M = 9,63779$$

$$\rho^\circ = \frac{360^\circ}{2\pi} = 57,2958^\circ$$

$$\rho' = \frac{360^\circ \cdot 60'}{2\pi} = 3437,75'$$

$$\rho'' = \frac{360^\circ \cdot 60' \cdot 60''}{2\pi} = 206\,265''$$

$$\sin 1'' = \frac{1}{\rho''} = \frac{1}{206\,265}$$

$$\sin 1' = \frac{1}{\rho'} = \frac{1}{3437,75}$$

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Большаков В. Д. Теория ошибок измерений с основами теории вероятностей. М., «Недра», 1965. 182 с.
- Брыкин П. А. Экономика, организация и планирование геодезических работ. М., «Недра», 1972. 264 с.
- Бурихин Н. Н., Цфасман Я. М., Козлов В. Г. Землеустроительное проектирование и организация землеустроительных работ. М., «Колос», 1974. 416 с.
- Видуев Н. Г., Ракитов Д. И. Приложение геодезии в инженерном деле. М., «Недра», 1964.
- Гайдаев П. А., Большаков В. Д. Теория математической обработки геодезических измерений. М., «Недра», 1969. 400 с.
- Ганьшин В. Н., Лебедев С. М., Хренов Л. С. Практикум по геодезии. М., «Недра», 1966. 415 с.
- Ганьшин В. Н. Простейшие измерения на местности. М., «Недра», 1973. 144 с.
- Ганьшин В. Н., Коськов Б. И., Хренов Л. С. Справочное руководство по крупномасштабным съемкам. М., «Недра», 1969. 208 с.
- Геодезия. М., «Недра», 1972. 526 с. Авт.: А. В. Маслов, А. В. Гордеев, Н. Н. Александров и др.
- Геодезические работы для строительства оросительных и осушительных систем. М., Госгеолтехиздат, 1963. 204 с. Авт.: К. С. Соберайский, И. Ф. Сирота, Ю. Г. Батраков и др.
- Геодезические работы при землеустройстве. М., «Недра», 1976. 256 с. Авт.: А. В. Маслов, Г. Н. Горюхов, Э. М. Ктиторов, А. Г. Юнусов.
- Гиршберг А. М. Геодезия. Ч. I. М., «Недра», 1967. 383 с.
- Гиршберг М. А. Задачник по геодезии. М., Геодезиздат, 1961. 288 с.
- Глотов Г. Ф. Курс инженерной геодезии. М., «Недра», 1972. 169 с.
- Голубев И. Ф. Почвенно-геоботаническое обследование и использование его при землеустройстве. М., «Колос», 1972. 152 с.
- Голубева З. С., Калошина О. В., Соколова Н. И. Практикум по геодезии. М., «Колос», 1969. 240 с.
- Горюхов Г. И., Григорьев В. И., Божск П. Т. Внутрихозяйственное землеустройство колхозов и совхозов. Киев, «Урожай», 1972. 244 с. (на укр. яз.).
- Горюхов Г. И. Организация сельскохозяйственных угодий и проектирование севооборотов в колхозах и совхозах УССР. Харьков, 1971. 64 с.
- Горюхов Г. И. Что нужно знать работникам сельского хозяйства о землеустройстве. М., «Колос», 1972. 80 с.
- Господинов Г. В., Сорокин В. Н. Топография. М., Изд-во Московского университета, 1974. 360 с.
- Государственный учет земель и их качественная оценка. Под ред. проф. Н. В. Бочкова. М., «Колос», 1973. 176 с.

- Дегтярев И. В., Осипов Л. И. Земельное право и учет земель. М., «Колос», 1970. 272 с.
- Дейнеко В. Ф. Аэрофотогеодезия. М., «Недра», 1968. 328 с.
- Дробышев Ф. В. Основы аэрофотосъемки и фотограмметрии. М., «Недра», 1973. 287 с.
- Землеустроительное проектирование. Под ред. В. Д. Кирюхина. М., «Колос», 1976. 528 с.
- Инженерная геодезия. М., «Недра», 1969. 400 с. Авт.: Г. В. Багратуни, И. Ф. Болгов, В. А. Величко и др.
- Инженерная геодезия. М., «Недра», 1968. 364 с. Авт.: В. Н. Ганьшин, И. И. Купчинов, С. М. Лебедев и др.
- Инструкция о построении государственной геодезической сети СССР. М., «Недра», 1966. 341 с.
- Инструкция по вычислению нивелировок. М., «Недра», 1971. 108 с.
- Инструкция по нивелированию I, II, III и IV классов. М., «Недра», 1966. 120 с.
- Инструкция по топографической съемке в масштабах 1 : 5000, 1 : 2000, 1 : 1000, 1 : 500. М., «Недра», 1973. 176 с.
- Инструкция по топографо-геодезическим работам при инженерных изысканиях для промышленного, сельскохозяйственного, городского и поселкового строительства. СН212—73. М., Стройиздат, 1974. 152 с.
- Кемниц Ю. В. Теория ошибок измерений. М., «Недра», 1967. 176 с.
- Коншин М. Д. Аэрофотограмметрия. М., «Недра», 1967. 348 с.
- Ларченко Е. Г. Вычислительная техника и экономико-математические методы в землеустройстве. М., «Недра», 1973. 400 с.
- Лебедев Н. Н. Инженерная геодезия. М., «Недра», 1970. 369 с.
- Левицкий И. Ю. Научные основы комплексного сельскохозяйственного картографирования. М., «Недра», 1975. 204 с.
- Левчук Г. И. Инженерная геодезия. М., «Недра», 1970. 411 с.
- Лобанов Л. Н. Аэрофототопография. М., «Недра», 1974. 560 с.
- Маслов А. В., Горохов Г. И. Геодезия, ч. III. М., «Недра», 1964. 186 с.
- Михневич Г. В., Рязанов В. П., Сибирякова А. Д. Геодезия, ч. II. М., «Недра», 1964. 339 с.
- Мурашов С. А., Гебгарт Я. И., Кислицын А. С. Аэрофотогеодезия. М., «Колос», 1968. 424 с.
- Наставление по топографическим съемкам в масштабах 1 : 10 000 и 1 : 25 000. Ч. I. М., «Недра», 1964. 166 с.
- Наставление по топографическим съемкам в масштабах 1 : 10 000 и 1 : 25 000. Ч. II. М., «Недра», 1965. 286 с.
- Неумывакин Ю. К. Геодезические работы при перенесении на местность проектов планировки и застройки сельских населенных мест. М., «Недра», 1969. 76 с.
- Неумывакин Ю. К. Практическое руководство по геодезии для архитектурной службы района. М., «Недра», 1973. 174 с.
- Орлов П. М. Курс геодезии. М., Сельхозиздат, 1962. 384 с.
- Основные положения по созданию топографических планов масштабов 1 : 5000, 1 : 2000, 1 : 1000 и 1 : 500. М., ГУГК, 1970. 16 с.
- Основы земельного законодательства Союза ССР и союзных республик. М., «Юридическая литература», 1969. 36 с.
- Редьков В. С. Руководство по техническому нивелированию и высотным теодолитным ходам. М., «Недра», 1974. 72 с.

- Родин А. З., Широкоград И. Е. Землеустройство. М., Россельхозиздат, 1975. 51 с.
- Рощин А. Н. Ориентирование на местности. М., «Недра», 1966. 184 с.
- Салищев К. А. Картография. М., «Высшая школа», 1971. 246 с.
- Селиханович В. Г., Логинова Г. П. Задачник по геодезии. М., «Недра», 1970. 288 с.
- Сельскохозяйственное картографирование. М., «Колос», 1970. 304 с.
- Авт.: В. И. Сухов, Я. И. Юровский, М. И. Никипов и др.
- Сельскохозяйственная районная планировка. М., «Колос», 1966. 344 с.
- Авт.: Г. А. Кузнецов, В. А. Кирсанов, П. К. Татур и др.
- Справочник геодезиста (в двух книгах). Под редакцией В. А. Большакова и Г. П. Левчука. М., «Недра», 1975. 1056 с.
- Справочник по землеустройству. Киев, «Урожай», 1973. 310 с.
- Справочник по землеустройству. М., «Московский рабочий», 1976. 328 с.
- Сысоев К. А. Основы геодезии и картографии. М., «Недра», 1974. 144 с.
- Типовые формы полевых журналов, паспортов инструментов, используемых при топографо-геодезических работах. М., Геодезиздат, 1962. 352 с.
- Удачин С. А. Научные основы землеустройства. М., «Колос», 1965. 272 с.
- Условные знаки для топографических планов масштабов 1 : 5000, 1 : 2000, 1 : 1000 и 1 : 500. М., «Недра», 1973. 144 с.
- Федоров Б. Д. Геодезия. М., «Высшая школа», 1969. 312 с.
- Федоров Б. Д. Маркшейдерско-геодезические приборы и инструменты. М., «Недра», 1971. 288 с.
- Хейфец Б. С., Данилевич Б. Б. Практикум по инженерной геодезии. М., «Недра», 1973. 320 с.
- Хренов Л. С. Геодезия. М., «Высшая школа», 1970. 382 с.
- Центры и реперы государственной геодезической сети СССР. М., «Недра», 1973. 38 с.
- Цилль В. Инженерная геодезия. М., «Недра», 1974. 432 с.
- Чеботарев А. С. Геодезия. Ч. I. Изд. 2-е. М., Геодезиздат, 1955. 628 с.
- Чеботарев А. С., Селиханович В. Г., Соколов М. Н. Геодезия. Ч. II. М., Геодезиздат, 1962. 614 с.
- Чижаков А. Ф. Геодезия. М., «Высшая школа», 1964. 584 с.
- Чижаков А. Ф., Чижакова А. М. Геодезия. М., «Недра», 1975. 352 с.
- Шилов Л. И., Федоров В. И. Инженерная геодезия и аэрогеодезия. М., «Недра», 1971. 384 с.
- Широкоград И. Е. Земля и земельное законодательство М., Россельхозиздат, 1974, 76 с.

ПРЕДМЕТНЫЙ УКАЗАТЕЛЬ

Часть первая. Геодезия

- Абрис 110
Абсцисса 25, 117, 122
Азимут 71, 75
Алидада 91
Арифметическая середина 28
Атласы 9
— сельскохозяйственные 200
Аэроснимок 205
Аэрофотосъемка 15
- Буссоль 77
— с диоптрами 78
- Верньер 94
Вертикальный круг 97
Вешение линий 50
— по продолжению 50
— между двумя точками 51
№ с конца 51
— из середины 52
— через овраг 52
— через возвышенность 52
Визирная ось 97
Высоты абсолютная 140
— относительная 140
- Геодезическая задача
— прямая 117
— обратная 118
Геодезия 7
— инженерная 7
Геоид 10
Глазомерная съемка 179
Глобус 11
Горизонтали 38, 164, 167
Горизонтальные проложения линий 13, 58
Горизонтальный угол 90
Горизонт инструмента 142, 157
Границы угодий 16
— землепользований 16
- Дальномер витяжный 107
Дирекционный угол 73, 75, 114, 117
- Журнал нивелирный 154
— теодолитной съемки 105
— буссольной съемки 82
— пикетажный 153
- Зрительная труба 91, 96
- Измерения 27
— необходимые 27
— добавочные 27
— равноточные 33
— неравноточные 33
— углов 103, 104
— линий 55
— азимутов буссолью 79
- Инструменты чертежные 40
- Калька 48
Карты мелкомасштабные 12
— среднемасштабные 12
— крупномасштабные 13
— общегеографические 13
— топографические 194
— тематические 13
Координаты географические 23, 24, 198
— плоские прямоугольные 24, 199
— полярные 24
— зональные 25
Кривизна Земли 145
Круговая кривая 151, 153
Кривизна скатов 171
- Лента 64
Лимб 90, 93
Линейка Дробышева 126
- Марка 49
Масштаб карты 12
— главный 12
— частный 12
Масштаб плана 13
— аэроснимка 205
— численный 17
— линейный 18
— поперечный 19
Межевой столб 48
Мензула 176
Меридиан 12
— Гринвичский 26
— географический 71
— осевой 26
— магнитный 71
Мерная лента 53
Мерный циркуль 55
- Невязка угловая 112
— линейная 85, 119, 188
— относительная 120, 122
— в превышениях 156, 167
Нивелирные знаки 141
Нивелирование поверхности 163, 165
— трассы 154
— поперечников 154
Нивелиры 146
Номенклатура карт 195
- Определение площадей 130
— аналитически 130
— графически 131
— палетками 132

- механически 133
- Оптическая ось 97
- Ордината 25, 117, 122
- Ориентирование планов 80
 - линий 70
- Ось вращения теодолита 91, 97
- Отметки 143, 157
- Ошибки систематические 28
 - случайные 28
 - грубые 29
- Пантограф 203
- Параллель 12
- Планиметр 133
- Планы 8, 13, 88, 129, 188
- Проверки теодолита 100
 - нивелира 140
 - буссоли 78
 - экера 67
- Поправки угловые 114
 - линейные 120, 122
 - за наклон линии к горизонту 58
 - в превышения 157, 167
- Построение планов по румбам 84
 - по координатам 125
- Превышения 142, 157
- Приращение координат 119
- Проектная линия 161
- Проекция горизонтальная 90
 - картографическая 12, 193
 - равноугольная поперечно-цилиндрическая Гаусса 193
- Профиль 14
- Рейки нивелирные 150
- Рельеф земной поверхности 138
- Реперы (стенные, грунтовые) 45
- Референц-эллипсоид 11
- Рефракция 145
- Рулетка 54
- Румб 71, 75, 114

- Сборные планы 201
- Способы съемок ситуации
 - треугольников 62, 70
 - обхода 63, 70, 81, 110
 - прямоугольных координат 69, 83
 - полярный 82, 110, 183
 - засечек 83, 110, 184
- Средняя квадратическая ошибка 30
 - арифметической середины 30
 - абсолютная 31

Часть вторая. Основы землеустройства

- Государственный контроль 219
- Земельный фонд 211
- Землеустройство внутрихозяйственное 214, 215, 216, 217
 - межхозяйственное 215
- Проект землеустройства внутрихозяйственного 228, 232

- относительная 31
- функции измеренных величин 31
- Сторожки 48
- Съемка наземная 15
 - топографическая 15
 - горизонтальная 15
 - инструментальная 15
 - полуинструментальная 15
- Съемка глазомерная 15, 179
 - буссольная 81
 - теодолитная 15, 88
 - мензульная 15, 176
 - тахеометрическая 15, 174

- Теодолит простой 93
 - повторительный 93
 - оптический 102
- Теодолитный ход
 - замкнутый 89
 - разомкнутый 89
 - диагональный 89
- Точность измерения линий 57
 - углов 106
- Точность масштаба 92

- Уклон 171
- Уровенная поверхность 10
- Уровни цилиндрические 95
 - круглые 95
- Условные знаки 34
 - масштабные 35
 - внемасштабные 35
 - пояснительные 37
 - топографические 39
 - специальные 39

Фотосхема, фотоплан 207

- Ходы разомкнутый 112, 119, 156
 - замкнутый 115, 121, 156
 - буссольный 85

- Центры 48
- Центрирование теодолита 103

- Эккер отражательный 66
 - призмный 66
 - простой 68
- Экклиметр 60
 - Брандиса 60
 - простой 61
- Эллипсоид вращения 10, 11

- межхозяйственного 220

- Устройство территории севооборота 228
 - многолетних насаждений 228
 - кормовых угодий 232
 - дорожной сети 228
- Учет земель 218

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие	3
-----------------------	---

Ч А С Т Ь П Е Р В А Я. ГЕОДЕЗИЯ

Р а з д е л I. Общие вопросы геодезии

Глава I. Введение	7
§ 1. Предмет и задачи геодезии. Значение геодезии в народном хозяйстве и обороне страны, ее связь с другими отраслями знаний	7
§ 2. Краткий исторический очерк развития геодезии	8
§ 3. Организационные формы геодезической службы	9
Глава II. Общие сведения	10
§ 4. Понятие о форме и размерах Земли	10
§ 5. Карта, план, профиль	11
§ 6. Понятие о геодезических съемках	14
§ 7. Единицы мер, применяемые в геодезии	16
§ 8. Масштабы планов и карт. Точность масштаба	17
§ 9. Системы координат, применяемые в геодезии	23
§ 10. Сведения из теории ошибок измерений	27
§ 11. Условные знаки	34
§ 12. Чертежные инструменты и материалы	39

Р а з д е л II. Горизонтальная съемка территории

Глава III. Вешение и измерение линий	47
§ 13. Закрепление и обозначение точек и линий на местности	47
§ 14. Вешение линий	50
§ 15. Приборы для измерения линий на местности и их поверки	53
§ 16. Измерение линий. Понятие об ошибках и точности измерения линий	55
§ 17. Определение горизонтальных проложений линий	58
§ 18. Эклиметр	60
Глава IV. Простейшие способы съемок	62
§ 19. Съемка мерной лентой	62
§ 20. Эккеры	66
§ 21. Съемка эккером и лентой	69

Глава V. Ориентирование линий	79
§ 22. Ориентирование линий. Азимуты и румбы линий	79
§ 23. Дирекционные углы	73
§ 24. Связь между углами полигона, азимутами, дирекционными углами и румбами	75
§ 25. Определение дирекционных углов, азимутов и румбов на планах и картах	76
Глава VI. Буссольная съемка	77
§ 26. Буссоль. Измерение магнитных азимутов и румбов	77
§ 27. Буссольная съемка местности	81
§ 28. Составление плана по результатам буссольной съемки	83
§ 29. Нанесение ситуации и оформление плана	87
Глава VII. Теодолитная съемка	88
§ 30. Сущность теодолитной съемки и применяемые инструменты	88
§ 31. Принципы измерения горизонтального угла	90
§ 32. Теодолит и его части	91
§ 33. Поверки теодолитов	100
§ 34. Измерение горизонтального угла полным приемом. Журнал измерений	103
§ 35. Понятие о дальномерах	107
§ 36. Проложение теодолитных ходов	109
§ 37. Съемка ситуации. Абрис	110
Глава VIII. Обработка результатов теодолитной съемки	112
§ 38. Содержание и порядок вычислительных работ	112
§ 39. Обработка угловых измерений в замкнутом полигоне	112
§ 40. Обработка угловых измерений в разомкнутом ходе	115
§ 41. Понятие о прямой и обратной геодезических задачах	117
§ 42. Вычисление и увязка приращений прямоугольных координат	119
§ 43. Вычисление координат точек полигона	122
§ 44. Порядок вычислений в ведомости координат	123
Глава IX. Построение планов	125
§ 45. Составление плана	125
§ 46. Построение координатной сетки	126
§ 47. Нанесение на план точек по координатам	127
§ 48. Нанесение ситуации на план	128
§ 49. Оформление плана	129
Глава X. Определение и деление площадей	130
§ 50. Способы определения площадей	130
§ 51. Понятие об аналитическом способе вычисления площадей	130
§ 52. Графический способ определения площадей	131
§ 53. Определение площадей палетками	132
§ 54. Полярный планиметр и работа с ним	133
§ 55. Деление площадей	136

Р а з д е л III. Вертикальная съемка

Глава XI. Рельеф, продольное нивелирование и нивелиры	138
§ 56. Рельеф земной поверхности и его значение в сельском хозяйстве. Основные формы рельефа	138

251

§ 57. Абсолютные и относительные высоты точек земной поверхности	140
§ 58. Значение, цель и виды нивелирования различных классов	140
§ 59. Нивелирные знаки. Каталог отметок	141
§ 60. Сущность и способы геометрического нивелирования	142
§ 61. Влияние кривизны Земли и рефракции на результаты нивелирования	145
§ 62. Нивелиры и рейки. Поверки нивелиров	146
§ 63. Подготовка трассы для технического нивелирования. Пикетажный журнал	151
§ 64. Продольное и поперечное нивелирование трассы. Нивелирный журнал	154
Глава XII. Камеральная обработка материалов нивелирования	156
§ 65. Содержание и порядок обработки материалов нивелирования	156
§ 66. Составление профиля трассы	157
§ 67. Нанесение на профиль проектной линии. Вычисление красных, рабочих и синих отметок	161
Глава XIII. Нивелирование поверхности	163
§ 68. Изображение рельефа на планах и картах	163
§ 69. Метод горизонталей. Свойства горизонталей	164
§ 70. Нивелирование поверхности по квадратам	165
§ 71. Обработка результатов нивелирования	167
§ 72. Составление плана нивелирования поверхности. Методы проведения горизонталей	167
§ 73. Задачи, решаемые по плану или карте с горизонталями	169
§ 74. Особенности нивелирных работ в районах осушаемого и орошаемого земледелия	173
§ 75. Понятие о тахеометрической съемке	174
§ 76. Понятие о мензуральной съемке	176
Р а з д е л IV. Глазомерные съемки	
Глава XIV. Глазомерные съемки	179
§ 77. Сущность глазомерной съемки и случаи ее применения	179
§ 78. Простейшие способы определения расстояний и крутизны скатов. Способы нанесения на планшет точек местности	181
§ 79. Производство глазомерной съемки	186
Р а з д е л V. Понятие о съемках больших площадей и об аэрофотогеодезии	
Глава XV. Понятие о съемках больших площадей	190
§ 80. Принципы организации геодезических работ при съемке больших площадей	190
§ 81. Понятие о триангуляции, трилатерации и полигонометрии. Каталоги координат	191
§ 82. Понятие о равноугольной поперечно-цилиндрической проекции Гаусса. Топографические карты, их содержание и номенклатура. Решение задач по топографической карте	193
Глава XVI. Сборные сельскохозяйственные планы, карты и атласы	200
§ 83. Понятие о сельскохозяйственных сборных планах, картах и атласах	200
§ 84. Составление сельскохозяйственных сборных планов, карт и приборы, применяемые при этом	201

Глава XVII. Понятие об аэрофотосъемке	204
§ 85. Общие сведения об аэрофотосъемке и ее применении в сельском хозяйстве	204
§ 86. Аэроснимок и его масштаб	205
§ 87. Основные стадии аэрофотосъемочных работ	206
§ 88. Фотосхемы и фотопланы	207

Ч А С Т Ь В Т О Р А Я . О С Н О В Ы З Е М Л Е У С Т Р О Й С Т В А

Р а з д е л VI . М е ж х о з я й с т в е н н о е и в н у т р и х о з я й с т в е н н о е з е м л е у с т р о й с т в о

Глава XVIII. Общие сведения о государственном землеустройстве	241
§ 89. Понятие о землеустройстве, его задачах, содержании и основных принципах проведения	241
§ 90. Виды, формы и порядок проведения землеустройства	245
§ 91. Структура, задачи и организация работы землеустроительной службы	247
Глава XIX. Межхозяйственное землеустройство	220
§ 92. Задачи и содержание межхозяйственного землеустройства	220
§ 93. Порядок проведения межхозяйственного землеустройства	220
Глава XX. Внутрихозяйственное землеустройство	222
§ 94. Задачи и содержание внутрихозяйственного землеустройства колхозов и совхозов	222
§ 95. Подготовительные работы при внутрихозяйственном землеустройстве	223
§ 96. Составление проекта внутрихозяйственного землеустройства	227
§ 97. Рассмотрение и утверждение проекта внутрихозяйственного землеустройства	232
§ 98. Перенесение в натуру проекта внутрихозяйственного землеустройства	232
§ 99. Оформление и выдача землепользователю землеустроительных документов	234
§ 100. Осуществление проектов внутрихозяйственного землеустройства. Авторский надзор и государственный контроль за осуществлением проектов	237
Приложение 1. Латинский и греческий алфавиты	240
Приложение 2. Справки по элементарной математике	240
Список литературы	245
Предметный указатель	248

ИБ № 1449

*Иван Юрьевич Левицкий,
Евгений Моисеевич Крохмаль,
Анатолий Антонович Реминский*

Геодезия с основами землеустройства

Редактор издательства *Н. В. Протопопова*
Переплет художника *С. А. Смирновой*
Технические редакторы *Т. Г. Сивова, А. В. Трофимов*
Корректор *Э. Г. Агеева*

Сдано в производство 8/IX 1976 г.
Подписано в печать 13/1 1977 г. Т-00512.
Формат 70 × 100¹/₁₆. Печ. л. 16,00.
Усл. л. 20,8. Уч.-изд. л. 20,31.
Бумага № 2. Тираж 27 000 экз.
Заказ 1218/5463—15. Цена 1 р. 16 к.

Издательство «Недра», 103633.
Москва, К-12, Третьяковский проезд, 1/19.

Ленинградская типография № 6 Союзполиграф-
прома при Государственном комитете Совета
Министров СССР по делам издательств, поли-
графии и книжной торговли. 196006, Ленинград,
Московский пр., 91.