

Министерство образования Российской Федерации
—
САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

В.С. Ермаков Н.Н. Загрядская Е.Б. Михаленко Н.Д. Беляев

ИНЖЕНЕРНАЯ ГЕОДЕЗИЯ

ЗЕМЛЕУСТРОЙСТВО

Учебное пособие

Санкт-Петербург
Издательство СПбГТУ
2001

УДК 528.3(076.5)

Инженерная геодезия. Землеустройство: Учеб. пособие / В.С. Ермаков, Н.Н. Загрядская, Е.Б. Михаленко, Н.Д. Беляев СПб.: Изд-во СПбГТУ, 2001, 104 с.

Пособие соответствует государственному образовательному стандарту дисциплины «Инженерная геодезия» направления бакалаврской подготовки 653500 «Строительство».

Изложены основные сведения по содержанию, методике и технике геодезических работ, выполняемых при землеустройстве и организации съемок в целях создания городского кадастра и инвентаризации земель.

Предназначено для студентов старших курсов инженерно-строительного факультета специальности 320500 «Мелиорация, рекультивация и охрана земель», изучающих дисциплины специалистов-землеустроителей в рамках бакалаврской программы.

Табл. 2. Ил. 37. Библиогр.: 7 назв.

Печатается по решению редакционно-издательского совета Санкт-Петербургского государственного технического университета.

© Санкт-Петербургский государственный
технический университет, 2001

ВВЕДЕНИЕ

Землеустройство – система мероприятий по рациональному использованию, учету, оценке и улучшению земель. Эти мероприятия осуществляются в соответствии с землеустроительным проектом, разрабатываемым специализированными проектными организациями.

Землеустроительный проект может быть составлен только с учетом топографо-геодезических изысканий. Осуществление проекта, то есть перенесение его на местность также невозможно без проведения геодезических измерений, обеспечивающих соблюдение геометрических форм всего комплекса сооружений и их элементов как в отношении их расположения на местности, так и внешней и внутренней конфигурации.

Все это свидетельствует о значении геодезических работ при землеустройстве и необходимости расширения знаний по сравнению с курсом общей инженерной геодезии в этой специфической области.

В пособии приведены характеристики планово-картографического материала, способы его корректировки и обновления, методы и приемы геодезических работ при проектировании земельных участков и перенесении их контуров в натуру; и рассмотрено понятие городского кадастра.

1. ГЕОДЕЗИЧЕСКИЕ РАБОТЫ, ПРОВОДИМЫЕ ПРИ ЗЕМЛЕУСТРОЙСТВЕ

1.1. Значение топографо-геодезических изысканий

Одним из землеустроительных действий, включаемых в землеустройство, является проведение топографо-геодезических обследований и изысканий. Оно призвано обеспечить топографической основой в виде планов и карт следующие землеустроительные действия.

1. Образование новых, а также упорядочение существующих землепользований с устранением различных неудобств в расположении земель; уточнение и изменение границ землепользований на основе схем районной планировки.

2. Внутрихозяйственная организация территорий землевладений с устройством сельскохозяйственных угодий (сенокосов, пастбищ, садов и др.).

3. Выявление новых земель для сельскохозяйственного и иного хозяйственного освоения.

4. Отвод и изъятие земельных участков (например, наделы фермерам или выходящим из колхозов и забирающим свой пай).

5. Установление и изменение черты городов, поселков и сельских населенных пунктов.

6. Проведение почвенных, геоботанических и других обследований и изысканий.

Топографические карты и планы необходимы для проведения государственного и регионального земельного кадастров. Понятие кадастра неразрывно связано с понятиями учета, оценки состояния и использования различных природных ресурсов, инженерной деятельности, экологии. Существуют различные кадастры: земельный, водный, лесной и др. Нам прежде всего будут интересовать работы по обеспечению земельного кадастра, хотя эти приемы используются и при составлении и водного, и лесного кадастров.

В связи с происходящими изменениями в расположении объектов съемки (ситуации) на местности, исчезновением одних и возникновением других, производят периодическое обновление планов (карт), т.е. составляют новые планы на основе старых или их корректировки, в процессе которых вносят изменения в существующие планы.

1.2. Землеустроительный проект

Землеустроительный проект – это совокупность документов (расчетов, чертежей и др.) по созданию новых форм устройства местности и их экономическому, техническому и юридическому обоснованию, обеспечивающих организацию рационального использования земли. Составление проекта, а затем перенесение его в натуру – процесс, обратный съемке и составлению плана местности.

При съемке выполняют измерения на местности для последующего изображения на бумаге границ землепользования, участков, угодий, дорог, рек.

При составлении проекта сначала на бумаге (плане) изображают проектные границы полей, участков, дорог, лесных полос, каналов, улиц, после этого положение этих объектов определяют на местности путем соответствующих измерений при перенесении проекта в натуру.

1.3. Виды геодезических работ

При составлении проектов и их осуществлении производят следующие геодезические работы.

1. Построение геодезического съемочного обоснования в виде типовых систем смежных треугольников, полигонометрических, теодолитных, тахеометрических, мензульных и нивелирных ходов, засечек с густотой и точностью в зависимости от принятого масштаба съемки и высоты сечения рельефа.

2. Съемки – аэрофототопографические (контурные, комбинированные, стереотопографические), фототеодолитные, мензульные, теодолитные, тахеометрические, нивелирование поверхности – различных масштабов и с различной высотой сечения рельефа в зависимости от требований к точности обследования и проектирования объектов.

3. Обновление планов и карт – составление их по результатам новой аэрофотосъемки с использованием существующих материалов геодезического обоснования и старых съемок. В этом случае полевые работы часто ограничиваются маркированием пунктов геодезического обоснования дополнительным дешифрированием или съемкой границ землепользования, если не представляется возможным с необходимой точностью нанести их на план (карту) по результатам предыдущих съемок.

4. Корректировка планов – съемка и нанесение на существующий план появившихся и удаление с плана (карты) исчезнувших объектов и контуров ситуации.

Эти четыре вида работ выполняются при отсутствии доброкачественных планов и карт на территорию землепользования, на которой проводится землеустройство.

5. Составление и оформление планов и карт на основе выполненных съемок.

6. Определение площадей землепользований и угодий с составлением экспликаций.

7. Составление проектных планов – копий с планов и карт.

8. Предварительное (эскизное) проектирование объектов.

9. Техническое проектирование объекта.

10. Подготовка к перенесению проекта в натуру.

11. Перенесение проекта в натуру.

12. Исполнительные съемки.

13. Наблюдение за деформацией и осадками.

1.4. Геодезические сети

Для правильной организации и постановки топографо-геодезических работ и для сведения результатов съемок местности в одно целое, эти работы должны использовать в качестве съемочного обоснования геодезические пункты с надежно определенными координатами или отметками в общей для них системе. Совокупность таких геодезических пунктов называется геодезической сетью.

Геодезическая сеть подразделяется на следующие:

- государственную геодезическую сеть, обеспечивающую распространение системы координат (или отметок) на территорию государства и являющуюся исходной для построения других геодезических сетей;
- сеть сгущения (местную), создаваемую в развитие сети более высокого порядка (т.е. более редкой);
- съемочную сеть, создаваемую для производства топографических съемок.

Такое ступенчатое построение геодезических сетей заключается в том, что сначала строится высокая по точности сеть на большой территории с пунктами, расположенными на значительном расстоянии друг от друга, а на

основе этих пунктов строится следующая ступень ниже по точности, но с более частым расположением пунктов.

Единая геодезическая сеть обеспечивает возможность проведения топографо-геодезических работ в разных частях территории независимо от времени и сведение результатов этих работ в единое целое, а также надежный контроль всех геодезических измерений и равномерное распределение неизбежных погрешностей по всей территории.

Государственные геодезические сети подразделяются на плановые и высотные. Плановая сеть развивается методами триангуляции, полигонометрии, трилатерации и их сочетаниями. Высотная сеть – методом геометрического нивелирования.

Плановую государственную геодезическую сеть России делят на 1-, 2-, 3- и 4-й классы, различающиеся между собой длиной сторон и точностью угловых и линейных измерений. Высотную государственную геодезическую сеть делят на I, II, III, IV классы нивелирования, различающиеся точностью определения высот пунктов.

Геодезическая сеть сгущения развивается на основе пунктов геодезической сети более высокой по точности ступени. Плановые сети сгущения по точности соответствуют 4-му классу или несколько ниже (1-й и 2-й разряды). Их создают методами триангуляции, полигонометрии, трилатерации и их сочетанием. Высотные (нивелирные) сети развиваются методом геометрического нивелирования III и IV классов с проложением ходов технического нивелирования. Пункты сетей сгущения, как и пункты государственных геодезических сетей, закрепляют на местности постоянными знаками.

Следующей ступенью сгущения является съемочная сеть, отличающаяся меньшей точностью (в 2–3 раза) и бóльшим количеством геодезических пунктов (точек) на единицу площади (в 3–10 раз). Съемочная сеть используется не только для топографических съемок, но и для других работ, например, перенесения на местность проектов межхозяйственного и внутрихозяйственного землеустройства, мелиоративных систем, отводов земельных участков и т.п.

На территории землепользователей в качестве пунктов съемочной сети могут служить межевые знаки по границам землепользования с известными координатами.

Определение положения пунктов съемочных сетей выполняют проложением теодолитных ходов или построением микротриангуляции

прямыми, обратными и комбинированными засечками, либо графическими методами при мензальной съемке. Высоты этих пунктов определяют геометрическим или тригонометрическим нивелированием.

Выбор метода создания съемочных сетей зависит от топографических условий, технико-экономических показателей местности и других факторов.

1.5. Восстановление и съемка границ землепользования (землевладения)

Границы землепользования создаются в процессе проведения межхозяйственного землеустройства, оформляются на местности в установленном порядке и обеспечивают необходимые территориальные условия для рационального использования земли, а также для охраны прав землепользователей. Эти границы имеют большое значение для формирования землепользования, а поэтому считаются обязательным элементом содержания землеустроительного плана.

Со временем некоторые граничные знаки на местности утрачиваются, поэтому границы землепользований восстанавливают при возникновении земельных споров между землепользователями или перед съемкой их в целях нанесения на новые планы (карты). Восстановление границ геодезическими средствами возможно лишь при наличии геодезической информации о них в виде координат граничных знаков или горизонтальных углов и расстояний между знаками. Восстановление возможно и по графическому изображению границ на существующих планах (картах).

В зависимости от расположения и количества утраченных и сохранившихся межевых знаков, точности геодезической информации, топографических условий местности, восстановление может производиться следующими способами:

- 1) угломерных измерений;
- 2) линейных измерений;
- 3) непосредственного опознавания (дешифрирования) на местности признаков утраченного знака.

Способ угломерных измерений для восстановления утраченных межевых знаков обычно предполагает применение теодолита и мерного прибора (для измерения длины), при этом необходимые угловые и линейные величины по границам берут из ведомостей координат или из плана. Для работы в поле изготавливают чертеж границ, на который выписывают углы и линии по

утраченной части границы и на примыкающих к ней линиях с сохранившимися на местности межевыми знаками.

При восстановлении одиночных межевых знаков применяют полярный способ или способ угловых засечек. Полярный способ заключается в построении на сохранившемся межевом знаке B угла β и отложении от знака B на местности расстояния S для определения положения утраченного знака C (рис. 1).

В зависимости от имеющихся геодезических материалов угол β и расстояние S могут быть взяты из ведомостей координат или вычислены по аналитическим координатам межевых знаков по формулам:

$$\beta = \arctg \frac{y_A - y_B}{x_A - x_B} - \arctg \frac{y_C - y_B}{x_C - x_B};$$

$$S = \sqrt{(y_C - y_B)^2 + (x_C - x_B)^2}.$$
(1)

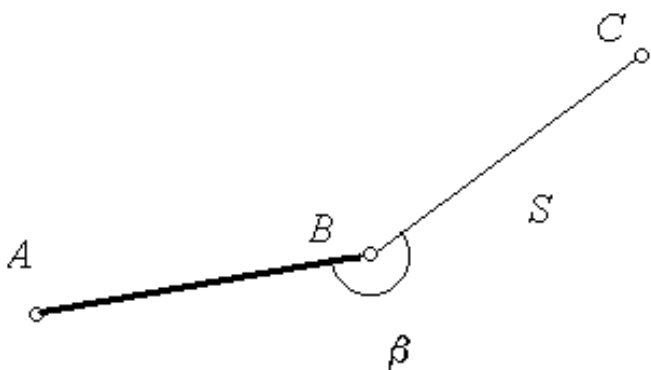


Рис. 1

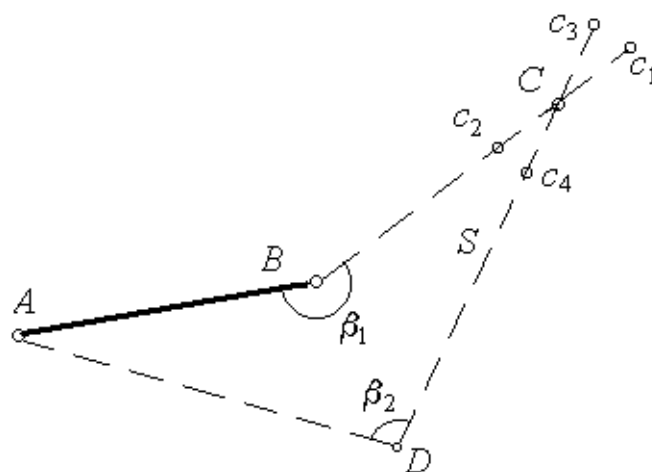


Рис. 2

Точность определения положения межевого знака C будет зависеть от точности определения и построения на местности угла β и расстояния S .

Способ угловых засечек целесообразно применять, когда затруднены линейные измерения между сохранившимися межевыми знаками B , D и восстанавливаемым C (рис. 2). Необходимые углы β_1 , β_2 выбирают из ведомости координат или вычисляют по формуле (1).

На местности, установив теодолит на знаке B , от направления на знак A строят угол β_1 и по полученному направлению в районе расположения знака C

обозначают створ вешками c_1 и c_2 . Аналогично, из знака D получают точки c_3 и c_4 . Затем на пересечении створов c_1c_2 и c_3c_4 восстанавливают утраченный межевой знак C .

При необходимости восстановления отдельного звена границы из нескольких смежных знаков целесообразно строить (прокладывать) теодолитный ход. Например, для восстановления утраченной границы BC , CD , DE и граничных знаков C и D строят при точке B угол β , величина которого известна, и по этому направлению откладывают известное расстояние (горизонтальное проложение BC (рис. 3)). В полученной точке C строят угол, величина которого известна, откладывают расстояние CD и фиксируют точку d ; у точки E может образоваться невязка eE как результат влияния погрешностей измерений при проложении хода $BCDE$, так и при его восстановлении $Bcde$.

При обычно принимаемой вероятности 0.954 допустимую невязку можно рассчитать по формуле:

$$f_s^2 = 4 \sum_1^n m_s^2 + 4 \frac{n+1.5}{3} \left(\frac{m_\beta}{\rho} \sum S \right)^2,$$

где m_s – средняя квадратическая погрешность измерения (откладывания) линии длиной S ; n – число линий хода (построенных углов); m_β – средняя квадратическая погрешность построения угла; ρ – перевод радианной меры в угловую.

Например: при $S_1 = S_2 = S_3 = 400$ м, $m_s = 0.15$ м, $m_\beta = 1'$:

$$f_s^2 = 4 \cdot 3 \cdot 0.15^2 + 4 \cdot \frac{3+1.5}{3} (1 \cdot 1200 / 3438)^2 = 1 \text{ м}^2; \quad f_s = 1 \text{ м}.$$

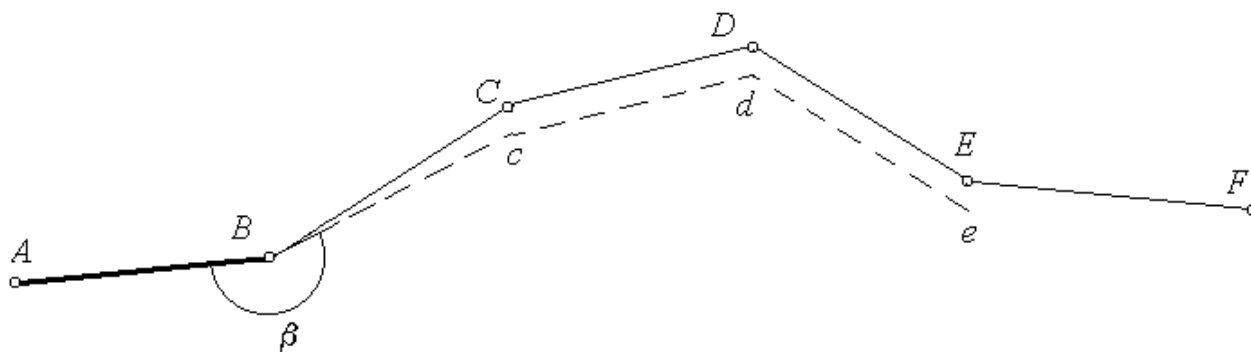


Рис. 3

Невязку распределяют способом параллельных линий. Для этого при помощи буссоли в точке e измеряют направление (магнитный азимут) невязки, а в точках d и c также при помощи буссоли строят это направление и откладывают отрезки (поправки) dD и cC , вычисляемые по формулам:

$$dD = \frac{eE}{BC + CD + DE}(BC + CD); \quad cC = \frac{eE}{BC + CD + DE}BC.$$

Иногда нет необходимости производить увязку хода на местности, так как после получения точки C раскопка в этой точке позволяет обнаружить остатки утраченного межевого знака в виде полусгнивших частей столба или осколков камня, бетона и пр. Тогда на этом месте устанавливают новый знак, строят угол при его вершине и отмеряют расстояние для получения точки d , где также обнаруживают остатки утраченного межевого знака, на месте которого тоже устанавливают новый знак.

При восстановлении знаков в закрытой (залесенной или застроенной) местности затрачивается много времени и сил как на прорубку просек, так и на увязку хода в натуре. В этом случае задачу восстановления межевых знаков в точках C и D решают иначе: по координатам точек B и E (рис. 4), решением обратной геодезической задачи, вычисляют направление и длину линии BE , а затем по дирекционным углам граничных линий и линии BE вычисляют углы:

$$\begin{aligned} \varphi &= (BA) - (BE), & \alpha &= (BE) - (BC), \\ \beta &= (BE) - (CD), & \gamma &= (ED) - (EB). \end{aligned}$$

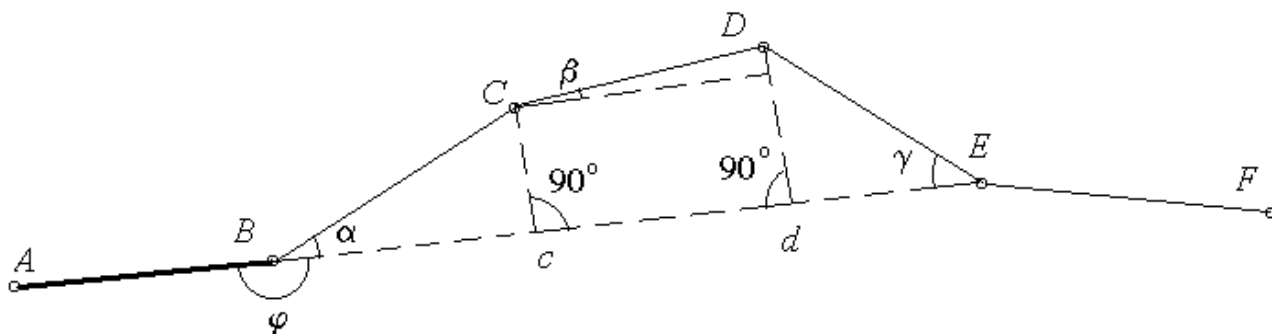


Рис. 4

Все скобки расшифровывают как в формуле (1), затем по линии BE вычисляют промеры $Bc = BC \cos \alpha$, $cd = CD \cos \beta$, $dE = DE \cos \gamma$ и перпендикуляры к точкам C и D длиной $Cc = BC \sin \alpha$; $Dd = Cc + CD \sin \beta$. Записывают вычисленные данные на чертеже, согласно которому на местности строят в точке B угол φ , провешивают линию BE , отмеряют промер Bc в точке

c , строят и откладывают перпендикуляр cC и восстанавливают знак в точке C . Положение знака в точке D находят по промеру Bd и перпендикуляру dD .

Если же и измерение линии BE невозможно или затруднительно, то вспомогательный теодолитный ход между точками B и E прокладывают с одной (двумя) дополнительной точкой Q (рис. 5).

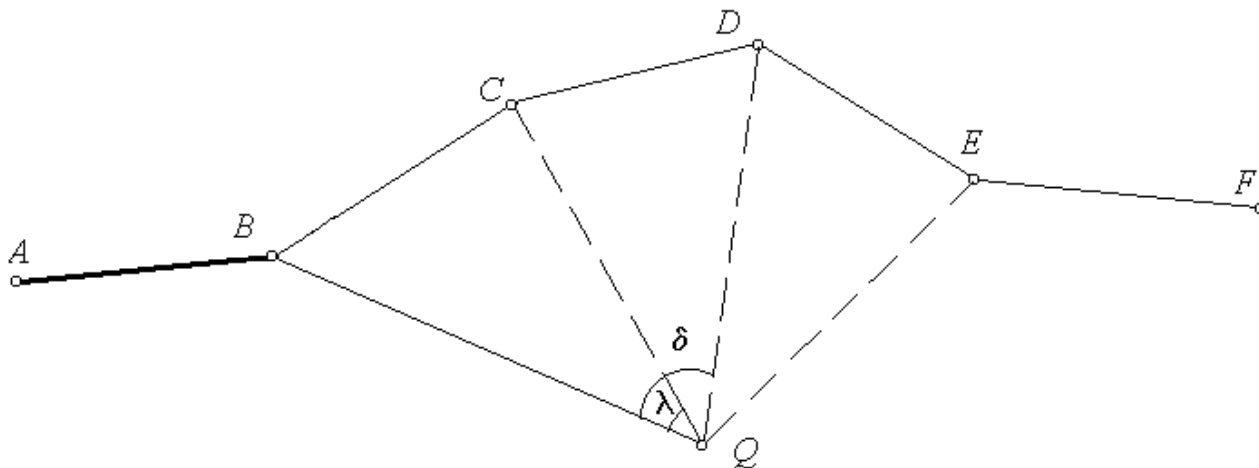


Рис. 5

Способ линейных измерений (промеров) применяют, если на утраченную часть границы нет геодезических данных (угловых и линейных), а есть лишь графическое изображение ее на плане или фотоплане. Границы в этом случае восстанавливают по точкам на местности, где были граничные знаки, с применением метода промеров между сохранившимися знаками B и E и построением перпендикуляров от промеряемой линии BE до восстанавливаемых знаков C и D . Длину промеров Bc и Bd и перпендикуляров cC и dD определяют графически по плану. Кроме этого, могут применяться линейные засечки от ближайших четких контурных точек, промеры вдоль линейных контуров ситуации, по створным линиям и т.д.

Границы землепользований восстанавливают с участием представителей всех заинтересованных сторон.

Границы в натуре могут закрепляться следующими стандартными межевыми знаками:

- железобетонными столбами длиной 135–150 см;
- деревянными столбами длиной 135–150 см и диаметром 15–20 см;
- валунами сравнительно правильной формы весом свыше 100 кг;
- кладкой тура в виде усеченного конуса высотой 80 см.

На границе одного и того же землепользования или по смежной границе межевые знаки должны быть единой конструкции.

Для длительной сохранности знаков обычно вокруг столбов оформляют курган с канавкой в виде окружности внутренним диаметром 2.5–2.8 м, внешним – 3.5–3.8 м, глубина канавы 0.3–0.4 м. В верхней части столба, которая возвышается над землей на 0.2 м, выполняется клеймо с государственным гербом. Столб ориентируют в яме таким образом, чтобы клеймо было направлено на следующий по ходу межевой знак.

При использовании валуна, который наполовину закапывают в землю, на нем зубилом выдалбливают углубление, обозначающее центр межевого знака, и, отступив от него, выдалбливают канавки глубиной ≈ 2 см в направлении на последующий и предыдущий знаки.

Межевые знаки устанавливают друг от друга на расстоянии, обеспечивающем взаимную видимость, но не более 1000 м, а в районах с менее интенсивным землепользованием – ≤ 2000 м.

На открытой территории землепользований границы, не совмещенные с живыми урочищами и другими рубежами, пропахивают в одну борозду глубиной ≥ 20 см.

Наиболее надежным способом съемки межевых знаков является проложение по ним теодолитных ходов, привязываемых к пунктам имеющейся геодезической сети (в том числе к существующим межевым знакам, имеющим вычисленные значения координат). Тогда эти знаки в течение многих лет служат геодезическим обоснованием.

Закрепленные на местности границы землепользований показываются и сдаются в натуре представителям землеустроительных хозяйств с оформлением протокола, в котором описывается положение границ на местности. К протоколу прилагается чертеж установленных границ.

После установления границ на местности землепользователю выдается государственный акт на право пользования или владения землей. Координаты межевых знаков должны определяться как можно точнее. Так, по данным служб земель ФРГ средняя квадратическая ошибка определения координат межевых знаков должна составлять 0.03–0.08 м в зависимости от условий местности; для отдельных малоценных земель при отражении на плане точность может быть ниже – порядка 0.65 м.

Границы городских земель определяются с точностью нескольких сантиметров (в пределах 5 см), в пригороде – с точностью съемки (10 см). Точность по площади частных земель 1 м².

2. ХАРАКТЕРИСТИКА КАЧЕСТВА ПЛАНОВО-КАРТОГРАФИЧЕСКОГО МАТЕРИАЛА

2.1. Виды планово-картографических материалов

Основными для составления проектов землеустройства, мелиорации, планировки городов и населенных пунктов, проведения земельного кадастра являются топографические планы. Выбор метода съемки во многом зависит от целей, для которых предназначаются карты (планы) и от их масштаба.

Аэрофототопографический метод создания и обновления карт наиболее рационален и рентабелен только для масштабов 1:10 000–1:2000. В то же время планово-картографический материал городского кадастра считается целесообразным представлять в масштабе 1:500. Для съемки сельскохозяйственных земель достаточен масштаб съемок 1:2000.

Исходя из этого, для обследований, рекогносцировок, обзорных целей, эскизных решений используются методы аэрофотосъемки, позволяющие быстро получить надежные карты больших территорий. Так, обзорно-справочные кадастровые карты составляют по материалам аэрофотосъемки в масштабах 1:50 000–1:10 000 в зависимости от площади города, удобства пользователя и даже возможности нанесения надписей.

Создание планов и карт более крупных масштабов полностью связано с применением наземных методов съемки. Среди этих методов необходимо отметить следующие: мензульный, тахеометрический, полуавтоматический с применением столика «Карты», редуционно-полярный и метод горизонтальной съемки.

Планы стереофотограмметрической наземной (фототеодолитной) съемки применяют в значительно всхолмленной, предгорной и горной местностях. Планы мензульных съемок, проводимых на небольших площадях, представляют хороший материал. Это один из самых распространенных видов съемки, хотя бы потому, что около 85% геодезических экспедиций оснащены именно мензульными комплектами. Планы теодолитной съемки сравнительно редко применяются при землеустройстве из-за неточностей абрисов.

Очень трудоемки, но точны крупномасштабные планы тахеометрических съемок и нивелирования поверхности. Они используются при необходимости проектирования и точной планировки ответственных площадок, например, аэродромных полей.

Иногда применяются цифровые модели местности (ЦММ), представляющие совокупность точек с числовыми выражениями пространственных (плановых и высотных) координат. В настоящее время широкое применение получают геоинформационные системы (ГИС).

Проекты землеустройства выполняют на ксерокопиях, реже – на светокопиях или фотокопиях. Ранее копии изготавливали графическим способом (на просвет, на прокол) и графомеханическим (с помощью пантографа или пропорционального циркуля).

Следует помнить, что простым увеличением плана нельзя увеличить его точность.

2.2. Детальность, полнота и точность планово-картографического материала

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

Под детальностью понимают степень подобия изображения на плане всех изгибов и извилин, всех деталей контуров ситуации и рельефа. При отсутствии детальности говорят, что план (карта) обобщенный. Обобщение (генерализация) происходит при дешифрировании фотоматериалов или рисовке рельефа при построении мелкомасштабных карт на основе крупномасштабных.

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

Детальность и полнота планов зависят от детальности и полноты абрисов.

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

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

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

где m_x и m_y – погрешности координат точки (т.е. погрешности положения точки по осям координат). Если $m_x = m_y = m_k$ (т.е. точность положения точки приближенно характеризуется кругом погрешностей, а не эллипсом, что точнее), тогда

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

где m_k – средняя квадратическая погрешность координат точки.

2.3. Точность положения контурных точек на планах

Точность планов разных видов съемок различна, что объясняется различием приборов и технологических процессов, применяемых на съемках.

Согласно многочисленным исследованиям погрешности положения точки для теодолитной, мензульной и аэрофотосъемки в масштабе 1:10 000 примерно одинаковы и составляют 4 м, т.е. на плане 0.4 мм. Согласно Инструкции по топографическим съемкам [7] для масштабов 1:500–1:10 000 средние погрешности в положении на карте четких контуров и предметов местности относительно ближайших точек планового съемочного обоснования не должны превышать:

0.5 мм – при создании карт и планов равнинных и холмистых местностей, $\nu \leq 6^\circ$.

0.7 мм – при создании карт местности с большими уклонами.

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

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

2.4. Точность изображения расстояний

Если отдельные точки на плане имеют погрешности, то и расстояния между ними будут определены с погрешностями. Пусть надо определить погрешность расстояния S между точкой 1 и точкой 2 с координатами x_1, y_1 и x_2, y_2 :

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

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

Средняя квадратическая погрешность определения расстояния между точками 1 и 2 при помощи измерителя и масштабной линейки m_{s_0} с учетом точности плана получится по формуле

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

где m_t – средняя квадратическая погрешность расстояний между точками 1 и 2; m_{Γ} – графическая погрешность (0.08 – 0.1 мм).

Пример: при $m_t = 0.4$ мм и $m_{\Gamma} = 0.1$ мм $m_{s_0} = 0.41$ мм, т.е. точность измерения расстояний между точками по плану определяется главным образом точностью плана.

2.5. Точность направлений и углов

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

Тогда дирекционный угол α направления с точки 1 на точку 2 определим по формуле $\operatorname{tg} \alpha = \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1}$.

После дифференцирования, переходя к средним квадратическим погрешностям

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

получим

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

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

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

Пример: $S = 50$ мм, $m_t = 0.4$ мм. Тогда $m_\alpha = 27'$, что представляет довольно значительную величину.

Погрешность определения направления на плане при помощи транспортира с учетом точности плана получится равной

$$m_{\alpha_0} = \sqrt{m_\alpha^2 + m_{\alpha\Gamma}^2} = \sqrt{(27')^2 + (7')^2} = 27.9',$$

т.е. точность направления между точками по плану определяется главным образом точностью плана.

Еще большей погрешностью характеризуется точность угла (так как угол определяется разностью отсчетов на два направления)

$$\beta = \alpha_{21} - \alpha_{23} = \arctg \frac{y_1 - y_2}{x_1 - x_2} - \arctg \frac{y_3 - y_2}{x_3 - x_2};$$

$$m_\beta^2 = m_t^2 \left(\frac{1}{S_{21}^2} + \frac{1}{S_{23}^2} - \frac{\cos \beta}{S_{21} S_{23}} \right);$$

$$\text{при } \beta = 0 \quad m_\beta \rightarrow m_\alpha;$$

$$\text{при } \beta = 90^\circ \quad m_\beta = \frac{m_t}{S} \sqrt{2 \cdot 3438'};$$

$$\text{при } \beta = 180^\circ \quad m_\beta = \frac{m_t}{S} \sqrt{3 \cdot 3438'}.$$

2.6. Точность определения площадей контуров

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

Зависимость площади контура от координат его поворотных точек можно представить формулой

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

Для получения зависимости средних квадратических погрешностей площади от координат точек контура продифференцируем это выражение по всем переменным x_i и y_i и после преобразования получим $m_p^2 = \frac{1}{8} \sum_{i=1}^n m_t^2 D_i^2$, где D_i – диагонали.

Если участок близок к правильному многоугольнику с n вершинами, то

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

для прямоугольника $m_p = m_t \sqrt{P} \sqrt{(1+k^2)}/2k$, где k – отношение большей стороны к меньшей;

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

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

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

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

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

Для более точного представления о погрешностях определения площади по плану для фигур, близких по форме к прямоугольнику, с числом точек n , вытянутостью k и с приблизительно равными расстояниями между точками по контуру, используют формулу

$$m_p (\text{га}) = m_t (\text{см}) \cdot \frac{M}{10000} \sqrt{P (\text{га})} \frac{4\sqrt{0.5n-1}}{n} \frac{k+1}{2\sqrt{k}}.$$

2.7. Особенности расчета точности расстояний, направлений, углов и площадей на фотоплане

Формулы выведены в предположении, что каждая точка на плане независима от других (т.е. при наземных съемках они сняты с разных станций, а при аэрокосмических каждая точка расположена на разных снимках). Если же все точки (или часть их) сняты с одной станции или расположены на одном

снимке, то их положение не является независимым. Они обладают корреляционной связью, теснота которой характеризуется коэффициентом корреляции r (по формуле Неумывакина):

$$r \cong \left(\frac{m_0}{m_t} \right)^2,$$

где m_0 – средняя квадратическая погрешность положения станции или положения снимка на фотоплане; m_t – средняя квадратическая погрешность положения каждой точки, $m_t^2 = m_0^2 + m_c^2$, (m_c – средняя квадратическая погрешность положения снимаемой точки относительно станции или положения точки на снимке относительно его положения на фотоплане).

Тогда для учета корреляции во все формулы вводится коэффициент $\sqrt{1-r}$, тогда

$$m_s = m_t \sqrt{1-r}; \quad m_\alpha = \frac{m_t}{S} \sqrt{1-r};$$

$$m_\beta = m_t \sqrt{\frac{1}{S_{21}^2} + \frac{1}{S_{23}^2} - \frac{\cos\beta}{S_{21}S_{23}}} \sqrt{1-r};$$

для площадей многоугольника $m_{p_0} = m_t \sqrt{\frac{1}{8} \sum_1^n D_i^2} \sqrt{1-r};$

прямоугольника $m_{p_0} = m_t \sqrt{P \frac{1+k^2}{2k}} (1-r);$

квадрата $m_{p_0} = m_t \sqrt{P(1-r)},$

т.е. корреляционная связь уменьшает среднюю квадратическую погрешность.

В формулах фотограмметрии учитываются еще погрешности из-за влияния рельефа местности и графическая погрешность (0.1 мм). Установлено, что большее влияние на погрешность изображения площади оказывает рельеф, а для малых площадей – погрешности вычерчивания контуров при дешифрировании.

2.8. Точность превышений и уклонов

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

квадратической погрешностью положения горизонтали по высоте, которую можно охарактеризовать по формуле Коппе

$$m_H = a + btg\nu,$$

где a – величина, характеризующая точность определения точки земной поверхности по высоте; b – величина, характеризующая сдвиг точки в горизонтальной плоскости вследствие погрешностей определения планового положения станции и пикетов, интерполирования, проведения горизонталей; ν – угол наклона.

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

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

2.9. Искажение линий и площадей в проекции Гаусса–Крюгера

Проекция Гаусса–Крюгера равноугольная поперечно-цилиндрическая. Если план составлен на плоскости в проекции Гаусса–Крюгера, то длины линий и площади участков, измеренных на плане или вычисленных по координатам точек, всегда больше соответствующих горизонтальных проложений этих же линий и площадей на местности, т.е. масштаб изображений линий в проекции Гаусса–Крюгера всегда крупнее того масштаба, который принят для составления плана. При этом укрупнение масштаба тем больше, чем дальше линия или участок расположены от осевого меридиана зоны.

Известно, что линия, измеренная на местности, при перенесении (редуцировании) ее на плоскость Гаусса–Крюгера должна быть увеличена в соответствии с выражением

$$S_{\Gamma} = S + \frac{1}{2} S \left(\frac{y}{R} \right)^2,$$

где S – горизонтальное проложение линии на местности; y – ордината (расстояние от осевого меридиана); R – средний радиус кривизны земного шара ($R \cong 6371$ км).

Величину $\frac{1}{2}\left(\frac{y}{R}\right)$ называют относительным искажением линии. Значение

ординаты на краю шестиградусной зоны в средних широтах России ≈ 200 км ($\varphi \approx 53^\circ$), в южных широтах ≈ 250 км ($\varphi \approx 40^\circ$).

При $y = 200$ км относительное искажение за редуцирование составит $\left(\frac{200}{6371}\right)^2 = \frac{1}{2000}$, при $y = 100$ км $\left(\frac{100}{6371}\right)^2 = \frac{1}{8000}$.

Таким образом, искажением линии в проекции Гаусса–Крюгера можно пренебречь за исключением краев шестиградусных зон.

Искажение линий вызывает соответственно и искажение площадей участков. Проекция Гаусса–Крюгера равноугольная (конформная), поэтому для небольшого участка в несколько тысяч или десятков тысяч гектар его изображение в проекции Гаусса–Крюгера с площадью P_Γ можно считать подобным горизонтальному проложению на местности с площадью P .

Площади P и P_Γ будут относиться как квадраты сходственных сторон

$$\frac{P}{P_\Gamma} = \frac{S^2}{S_\Gamma^2}, \text{ или } \frac{P}{P_\Gamma} = 1 / \left(1 + \frac{y^2}{2R^2}\right)^2.$$

Тогда, умножив числитель и знаменатель на $\left(1 + \frac{y^2}{2R^2}\right)^2$ и пренебрегая

малыми порядка $y^4/4R^4$, получим $P = P_\Gamma - P_\Gamma\left(\frac{y}{R}\right)^2$, т.е. относительное

искажение площади P в два раза больше относительного искажения линии. Для небольших площадей поправку можно не учитывать, а для больших следует учитывать только на краях шестиградусных зон.

2.10. Деформация плана и ее учет при планометрических работах

При определении линий и площадей по плану графическим или механическим способом (при помощи измерителя, планиметра и палеток) учитывают деформацию бумаги. Величина деформации характеризуется коэффициентами деформации, определяемыми в двух взаимно перпендикулярных направлениях по формуле

$$q_0 = \frac{l_0 - l}{l_0},$$

где l_0 – теоретическая (истинная) длина линии в соответствующем масштабе; l – результат измерения этой же линии на плане.

Пример: $l_0 = 4000$ м, $l = 3980$ м, $q_0 = \frac{4000 - 3980}{4000} = +0.005 = +\frac{1}{200}$.

Значения коэффициента деформации различны: 1:400, 1:200, 1:100 и даже 1:50. Величина его зависит от сорта бумаги, условий хранения плана, погоды, времени, которое прошло с момента составления плана, и других условий.

Бумага, наклеенная на алюминий или высокосортную фанеру, практически не деформируется, а бумага, наклеенная на полотно, деформируется сильнее, чем ненаклеенная.

Копии с планшетов деформируются во время печати, в направлении движения бумага растягивается, а в поперечном направлении – сжимается. Через некоторое время деформация бумаги, правда, несколько уменьшается, но все же остается значительной. Особенно сильно деформируется бумага от свертывания в трубку или складывания.

Если бумага деформируется в двух взаимно перпендикулярных направлениях одинаково, то учесть ее деформацию нетрудно; при неравномерной деформации труднее, ведь обычно линии располагаются под различными углами к линиям координатной сетки.

Для учета деформации бумаги в длины линий, определяемых по плану, приходится вводить поправки. Если l – результат измерения линии на деформированном плане, l_0 – истинное горизонтальное проложение линии на местности, q – относительная деформация бумаги (1/200–1/100), то $l_0 = l + lq$, где lq – поправка к длине линии, обусловленная деформацией бумаги. Если поправка меньше точности масштаба, то ее не вводят в результат измерения линии на плане. Для площади P на плане истинное значение $P_0 = P + 2Pq$.

3. КОРРЕКТИРОВКА И ОБНОВЛЕНИЕ ПЛАНОВО-КАРТОГРАФИЧЕСКОГО МАТЕРИАЛА

3.1. Старение планово-картографического материала. Факторы, влияющие на скорость старения

Планы и карты отображают ситуацию местности, соответствующую времени выполнения съемок, поэтому с течением времени зафиксированная на

них информация все меньше соответствует фактическому состоянию, т.е. они стареют, и тем значительнее, чем больше времени проходит с момента съемки.

Старение планов и карт обусловлено:

1) непрерывным изменением облика земной поверхности, в большей степени зависящим от хозяйственной деятельности человека;

2) повышением требований к их точности, детальности, полноте, содержанию и оформлению в связи с научно-техническим прогрессом.

Изменения могут происходить:

в размерах и конфигурации землепользований и их контуров в связи с трансформацией, изъятием и отводом земель;

в качественном состоянии участков в связи с проведением мелиоративных, агротехнических и других мероприятий;

в составе категорий земель и категорий землепользователей;

в размерах территорий из-за изменения административных границ.

Быстрое старение планов и карт, используемых при проведении землеустройства и земельного кадастра, вызывает необходимость их систематического обновления. Требуется определять плановые показатели старения планов и карт для установления сроков их обновления или корректировки.

3.2. Показатели старения планов.

Периоды обновления планов и карт

Под обновлением понимают составление новых планов на основе новых съемок с использованием существующих планов и их геодезического обоснования. Периоды обновления устанавливаются от 8 до 15 лет в зависимости от степени старения планов и карт в различных районах картографирования.

Однако быстрое старение планов и карт заставляет проводить мероприятия по поддержанию планов и карт на современном уровне через более короткие сроки, чтобы систематически удовлетворять требованиям достоверной информации об использовании земли при проведении земельного кадастра. Так, например, через каждые 3–5 лет обычно проводится составление проектов землеустройства, а досрочное обновление плана в эти сроки технически нецелесообразно и экономически невыгодно. Поэтому между

обновлениями карт и планов проводят их корректировку. Под корректировкой понимают:

- съемку появившихся контуров ситуации;
- нанесение результатов съемки на существующий план (карту);
- уничтожение на плане исчезнувших контуров.

Степень старения планов и карт целесообразно определять главным образом с точки зрения стоимости работ по корректировке и обновлению плана. Стоимость работ зависит от следующих факторов:

- степени старения плана (карты);
- способа корректировки (наземным способом или при помощи аэрофотосъемки);
- вида корректируемого плана, составленного способом наземной или аэрофотосъемки (штриховой или фотоплан);
- категории сложности снимаемой местности.

Стоимость корректировки определяется преимущественно объемом полевых работ, который всегда меньше при использовании аэрофотосъемки, чем при наземном методе. Объем полевых работ в свою очередь, определяется длиной снимаемых контуров и съемочных ходов, прокладываемых в целях съемок происшедших изменений. Поэтому основным показателем старения планов и карт λ является отношение сумм длин снимаемых и наносимых на план контуров l к сумме длин всех контуров L на момент съемки: $\lambda(\%) = \frac{l}{L} 100$.

Однако проще определять λ из отношения площадей контуров изменившихся p и всех изображенных на плане P : $\lambda(\%) = 100\sqrt{p/P}$.

Годовое старение колеблется в пределах $\lambda = 5...15\%$, причем наибольший процент старения относится к большим площадям. С каждым последующим годом прирост процента старения постепенно затухает. К моменту обновления планов и карт, т.е. через 8–15 лет, он достигает 30–80%.

Анализ показателей старения планов (карт), вычисленных по вышеприведенным формулам, а также стоимостей работ по корректировке и обновлению планов и карт позволил установить следующие:

- если обновление планов будет производиться новой съемкой только наземными методами, то корректировку целесообразно проводить при изменениях ситуации до 50% для I и II категорий сложности и до 40% для III категории сложности;

- если же обновление планов будет производиться методом аэрофотосъемки, то корректировка выгодна для планов местности I категории сложности при изменениях ситуации до 30%, II категории – до 20% и III категории – до 10%.

3.3. Корректировка планов и ее точность

Наиболее удобно корректировать штриховые планы, изготовленные на прозрачных пластиковых материалах (астролон, винипроз и др.), потому что они практически не деформируются, с них быстро и легко удаляется все ненужное и устаревшее, легко наносятся новые контуры и объекты. С составленного на пластике плана простыми средствами изготавливаются копии, необходимые для полевой работы по корректировке или для сохранения изображения ситуации на момент съемки. Так же просто изготавливаются копии с откорректированного плана. В отсутствие планов на пластике работают с их репродукциями на жесткой основе.

При выполнении работ по корректировке ставится задача – выбрать такие способы корректировки, которые практически бы обеспечили сохранение точности корректируемых планов. Корректировкой невозможно исправить плохой по качеству план, но неудачно выбранный способ корректировки может привести к недопустимой потере точности корректируемого плана.

Практически планы считаются равноточными, если показатели их точности отличаются один от другого не более чем на 10%. Например, если точность корректируемого плана характеризуется погрешностью положения контурной точки 0.4 мм на плане, а в результате корректировки погрешность положения точек контуров оказалось 0.44 мм на плане, то откорректированный план считается равноточным корректируемому, или точность откорректированного плана обладает десятипроцентным «критерием ничтожности» к точности корректируемого плана.

Это означает, что если точность корректируемого плана характеризуется погрешностью положения точки на плане m_t , то откорректированный план обладает погрешностью положения точки $1.1m_t$. Поэтому чтобы обеспечить критерий ничтожности в 10%, погрешности измерений $m_{изм}$ при корректировке должны составлять величину $m_{изм} = 0.46m_t$, так как

$$(1.1m_t)^2 = m_t^2 + m_{изм}^2 \text{ и } m_{изм}^2 = 0.21m_t^2.$$

Из этого следует, что погрешности измерений при корректировке не должны превышать половины величины погрешности точности корректируемого плана.

3.4. Организация и содержание работы по корректировке планов

Корректировка планов и карт является самостоятельным видом геодезических работ, выполняемых для внесения в план изменений ситуации, после последней съемки, с сохранением точности корректируемого плана.

Работа по корректировке выполняется в следующем порядке.

1. Подготовительные камеральные работы.
2. Полевое дешифрирование появившихся контуров на снимках новой аэрофотосъемки или сличение корректируемого плана с местностью (осмотр, рекогносцировка местности).
3. Удаление с плана исчезнувших контуров.
4. Построение съемочного обоснования, если в этом есть необходимость.
5. Съемка появившихся контуров.
6. Нанесение результатов съемки и дешифрирования на план и составление калек выполняемых работ.
7. Контроль и оформление результатов корректировки (вычерчивание плана и калек, составление пояснительной записки или технического отчета, подшивка и брошюровка документов – схем, справок, полевых журналов, абрисов, ведомостей вычислений, таблиц и пр.).

Подготовительные работы заключаются в подборе и подготовке планов (карт), требующих корректировки, и других документов и материалов, используемых при корректировке.

С осмотра (рекогносцировки) местности начинается полевая работа по корректировке плана, которая состоит во внимательном сличении корректируемого плана с местностью. В процессе осмотра местности выполняют следующие работы.

1. Исправляют на плане изменившиеся наименования.
2. Выявляют контуры и массивы, подлежащие съемке.
3. Намечают схемы построения съемочного обоснования, т.е. на плане делают пометку о предполагаемом виде построения съемочного обоснования (проложение съемочного хода, цепи треугольников, построение геометрической сети или проложение мензурных ходов, определение положения точек неизменившейся ситуации) в зависимости от характера

местности и степени изменений ситуации, их разбросанности, наличия пунктов геодезических сетей, метеоусловий.

4. Определяют методы съемки появившихся контуров и массивов (теодолитом, мензулой, мерным прибором).

Хотя корректировка и является самостоятельным видом геодезических работ, но она может выполняться и одновременно с проведением землеустроительных и мелиоративных мероприятий.

3.5. Методы съемок при корректировке планов земель

Точность корректировки в значительной степени зависит от точности геодезического обоснования съемки, выполняемой при корректировке.

Геодезическим обоснованием съемки могут быть: пункты геодезических сетей (триангуляции, полигонометрии); границы землепользования (землевладения) – межевые знаки, имеющие вычисленные значения координат; точки съемочных ходов, проложенные между этими пунктами; опорные контурные точки, сохранившиеся на местности и четко отображенные на корректируемом плане. Такими точками могут быть пересечения дорог, канав, если эти пересечения происходят под углами в пределах 40–140°, углы строений, зданий, оград.

Наиболее просто и с полным сохранением точности корректируемого плана работа выполняется, если съемка опирается на пункты имеющейся геодезической сети достаточной густоты (при М 1:10 000 допускается не более 3–4 км между пунктами).

Теодолитная съемка (проложение ходов, полярный способ) применяется в закрытой местности при большой разбросанности участков съемки и при неблагоприятных для полевых работ климатических условиях, а также и в открытой местности при небольших изменениях в ситуации.

Мензульная съемка производится в благоприятную погоду на открытой местности, на больших массивах при сложной контурной ситуации и при значительных ее изменениях. Метод мензульной съемки имеет преимущество перед другими методами, так как все изменения ситуации наносятся на план непосредственно в поле с большей детальностью. Это позволяет в процессе полевой работы видеть происшедшие изменения и, если они не наблюдаются, прервать съемку в данном месте. При этом способе корректировки в состав бригады входит меньшее число рабочих, исполнитель освобождается от значительной части полевых записей (ведения абриса).

Корректировку при помощи мерного прибора (ленты, рулетки, жезла) и экера выполняют, когда на местности произошли небольшие изменения отдельных контуров, когда съемку изменившихся контуров возможно произвести способом перпендикуляров относительно линий, опирающихся на пункты геодезической сети или на опорные контурные точки.

Пункты геодезической сети используются и для привязки аэроснимков новой аэрофотосъемки. Контурные точки используют в качестве опоры при корректировке, когда пункты геодезической сети на территории съемки отсутствуют или имеющаяся геодезическая сеть редка.

3.6. Корректировка планов с использованием контурных точек в качестве опорных

При такой корректировке вычисление координат точек съемочного хода не является необходимым, а иногда и нецелесообразно. Все измерения на местности выполняются в расчете на графические построения на корректируемом плане не только снятой ситуации, но и съемочных ходов.

Предварительно уточняют положение контурных точек на местности либо аэрофотосъемкой, либо путем выполнения измерений относительно других точек на плане, сравнивая расстояния, измеренные на местности и на плане. Результаты измерений не должны отличаться на плане более чем на 1 мм.

Наиболее типичные способы съемки для масштабов 1:10 000–1:25 000:

1. Полярный способ с опорной контурной точки при помощи теодолита или мензулы.
2. Способ перпендикуляров относительно линии, опирающейся на контурные точки.
3. Способ перпендикуляров и полярный способ относительно линий съемочных ходов, опирающихся на контурные точки.

Планы крупных масштабов могут быть получены и не инструментально, а путем геометрической съемки при помощи промеров лентой или рулеткой, экером.

Съемка полярным способом при помощи теодолита и мензулы

При съемке с контурной точки *A* точек 1–4 теодолит или мензулу устанавливают в точке *A*, ориентируют их на точку *B* (рис. 6).

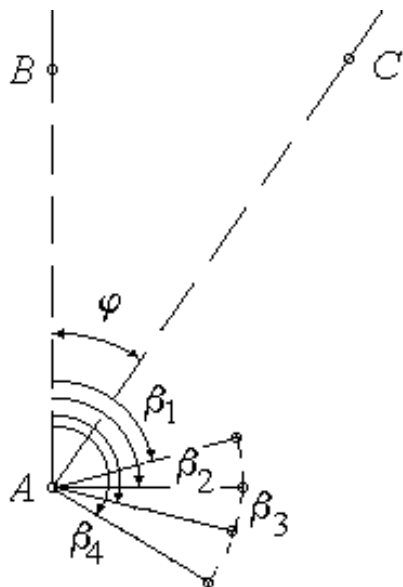


Рис. 6



Рис. 7

Для контроля при съемке теодолитом измеряют угол φ между AB и AC , а при съемке мензулой по AC проверяют ориентировку планшета. Расхождение угла φ на местности и на плане

$$\Delta\varphi < \frac{1 \text{ мм}}{S \text{ мм}} 3438' \cdot \sqrt{2},$$

где S – наибольшая сторона угла на плане.

При съемке полярным способом теодолитом или мензулой на опорной контурной точке ориентирование лимба теодолита или мензульного планшета должно производиться по расстоянию между контурными точками, не менее чем в три раза превышающему наибольшее расстояние от прибора до рейки, т.е. $AB/A1(A2, A3, A4) > 3$.

Положение станции для съемки теодолитом или мензулой можно получить в створе контурных точек B и D , измерив на местности расстояние BA и отложив его на плане (рис. 7). Точность положения станции A значительно увеличится, если измерить еще AD и из полученных двух положений точки A взять среднее. На опорных контурных точках устанавливают вехи.

*Съемка способом перпендикуляров относительно линии,
опирающейся на контурные точки*

Принцип съемки способом перпендикуляров наглядно иллюстрирует рис. 8. Точки A и B – опорные контурные точки. Точка C – контрольная контурная точка.

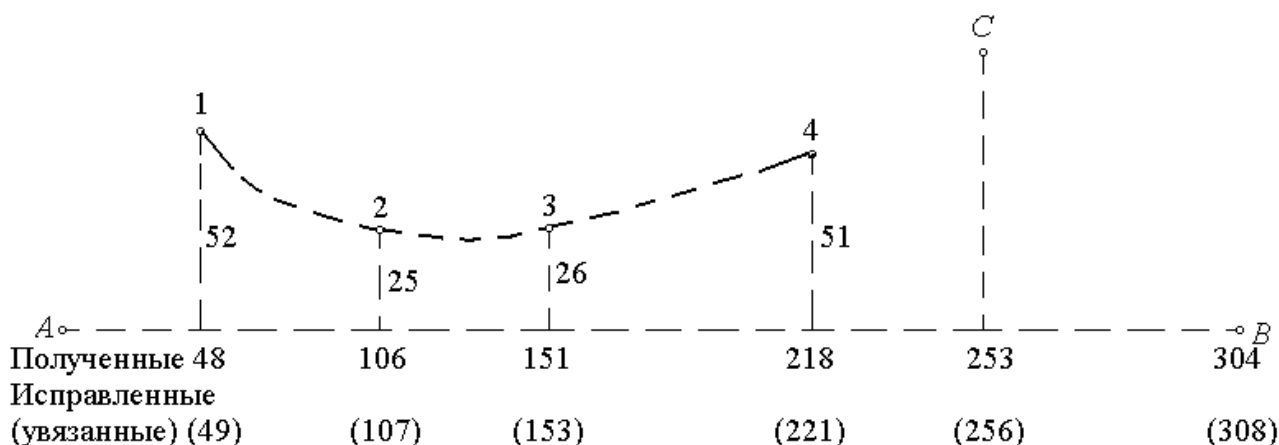


Рис. 8

Погрешность положения каждой точки складывается из погрешностей:

- построения перпендикуляра на местности;
- измерения его длины на местности;
- построения перпендикуляра на плане;
- измерения его длины на плане.

AB – на плане 308 м, остальные отсчеты увязаны (исправлены) пропорционально их величинам.

*Съемка относительно линий съемочных ходов,
опирающихся на контурные точки*

Нередко из-за отсутствия нужного числа опорных контурных точек необходимо прокладывать съемочные ходы, опирающиеся на эти точки. Все измерения в ходах из-за низкой точности исходных данных производят в расчете на графические построения их на плане.

Закрепление точек ходов производится кольями с окопкой. Длину ходов не допускают более 15 см на плане, а линейные невязки – более 1 мм. Увязка ходов на плане производится способом параллельных линий. Относительно точек и линий этих ходов производится съемка ситуации способом перпендикуляров, полярным (при работе с теодолитом или мензулой) или способом угловых засечек.

Для контроля в съемку включают и другие контурные точки, изображенные на плане.

Применяют четыре способа проложения ходов.

1. Теодолитный ход без примычных углов.
2. Мензульный ход.

3. Хордоугломерный ход (при помощи мерного прибора).

4. Створный ход.

Теодолитный ход без примычных углов (примычные углы не измеряют из-за больших погрешностей в исходных направлениях между опорными контурными точками *A* и *B*) (рис. 9).

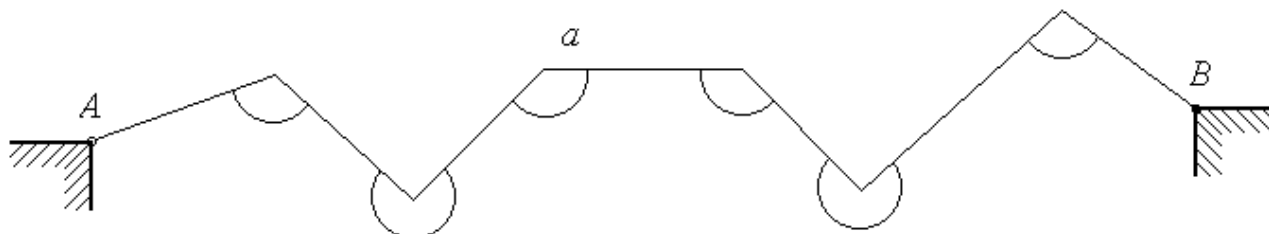


Рис. 9

Стороны в этом ходе измеряют мерным прибором с погрешностью $1/1000$. Допускается измерение сторон нитяным дальномером с отсчетами по двухсторонней рейке, у которой деления на второй стороне построены для коэффициента дальномера $T10$. Расхождение результатов измерения линии по двум сторонам не должно превышать $1/100$ измеряемого расстояния.

Перед нанесением хода на план его строят на кальке (восковке) в масштабе плана по измеренным углам и сторонам. Затем конечные точки на восковке совмещают с идентичными точками на плане и при допустимой линейной невязке ход на восковке увязывают способом параллельных линий. После этого исправленные положения точек перекалывают на план. Восковку сохраняют как технический документ и приобщают к делу. С большей точностью строят ход по румбам, которые вычисляют по измеренным углам, приняв румб первой линии произвольным. После нанесения точек хода на план построение снятой ситуации производят обычным способом. Погрешности положения точек хода близки к погрешностям положения контурных точек, поэтому использование их в качестве опорных при съемке ситуации не снизит точность откорректированного плана.

Мензульный ход строят на планшете в условиях закрытой и полужакрытой местности. При проложении хода особое внимание обращают на его ориентирование, особенно на первой станции, на которой планшет ориентируют по направлению с длиной, не менее чем в два раза превышающей длину хода. Погрешность центрирования планшета e не должна превышать $S/1700$, где S – длина меньшей стороны угла в ходе.

При коротких линиях прокладывают буссольный ход, т.е. ведут полуинструментальную съемку, при которой, рисуя абрис, указывают магнитные азимуты сторон линий хода.

Хордоугломерный ход (при помощи мерного прибора), он отличается от теодолитного тем, что углы хода измеряют при помощи стягивающих хорд (рис.10). Для этого от вершины измеряемого угла вдоль его сторон или их продолжений отмеряют отрезки – радиусы по 10 и 20 м – и концы радиусов временно закрепляют металлическими шпильками. Между концами радиусов измеряют хорды с точностью до 1 см. Расхождение значений измеренных хорд с радиусами 20 м и значений удвоенных хорд с радиусами 10 м не должно превышать 5 см. Средняя квадратическая погрешность измерения угла хордами близка к 5'.

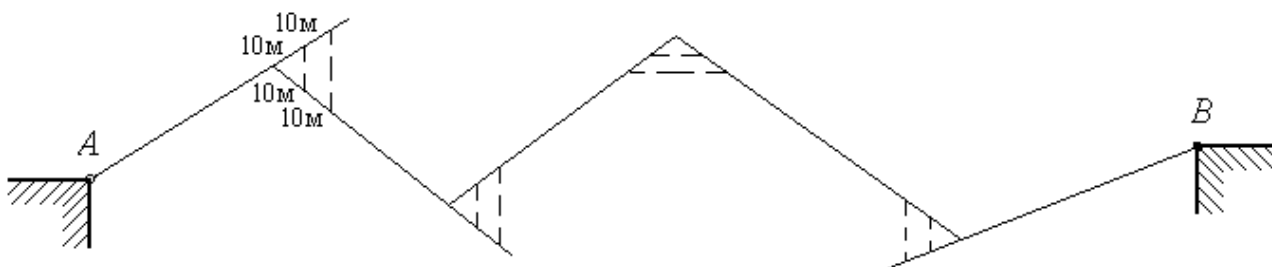


Рис. 10

Для нанесения хода на план его предварительно строят на восковке. Построение углов производят при помощи двадцатиметровых радиусов и хорд, откладывая их в масштабе 1:200. Общая погрешность измерения и построения угла $\approx 7'$. После увязки хода на восковке точки перекалывают на план.

Створный ход (при помощи мерного прибора). Точки $AabcD$. Для проложения его (рис. 11) на опорных контурных точках B и C устанавливают вехи. Перед измерением линий хода с относительной погрешностью 1:1000 проложение створа обозначают также вехой. В точке хода C рекомендуется измерить угол хордами или привязывать ход не только к конечной точке D , но и к створу этой точки с контурной точкой E . Это обеспечивает контроль при построении хода на плане, правильную его увязку способом параллельных линий и повышает точность положения точек хода после увязки.

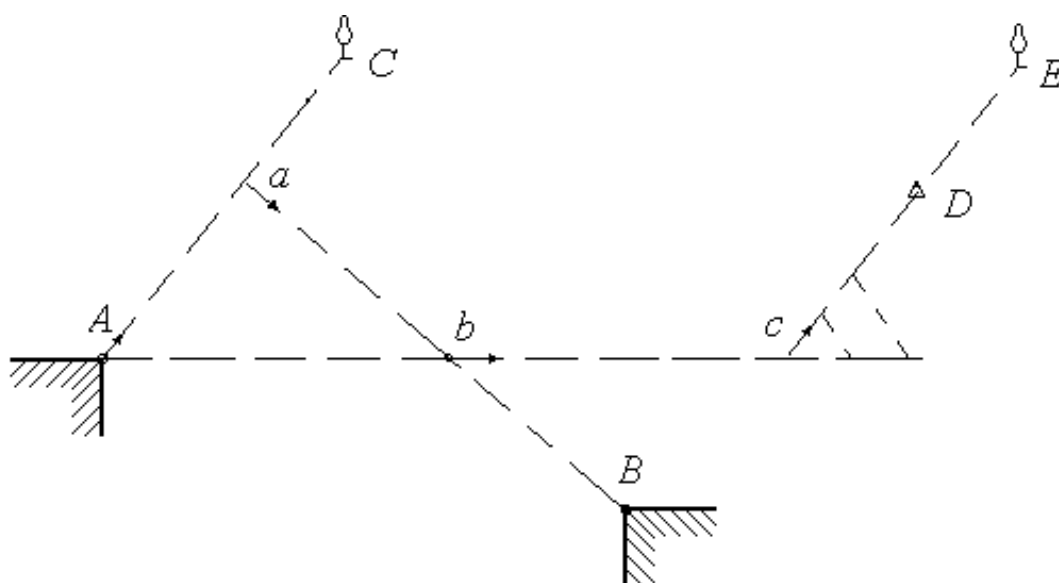


Рис. 11

Створный ход строят (и увязывают) непосредственно на корректируемом плане по направлению створов и измеренным расстояниям между точками хода.

Использование аэроснимков новой аэрофотосъемки при корректировке планов (карт) освобождает исполнителя от полевых измерений, повышает производительность труда и в значительной степени избавляет от пропусков при фиксировании изменений ситуации на плане, но требует знания фотограмметрии, геометрических свойств аэроснимка и практического навыка.

Существуют различные способы перенесения ситуации с аэроснимка на план: оптико-механические с применением проектора, стереоскопа; графические, когда можно пренебречь искажением изображения на аэроснимке.

Оформление результатов корректировки. Контроль

Результаты съемки (корректировки) после нанесения их на план переносят на кальку. Исчезнувшие контуры зачеркиваются красным. Контуры, у которых изменилось только название, показывают на кальке синим цветом.

Расхождения в положении точек ситуации, проверяемых при контроле, допускаются не более 1 мм на плане для ясно выраженных контуров и не более 2 мм для неясно выраженных контуров. Все документы сшиваются в дело.

Осуществляется систематический контроль начальником отряда. Результаты контроля наносят на корректируемый план, переносят на кальку контуров, вычерчивают красной тушью и оформляют актом.

Работы по корректировке принимаются главным (старшим) инженером-землеустроителем или другим специалистом по землеустройству и землепользованию. При корректировке плана производятся вычисления для исправления площадей контуров.

4. СПОСОБЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПЛОЩАДЕЙ ПРИ ЗЕМЛЕУСТРОЙСТВЕ

4.1. Характеристика способов определения площадей землепользования и землевладений

Составление различного рода проектов, связанных с использованием земельной территории, изучение ее природных богатств, учет и инвентаризация земель требуют определения площадей.

При проведении этих работ определяют небольшие площади строений, сооружений, уличных проездов, площадей, парков, садовых участков, огородов и большие площади – городов или сельских населенных пунктов, целых землепользований и севооборотных массивов.

Наряду с величиной площади требуется знать и точность ее определения. В зависимости от хозяйственной значимости участков и массивов, их размеров, конфигурации и вытянутости, наличия результатов измерения линий и углов на местности и планово-картографического материала, а также топографических условий местности применяются следующие способы определения площадей.

1. Аналитический: площадь вычисляется по результатам измерений линий и углов на местности или по их функциям – координатам вершин фигур.

2. Графический: площадь вычисляют по результатам измерений линий и углов (транспортиром) или по координатам точек на плане (карте).

3. Механический: площади определяют на плане при помощи специальных приборов (планиметров, картометров) и приспособлений (палеток, ротометров). Нередко эти способы применяют комбинированно.

Наиболее точным, но требующим больших материальных затрат на производство полевых измерений, является аналитический способ, так как его точность не зависит от точности плана. Его применяют для вычисления площадей, когда по их границам проложены теодолитные ходы и полигоны, а также при обмере ценных в хозяйственном отношении участков.

Менее точен графический способ, так как, помимо погрешностей измерений на местности, на точность влияет погрешность плана. Его применяют для определения площадей, ограниченных ломаными линиями. Чем

меньше площадь участка, тем больше относительная погрешность. Для больших площадей точность этого способа приближается к точности аналитического.

Наименее точным, но наиболее распространенным является механический способ, так как, пользуясь им, можно быстро и просто определить площадь участка любой формы. Его применяют при определении площадей с извилистыми границами.

4.2. Аналитический способ

Если граница какой-либо территории наложена на план по координатам, то можно по ним вычислить ее площадь, заключенную в многоугольник.

Вычисление производится по формуле $P_1 = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^n x_i (y_{i+1} - y_{i-1})$, т.е. площадь многоугольника равна полусумме произведений каждой абсциссы на разность ординат последующей и предыдущей вершин многоугольника.

Контролем служит формула $P_2 = \frac{1}{2} \sum y_i (x_{i-1} - x_{i+1})$, т.е. площадь P многоугольника равна полусумме произведений каждой ординаты y на разность абсцисс x предыдущей и последующей вершин. Расхождение между P_1 и P_2 не должно превышать 0.1 м^2 .

Для вычисления площади треугольника и четырехугольника пользуются формулами, состоящими из двух произведений.

Для треугольника:

$$2P_{\Delta} = (x_1 - x_2)(y_2 - y_3) - (x_2 - x_3)(y_1 - y_2), \text{ или } P_{\Delta} = \frac{1}{2} \begin{vmatrix} x_1 - x_2 & y_1 - y_2 \\ x_2 - x_3 & y_2 - y_3 \end{vmatrix}.$$

Для четырехугольника:

$$2P_{\square} = (x_1 - x_3)(y_2 - y_4) - (x_2 - x_4)(y_1 - y_3), \text{ или } P_{\square} = \frac{1}{2} \begin{vmatrix} x_1 - x_3 & y_1 - y_3 \\ x_2 - x_4 & y_2 - y_4 \end{vmatrix}.$$

Значение координат для площадей менее 200 га округляют до 0.1 м, для больших площадей – до 1.0 м.

Относительная погрешность определения площади аналитическим способом несколько больше относительной погрешности измерений линий, но относительные погрешности вычисления площадей полигонов, включенных в

геодезическую сеть, значительно меньше 1/2000 (т.е. погрешности измерения линии).

4.3. Графический способ

Вычисление площадей графическим способом состоит в том, что участки, изображенные на плане, разбивают на простейшие геометрические фигуры – преимущественно на треугольники, реже – на трапеции. В каждой фигуре на плане измеряют высоту и основание, по которым вычисляют площадь. Сумма площадей фигур дает площадь участка.

Чем больше углов имеет граница участка, тем меньше эффективность этого способа. Следовательно, для определения площадей участков, имеющих большое количество углов, целесообразно вычислять площадь по графическим координатам точек, т.е. координатам, измеренным на плане при помощи измерителя или координатографа, координатометра и др.

Наилучшим вариантом разбивки участка на треугольники будет тот, при котором треугольники близки к равносторонним (вернее, их высоты близки по величине к основаниям). Если высоты или основания, по которым определяют площади фигур, представляют линии, измеренные на местности, например, стороны теодолитного полигона, то для повышения точности определения площадей на плане длины этих линий не измеряют, а принимают величины, полученные на местности.

Точность вычисления площади неравностороннего треугольника будет выше, если короткое основание (или высота) измерено на местности, а длинная высота (или основание) определена по плану.

Для контроля и повышения точности площадь каждого треугольника определяют дважды: по двум различным основаниям и двум высотам. Если расхождение допустимо, то из двух значений площади вычисляют среднее. Допустимость расхождения между двумя значениями площади определяют по формуле

$$\Delta P (\text{га}) = 0.04 \cdot \frac{M}{1000} \sqrt{P (\text{га})},$$

где M – знаменатель численного масштаба плана.

Для обеспечения контроля вычислений и повышения точности при выборе высот и оснований не следует стремиться к тому, чтобы в смежных треугольниках они повторялись, так как это ведет к зависимости результатов вычислений, и могут оказаться незамеченными грубые ошибки.

Пример вычисления графическим способом площади полигона (рис. 12) приведен в табл. 1.

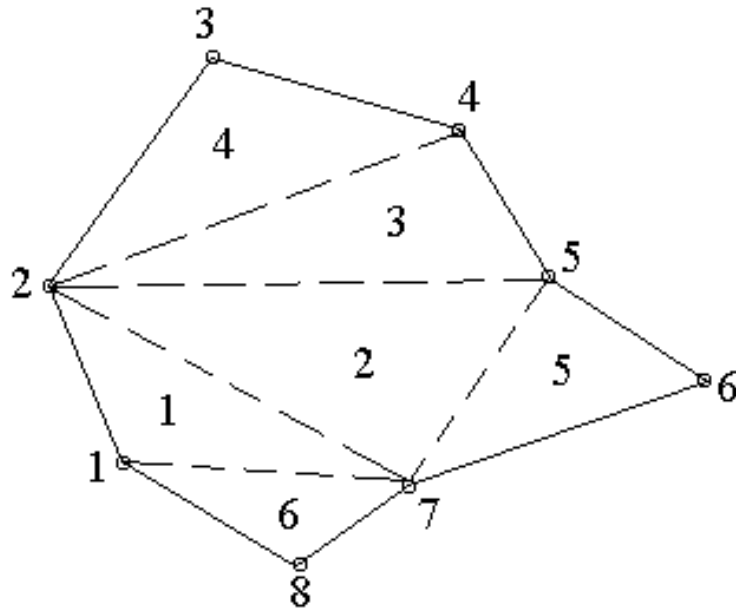


Рис. 12

Т а б л и ц а 1

Номер треугольника с вершинами	Номер измерения	Основание м,	Высота, м	Удвоенная площадь, га	Среднее значение удвоенной площади, га
1	I	462.7	580	26.84	26.85
1 – 2 – 7	II	728	369	26.86	
2	I	458	657	30.09	30.14
2 – 5 – 7	II	674	448	30.20	
3	I	284.3	566	16.09	16.07
2 – 4 – 5	II	571	281	16.05	
4	I	386.4	280	10.82	10.86
2 – 3 – 4	II	301.6	361	10.89	
5	I	391.9	275	10.78	10.78
5 – 6 – 7	II	276.1	390	10.77	
6	I	360	435	15.66	15.66
7 – 8 – 1	II	434.8	360	15.65	
ИТОГО:				220.71	110.36
					$P = 55.18$ га

4.4. Вычисление площадей с помощью палетки

Для определения площадей небольших участков с криволинейными контурами на плане применяют палетки, в основном прямолинейные. К прямолинейным палеткам относятся известные и наиболее распространенные квадратные и параллельные палетки.

Квадратная палетка представляет собой сеть взаимно перпендикулярных линий, проведенных через 1–2 мм на прозрачном целлулоиде, плексигласе, фото пленке, стекле или кальке.

Площадь фигуры определяется простым подсчетом клеток палетки, наложенной на фигуру. Доли клеток, рассекаемых контуром на части, учитываются на глаз (рис. 13). Квадратной палеткой не рекомендуется определять площади больше 2 см² на плане. Недостаток ее применения (помимо того, что площади долей клеток, рассекаемых контуром, приходится оценивать на глаз) в том, что подсчет количества целых клеток нередко сопровождается грубыми погрешностями.

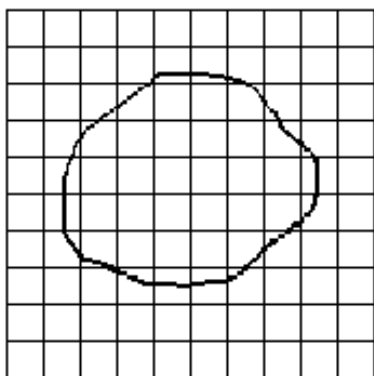


Рис. 13

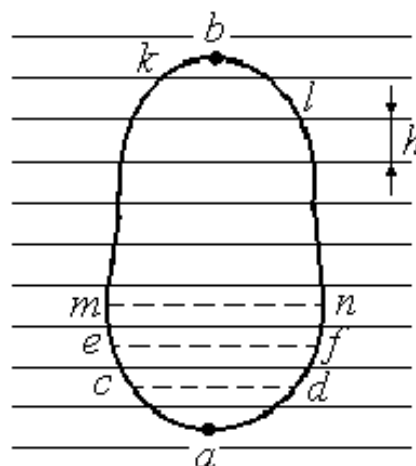


Рис. 14

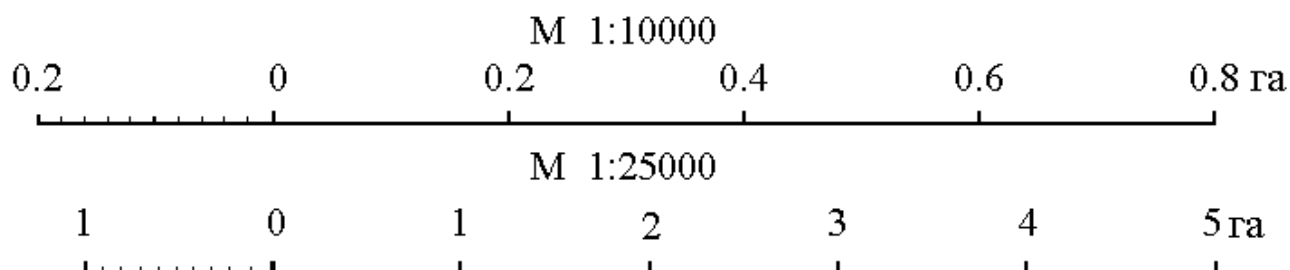


Рис. 15

Такие недостатки не наблюдаются при определении площадей параллельной палеткой, представляющей собой листок прозрачного целлулоида, плексигласа или кальки, на котором нанесены параллельные линии преимущественно через 2 мм одна от другой. Площадь контура определяют этой палеткой следующим образом. Накладывают ее на контур так, чтобы крайние точки a и b разместились посередине между параллельными линиями палетки. Тогда, весь контур оказывается разделенным параллельными линиями на фигуры, близкие к трапециям, с одинаковыми высотами, причем отрезки параллельных линий внутри контура являются средними линиями трапеций (рис.14). Пунктиром показаны основания этих трапеций.

Сумма площадей трапеций, т.е. площадь контура, равна

$$P = cd \cdot h + ef \cdot h + \dots + kl \cdot h = h(cd + ef + mn + \dots + kl).$$

Следовательно, чтобы получить площадь контура, нужно взять сумму средних линий, т.е. сумму отрезков параллельных прямых внутри контура, и умножить на расстояние между ними.

Для упрощения определения площади сумму средних линий последовательно набирают в раствор циркуля, которую определяют по масштабной линейке и полученную длину умножают на h , м (рис.15). Чтобы не выполнять подобных вычислений, для каждого масштаба строят специальную шкалу, по которой отсчитывают площадь контура, зная сумму средних линий.

Расчет шкалы: М 1:10000, $h = 2$ мм, при длине шкалы 1 см площадь равна $(0.2 \text{ см} \cdot 100 \text{ м}) \cdot (1 \text{ см} \cdot 100 \text{ м}) = 2000 \text{ м}^2 = 0.2 \text{ га}$. Параллельной палеткой не следует определять площади больше 10 см^2 на плане.

4.5. Точность вычисления площадей графическим способом и с помощью палетки

При разбивке участка на простейшие фигуры точность вычисления для различных вариантов не будет одинаковой. Площадь треугольника графическим способом вычисляется точнее, чем площади других фигур. Следовательно, площадь при разбивке участка на треугольники вычисляется точнее, чем при разбивке на другие фигуры (трапеции, прямоугольники). При разбивке участка на треугольники из всех вариантов будет лучшим тот, в котором треугольники будут равносторонними или высота h примерно равна основанию a .

Погрешность уменьшается, если вычислять площадь треугольника не как $P_{\Delta} = \frac{ha}{2}$, а по формуле Герона

$$P_{\Delta} = \sqrt{S(S-a)(S-b)(S-c)},$$

где $S = (a + b + c)/2$. Это дает уточнение до 13% даже для равностороннего треугольника. Основание треугольника может быть во много раз меньше высоты, если оно измеряется на местности, а не на плане.

При разбивке площади на треугольники погрешность площади участка

$$m_{p_i} \text{ (га)} = 0.01 \cdot \frac{M}{1000} \sqrt{P_0 \text{ (га)}},$$

где M – знаменатель численного масштаба плана. Если P_{Δ} вычисляют два раза, то $m_{p_i} = m_{p_i}/2$.

Число треугольников, на которое разбивается участок, не влияет на погрешность площади. Поэтому при разбивке участка на треугольники не надо стремиться к тому, чтобы их было меньше. Точность однократного определения площади квадратной и параллельной палетками, а также ротометром характеризуется эмпирической формулой

$$m_p \text{ (га)} = 0.025 \cdot \frac{M}{10\,000} \sqrt{P \text{ (га)}}.$$

4.6. Механический способ определения площадей

Механический способ определения площади фигуры любой формы состоит в обводе ее на плане при помощи механического прибора (планиметра). Планиметром называют механический прибор, дающий возможность путем обвода плоской фигуры любой формы определить ее площадь. Планиметры делятся на линейные (простейшие; например, топорик) и полярные наиболее распространенные. Полярный планиметр состоит из двух рычагов (обводного R и полюсного R_0), соединенных шаровым шарниром.

Обвод фигуры производится обводным индексом, расположенным на конце обводного рычага. Обводной индекс представляет собой либо конец шпилья, либо точку на нижней поверхности стекла.

Площадь по результатам обвода определяют с использованием формул:

$$P = c(u_2 - u_1) \text{ – при положении полюса вне фигуры, } P \leq 400 \text{ см}^2,$$

$$\text{или } P = c(u_2 - u_1 + q) \text{ – при положении полюса внутри фигуры,}$$

где u_1 – начальный отсчет; u_2 – конечный отсчет; c – цена деления планиметра; q – постоянная планиметра при установке его внутри контура искомой площади.

Перед обводкой определяют q и c :

$$c = P_1 / (u_2 - u_1); \quad q = P_2 / c - (u_2 - u_1),$$

где P_1, P_2 – известная площадь (обычно P_1 – площадь километрового квадрата картографической сетки; P_2 – площадь 4...6 таких квадратов).

При работе с полярным планиметром следует соблюдать следующие правила.

1. При обводе контура угол между рычагами не должен быть меньше 30° и больше 150° .
2. Обводное колесо должно вращаться свободно.

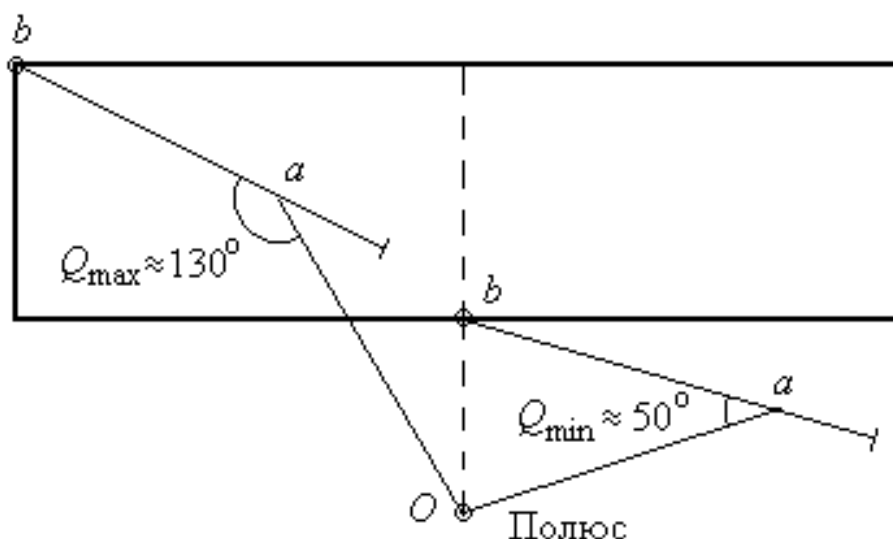


Рис. 16

Точку для начала обвода выбирают в том месте фигуры, где угол между рычагами наиболее близок к 90° , так как в этом случае погрешность отсчета минимальна (рис. 16).

4.7. Определение площади по способу Савича

Способ Савича применяют для определения больших площадей, когда межевые знаки по границам не имеют вычисленных значений координат или границы проходят по кривым линиям живых урочищ. Сущность способа в том, что площадь участка, заключенная в целое число квадратов координатной сетки

P_0 , определяется по их числу. Планиметром обводятся лишь площади секций, выходящие за пределы этих квадратов (рис.17) a_1, a_2, a_3 и a_4 , и дополнения их до целого b_1, b_2, b_3 и b_4 .

Площади a_i и b_i обводят планиметром при двух положениях полюса по два обвода в каждом положении и выражают в делениях планиметра. Очевидно, что $P_{a_i} + P_{b_i} = P_i$. Искомая площадь участка $P = P_0 + P_{a_1} + P_{a_2} + P_{a_3} + P_{a_4}$. Для исключения грубых промахов обводят всю фигуру планиметром при положении полюса внутри фигуры.

Преимущества способа Савича.

1. Автоматически учитывается деформация бумаги, на которой составлен план.

2. Уменьшается площадь обводимых фигур, что повышает точность определения площади.

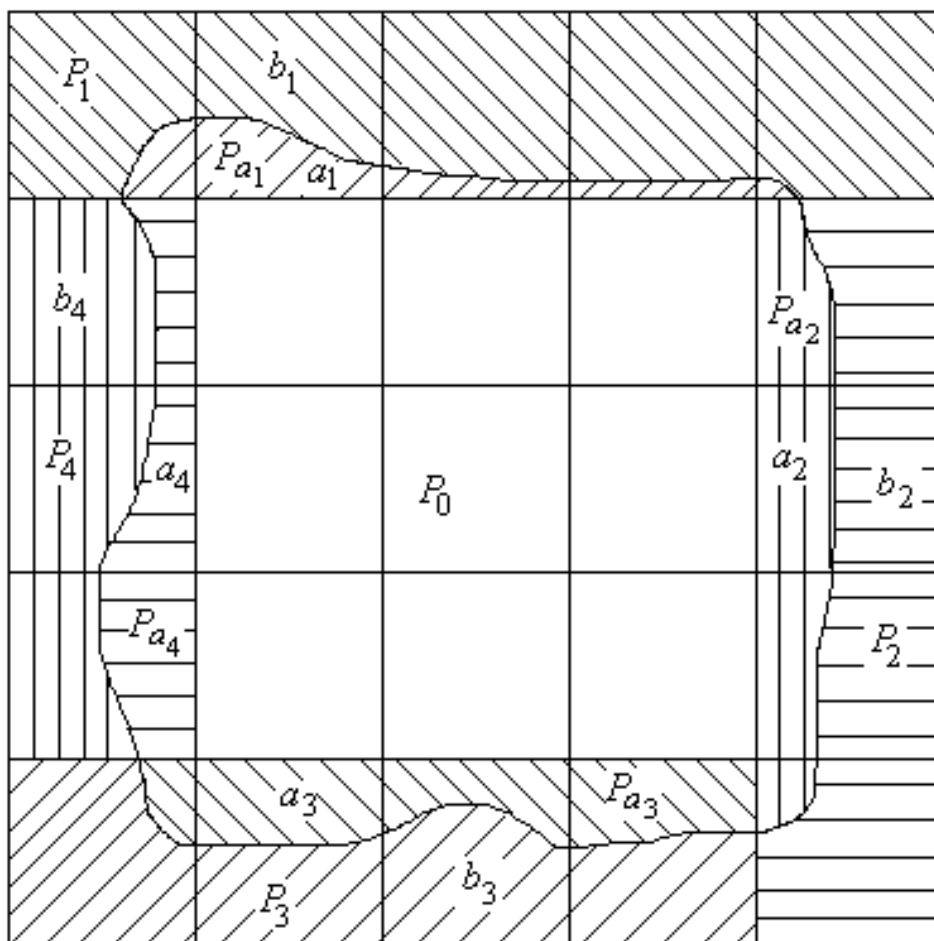


Рис. 17

Точность определения площади по способу Савича тем выше, по сравнению с непосредственным обводом всей фигуры или по частям, чем больше отношение площади целых квадратов координатной сетки к площади всей фигуры.

4.8. Точность определения площади планиметром

Средняя квадратическая погрешность m_p определения площади P зависит от средней квадратической погрешности цены деления планиметра c и средней квадратической погрешности числа делений $(u_2 - u_1)$. Она не может быть меньше 0.7 деления планиметра, а относительная средняя погрешность не может быть меньше 1:1000.

Общая средняя квадратическая погрешность:

$$m_p = \frac{0.7c}{\sqrt{n}} + \frac{0.01M}{10000} \sqrt{\frac{P}{n}} + 0.0003P \text{ при } P < 200 \text{ см}^2 \text{ на плане;}$$
$$m_p = 0.005 \frac{M}{10000} \sqrt{\frac{P}{n}} + 0.001P \text{ при } P \geq 200 \text{ см}^2 \text{ на плане,}$$

где c – цена деления планиметра; n – количество обводов; M – знаменатель численного масштаба; P – площадь, га.

Погрешность площадей, определенных планиметром, очень велика для очень узких вытянутых полос.

Основное геометрическое условие планиметра – направление рифельных штрихов на ободке счетного ролика должно быть параллельно оси обводного рычага.

4.9. Практика определения и уравнивания площадей

Площади крупных землепользований или землевладений определяют следующими способами.

1. Аналитическим, если по их границам проложены теодолитные ходы.
2. Графическим (по графическим или фотограмметрическим координатам точек границ).
3. Механическим (при помощи планиметра или по способу Савича).
4. С использованием ЭВМ (по графическим или фотограмметрическим координатам точек).

При работе с полярным планиметром руководствуются следующим.

1. Для определения площадей по плану бумагу выпрямляют на гладком столе и закрепляют. Планиметр проверяют, исправляют и определяют цену деления путем обвода трех квадратов по два обвода при двух положениях каретки счетного механизма.

2. Если приходится при обводе переходить место склейки карты, то надо следить, чтобы плоскость ролика была перпендикулярна склейке.

3. При выборе места для установки полюса планиметра предварительно обводят всю фигуру, чтобы убедиться, что угол между рычагами в пределах $30...150^\circ$.

4. Исходную точку для обвода выбирают там, где вращение самое медленное, т.е. где рычаги взаимно перпендикулярны.

5. Если для повышения точности определения площадей требуется обводить фигуру при двух положениях полюса, то полюс не перемещают, а лишь переводят рычаги.

6. При определении площадей землевладений и землепользований фигуру обводят два раза при каждом положении полюса; площади контуров ситуации (лес, луг, болото) – два раза при одном положении полюса.

7. Обводной индекс (шпиль или стекло) ведут плавно по всем извилинам. Нельзя пользоваться линейкой при обводе прямых линий.

8. Если расхождения между результатами обвода превышают:

- два деления при $P < 200$ делений;
- три деления при $200 < P < 2000$ делений;
- четыре деления при $P > 2000$ делений,

то обводы повторяют.

9. Если ситуация плана изобилует мелкими контурами, то их подряд обводят 3...4 раза и разность суммарного результата делят на число обводов.

10. Площади узких контуров определяют не планиметром, а как сумму площадей треугольников.

11. При большой контурности площади секций целесообразно принимать по $250...300 \text{ см}^2$ на плане.

12. Допустимую невязку суммы площадей секций в площади землевладения или трапеции, ограниченной параллелями и меридианами, определяют по формуле $f_{p_{\text{доп}}} = \pm \frac{P}{500}$, см^2 . Ее распределяют пропорционально площадям секций.

13. Допустимую невязку m_p в сумме площадей контуров при сравнении ее с общей площадью участка вычисляют по эмпирической формуле

$$m_p = 0.7c\sqrt{m} + 0.05\frac{M}{10000}\sqrt{P},$$

где m – число контуров; P – площадь, см²; c – цена деления планиметра; M – знаменатель численного масштаба. В процессе вычисления площадей составляют кальки контуров и экспликацию.

Определение площадей является одним из трудоемких видов работ в комплексе топографо-геодезических изысканий для землеустройства и земельного кадастра. В связи с большими возможностями ЭВМ, все чаще площади землепользования вычисляют аналитическим способом (по вычисленным значениям координат межевых знаков). Механическим способом определяют лишь площади контуров ситуации (например, живых угодий). Для вычисления площадей полигонов по координатам их вершин на ЭВМ существуют специальные программы.

5. МЕТОДЫ И ПРИЕМЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ УЧАСТКОВ

Землеустроительный проект – это совокупность документов (расчетов, чертежей и др.) по созданию новых форм устройства земли и их экономическому, техническому и юридическому обоснованию, обеспечивающих организацию рационального использования земли.

Основным документом графической части проекта является проектный план, на котором фиксируются границы, площади и местоположение землепользований, земельных массивов, пастбищ, дорожная сеть.

Объектами землеустроительного проектирования являются землепользования и землевладения.

При межхозяйственном землеустройстве и при отводах земель проектируют границы так, чтобы контуры представляли собой правильные линейные очертания, обеспечивающие компактность землевладения, удобство их расположения относительно населенных пунктов, дорог, железнодорожных станций.

При внутривладельческом землеустройстве территории землепользования (землевладения) расчленяются сетью границ произвольных очертаний.

5.1. Стадии, способы и правила составления проектов землеустройства

Составление проекта, а затем перенесение его в натуру – это процесс, обратный съемке и составлению плана. При съемке выполняют измерения на местности для последующего изображения на бумаге границ землевладений, дорог и т.д. При составлении проекта на чертеже сначала изображают проектные границы землевладений, дорог, каналов, после чего положение этих объектов определяют на местности путем соответствующих измерений при перенесении проекта в натуру.

Для составления проекта используют план (карту) с экспликациями площадей по землепользованиям, кальки контуров, материалы агрохозяйственных, почвенных, геоботанических, агромелиоративных и других обследований.

Исходной для проектирования является схема землеустройства района или города. На ее основе составляют комплексные проекты, схемы, рабочие проекты по определенной схеме, последовательными приближениями от общего к частному, от предварительных (эскизных) набросков до более точных и окончательных решений. Во многих случаях наиболее правильное проектное решение находят в результате сопоставления и эколого-экономического анализа нескольких вариантов.

Первые (эскизные) проектные решения делают приближенно по возможности простыми техническими средствами и приемами, применяя различные палетки, чтобы быстрее графически оформить замысел проектировщика в общих чертах, а затем в деталях. По предварительному проекту, в котором дается экономически обоснованное конкретное размещение всех элементов организации территории, можно решать вопрос о способах и приемах окончательного (технического) проектирования, о проведении необходимой полевой подготовки как для проектирования, так и для перенесения проекта в натуру.

В зависимости от производственных требований к точности площадей и положения границ участков, их конфигурации и наличия геодезических данных по границам, применяют те же способы составления проектов землеустройства, что и при вычислении площадей:

- аналитический – по линейным и угловым величинам, измеряемым на местности, или по их функциям (координатам);
- графический – по линейным величинам, измеренным на плане;
- механический – при помощи планиметра.

Применяют также графоаналитический способ и сочетание механического способа с графическим.

Проектирование участков технически является действием, обратным вычислению площадей, но более трудоемким, так как площадь определяется произведением (высота на половину основания или на среднюю линию, или $\frac{1}{2} \sum x_i (y_{i+1} - y_{i-1}))$, а элементы, образующие заданную площадь, приходится подбирать, учитывая к тому же различные специальные требования.

Очень часто проектирование ведется методом последовательного приближения, т.е. предварительно определяют тем или иным способом (или даже на глаз) границы участка заданной площади, вычисляют эту площадь, а потом проектируют недостающую или избыточную площадь до получения участка заданной площади.

Проектирование так же, как и вычисление площадей, выполняют по известному правилу – от общего к частному, т.е. группами участков, после чего в каждой группе проектируют отдельные участки. Если же вести проектирование от частного к общему, то сумма площадей отдельных участков может существенно отличаться от заданной за счет погрешностей при определении границ отдельных участков. В границах участков, кроме используемых (чистых) площадей, надо предусмотреть площади для дорог, лесных полос и т.п. Все вместе они составят общую площадь.

Для своевременного обнаружения грубых ошибок применяют текущий контроль правильности проектирования участков, например, при помощи палеток или одним обводом планиметра, а вычисленные расстояния контролируют графическими определениями по плану.

5.2. Требования к точности площадей, расположения границ проектируемых участков и определения уклонов

При проведении землеустройства, планировки населенных пунктов, мелиоративных мероприятий требуется, чтобы проект был составлен и перенесен в натуру технически правильно. Показателем технической правильности проекта является точность, которую требуется обеспечить, не превышая требований. Недостаточная точность выполнения геодезических работ вызывает недопустимые погрешности в размерах сторон и форм участков, их площадей, а также приводит к неправильности проектирования участков

относительно рельефа местности. Недостаточно точно спроектированные мелиоративные каналы не будут функционировать.

Требования сельскохозяйственного производства к точности площадей полей и участков зависят от их хозяйственного назначения. С большей точностью должны определяться площади полей овощных и других севооборотов, насыщенных ценными трудоемкими культурами, но точность землеустроительных работ должна быть такой, какую в состоянии освоить сельскохозяйственное производство. Высокая точность желательна, но производством она обычно не осваивается, так как площади полей и участков при каждой новой вспашке несколько меняются.

Так, при пахоте «в развал» от края загона вспаханная часть обычно более или менее совпадает с границей поля или дороги. При вспашке «в свал» от центра загона по краям образуются уже значительные недопашки и перепашки от 0.4...0.5 м на малых тракторах до 1.5...1.8 м на крупных тракторах с каждого края поля. Кроме того, граница засеянной площади полей не всегда совпадает с границей вспаханной площади. Вносятся изменения в границу также в результате противопожарной опашки полей. Эти изменения дают относительную погрешность площадей порядка 1/600, а при слабо криволинейных границах 1:400, при сильно криволинейных границах – 1:300. Площади крупных участков при одних и тех же способах составления проекта и перенесения его в натуру будут получаться с меньшими относительными погрешностями, чем мелких участков.

Чтобы обеспечить точности площадей отдельных участков и полей 1:300, общую площадь землевладения следует получать с большей точностью – 1:1000. Поэтому общую площадь вычисляют по способу Савича, по графическим координатам или аналитическим способом.

Для обеспечения необходимой точности определения площадей усадебных участков обычно стороны их измеряют на местности и по этим данным определяют их площади. Что касается точности расположения границ проектируемых участков, то основное требование состоит в соблюдении параллельности противоположных, обычно длинных, сторон участков, вдоль которых движется обрабатывающая техника – параллельными проходами с общей погрешностью примерно в 1 м на 1000 м ширины или длины обрабатываемого участка.

Из-за допущенной непараллельности сторон образуются клинья, которые либо не обрабатываются, либо обрабатываются вручную.

В угловой мере точность параллельности сторон составит $\sim 3\dots 4'$. Требования к точности определения уклонов зависят от целей геодезических работ.

Погрешность в $0.5\dots 1^\circ$ ($1\dots 2\%$) удовлетворяет определению норм производительности труда, решению задач правильного размещения на склонах полей севооборотов, лесных полос, почвенных и геоботанических обследований на всхолмленной местности. Такая точность получается при использовании карт М 1:10 000 при высоте сечения рельефа $h = 2.5$ м, а для М 1:25 000 при $h = 5.0$ м.

Более высокие требования к точности изображения рельефа предъявляются при проектировании оросительных и осушительных систем. Здесь погрешность угла наклона не должна превышать $2'$.

5.3. Аналитический способ проектирования участков и его точность

Проектирование аналитическим способом заключается в вычислении проектных отрезков по заданной площади и по результатам измерений углов и линий на местности или по их функциям – координатам точек.

При проектировании площадей могут быть заданы два условия:

- 1) проектная линия проходит через данную точку, тогда заданную площадь проектируют треугольником или четырехугольником;
- 2) проектная линия проходит параллельно заданному направлению (по заданному дирекционному углу), тогда заданную площадь проектируют трапецией.

Проектирование площади в один прием можно выполнить только тогда, когда участок имеет форму треугольника, четырехугольника или трапеции. Во всех остальных случаях аналитическим способом вычисляют площадь предварительно намеченного участка, после этого проектируют недостающую или избыточную площадь до заданной – треугольником, квадратом или трапецией.

Рассмотрим следующие примеры.

1. В участке (рис. 18) требуется спроектировать площадь $P = 19.36$ га линией, проходящей через точку D . Решение проводят так.

Определяют площадь P_1 предварительно намеченного участка:

$$P_1 = \frac{1}{2}(ab \sin B + ac \sin C + bc \sin(B + C - 180^\circ)) = 16.28 \text{ га};$$

тогда недостающая площадь P_2 равна

$$P_2 = P - P_1 = 19.36 - 16.28 = 3.08 \text{ га.}$$

Вычисляют длину и направление (дирекционный угол) линии AD по координатам точек A и D :

$$\operatorname{tg}(AD) = \frac{y_D - y_A}{x_D - x_A}, \quad AD = \frac{y_D - y_A}{\sin(AD)}.$$

Контроль:

$$AD = \frac{x_D - x_A}{\cos(AD)}.$$

Проектируют треугольником недостающую площадь P_2 и вычисляют длину линии AK , при этом угол γ определяют как разность дирекционных углов (AT) и (AD) :

$$\gamma = (AT) - (AD),$$

тогда

$$AK = \frac{2P_2}{AD \sin \gamma}.$$

2. В участке, имеющем форму четырехугольника, надо спроектировать площадь линией, проходящей через точку A (рис. 19), $P_1 > P$. Решение задачи сводится к определению длины CL , которая нужна для перенесения проекта в натуру:

$$CL = \frac{2P - ab \sin \alpha}{a \sin \beta + b \sin(\alpha + \beta - 180^\circ)}.$$

3. В участке (рис. 20) спроектировать площадь P линией MN , параллельной заданному направлению. Вычисляют:

$$P_1 = P_{ABCD};$$

длину и направление линии AD и дирекционный угол (AD) ;

углы в треугольнике ADF :

$$\varphi = (AT) - (AD); \quad \omega = (DA) - (DF); \quad \psi = (FD) - (FA).$$

AF, FD, P_2 :

$$AF = \frac{AD}{\sin \psi} \sin \omega; \quad FD = \frac{AD}{\sin \psi} \sin \varphi; \quad P_2 = \frac{AF \cdot FD \sin \psi}{2}.$$

$$P_3 = P - P_1 - P_2.$$

Проектируемая площадь P_3 должна иметь форму трапеции. Определяют $\delta = (DF) - (DE)$, $\sigma = (AT) - (FD)$. Так как (по одной из формул площади трапеции)

$$P_3 = \frac{1}{2} \frac{DF^2 - MN^2}{\operatorname{ctg} \delta + \operatorname{ctg} \sigma},$$

ТО

$$h = \frac{2P_3}{DF + MN}; \quad DM = \frac{h}{\sin \delta}; \quad FN = \frac{h}{\sin \sigma}; \quad AN = AF + FN.$$

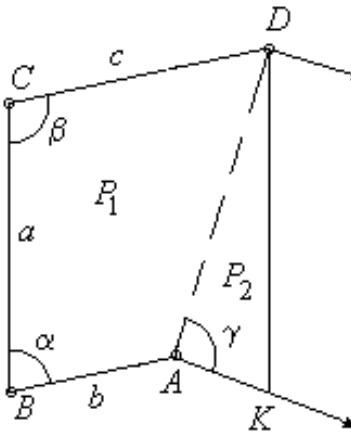


Рис. 18

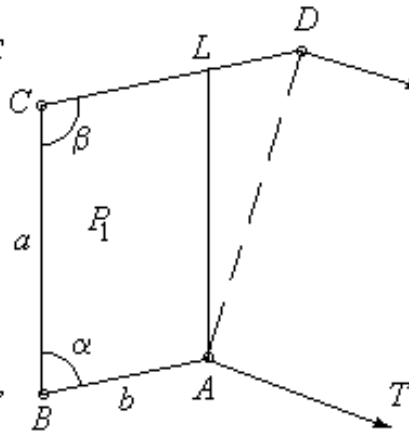


Рис. 19

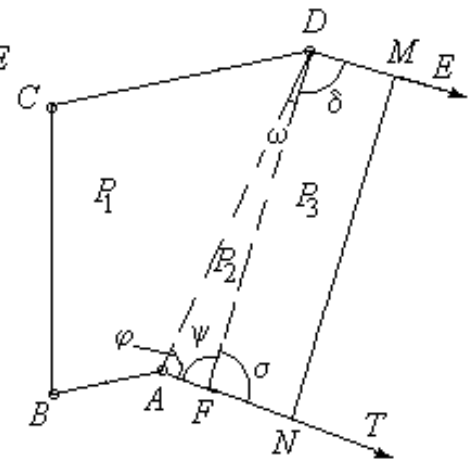


Рис. 20

4. В участке спроектировать четыре участка, каждый площадью P , линиями, параллельными AB (рис. 21). Проектирование производится трапециями, начиная с первого участка:

$$b_1 = \sqrt{a_1^2 - 2P(\operatorname{ctg} \alpha + \operatorname{ctg} \beta)};$$

$$h_1 = \frac{2P}{a+b}; \quad c_1 = \frac{h_1}{\sin \alpha}; \quad d_1 = \frac{h_1}{\sin \beta},$$

где c_1 и d_1 – боковые стороны трапеции, необходимые для перенесения проекта в натуру.

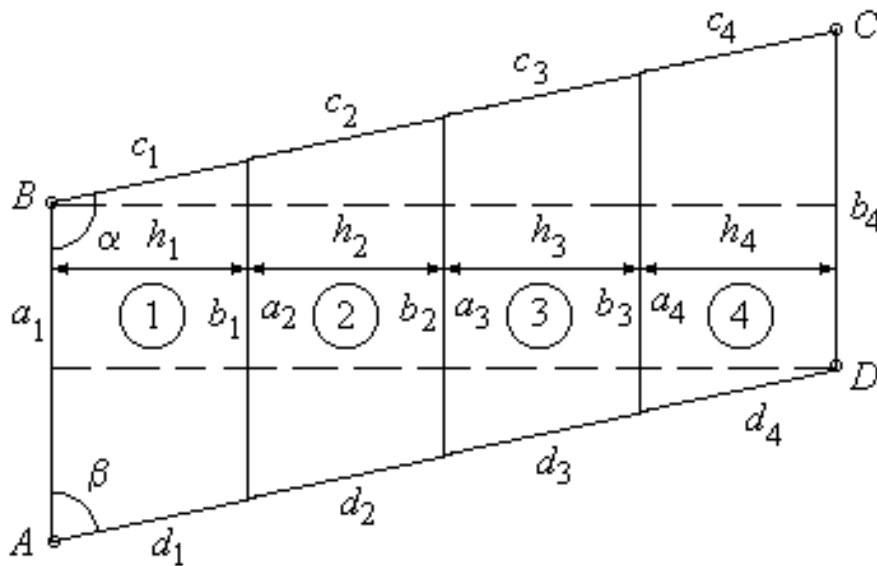


Рис. 21

Следующий участок проектируют по основанию $a_2 = b_1$ в той же последовательности.

5.4. Графический способ проектирования участков и его точность

Участки часто проектируют графическим способом путем вычисления площади предварительно спроектированного участка и последующего проектирования недостающей или избыточной площади к заданной. Предварительно спроектированную площадь в зависимости от наличия или отсутствия геодезических данных по границам определяют планиметром или аналитическим способом. Недостающую или избыточную площадь проектируют треугольником или трапецией.

Проектирование треугольником выполняют, когда проектная линия должна проходить через определенную точку. Тогда по заданной площади и известной высоте (основанию) определяют неизвестное основание (высоту) (рис. 22).

Например, надо спроектировать площадь P линией MN , проходящей через точку F :

$$P = P_1 + P_2.$$

Высоту h определяют по плану графически, опуская перпендикуляр на BA , тогда $a = \frac{2P_2}{h}$.

Следует отметить, что с какой относительной погрешностью измерена высота, с такой же относительной погрешностью будет вычислено и основание a (и наоборот).

Проектирование трапецией производят, если проектная линия должна проходить параллельно заданному направлению. По заданной площади (рис. 23) и длине средней линии $h_1 = P_2/S_1$ или по сумме оснований (что предпочтительнее, точнее), сразу получаем длины оснований FO и KL , тогда $h_2 = 2P_2/(FO + KL)$.

Спроектировав участок на глаз, определяют по плану сумму FO и KL длин его оснований, вычисляют высоту h' и по ней более точно снова определяют сумму FO и KL , затем h'' . Вычисления прекращаются, когда $h'' - h' \leq \frac{0.3(\text{мм}) \cdot h}{S} \rightarrow \leq \frac{0.6(\text{мм}) \cdot h}{a + b}$. Поля, усадебные участки, имеющие

длинные параллельные стороны, при графическом способе проектируют, как правило, трапециями.

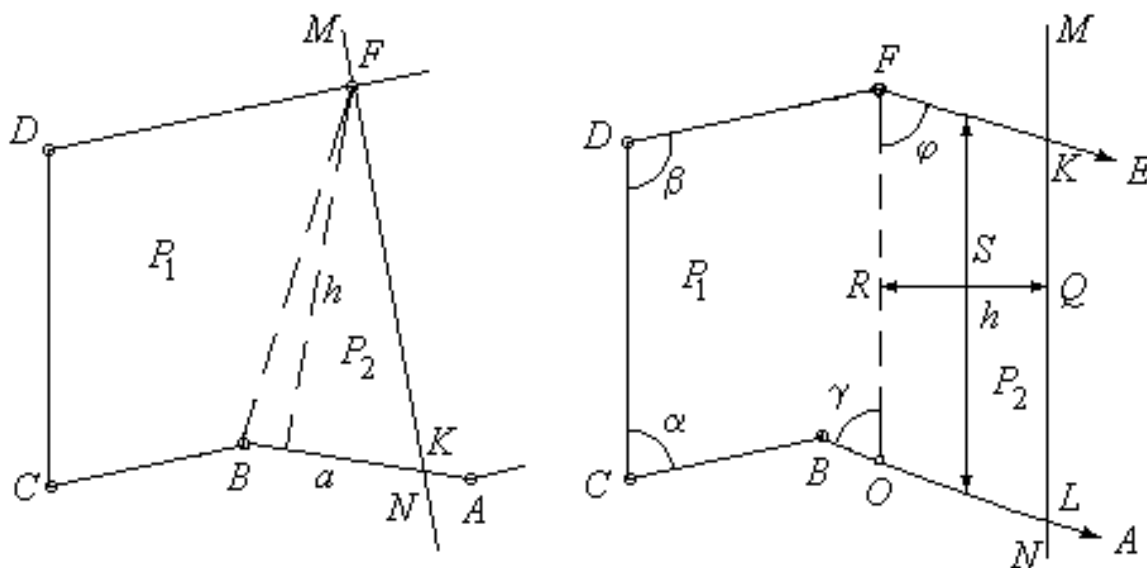


Рис. 22

Рис. 23

В частном случае, когда гон или квартал имеет форму треугольника, ширину участков получают пропорционально их площадям. Если же они имеют форму трапеции, каждый участок проектируют самостоятельно (рис. 24). Заданную площадь каждого участка делят на свою среднюю линию или на полусумму оснований трапеции.

$$h_1 + h_2 + h_3 + h_4 = EF.$$

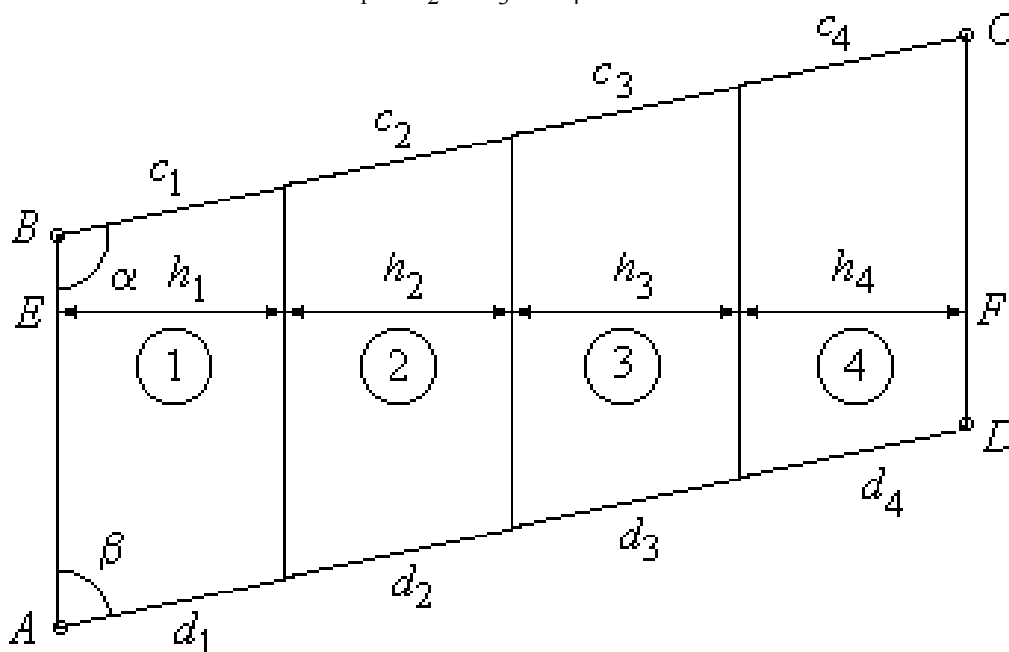


Рис. 24

Разница в результатах будет меньше на плане более крупного масштаба.

Графическое проектирование участков в многоугольных фигурах начинают с предварительного вычисления площадей трапеций, на которые разбивают фигуры.

5.5. Проектирование участков механическим способом

Графический и аналитический способы удобны лишь в случае, когда гоны (линии) и участки имеют небольшое число поворотов и проектирование не требует больших затрат времени на производство вычислений. При большой изломанности контуров землепользований применение планиметра делает процесс проектирования более простым (но менее точным), вследствие чего механический способ проектирования участков при помощи планиметра наиболее распространен, а для многих районов нашей страны является единственно возможным.

Проектирование участков не выполняют только планиметром, так как этот прибор не дает возможности по заданной площади и одному линейному измерению определить другое линейное измерение. Поэтому возникает необходимость проектировать участки последовательными приближениями до тех пор, пока величина недостающей или излишней площади до заданной не будет превышать допустимой погрешности вычисления площади.

Во избежание большого числа приближений при проектировании механический способ комбинируют с графическим, т.е. планиметром определяют площадь участка, спроектированного на глаз, а недостающую или избыточную площадь проектируют графически треугольником или трапецией. Тогда погрешность проектирования участка будет складываться из погрешности определения предварительно спроектированной площади планиметром и погрешности проектирования недостающей или избыточной площади графическим способом.

Так как точность определения площади планиметром меньше, чем графическим способом, и погрешности проектирования недостающих или избыточных участков вносят малую долю в общую погрешность, то погрешности проектирования площадей механическим способом в сочетании с графическим можно считать примерно равными погрешностям определения площадей планиметром и рассчитывать по соответствующим формулам. Площадь определяют при помощи отъюстированного планиметра двукратным обводом.

5.6. Особенности проектирования полей в условиях мелкой контурности

В ряде областей России, где территории хозяйств характеризуются наличием большого числа мелких контуров пашни, разобщенных мелкими контурами сенокосов, лесов и болот, проектирование участков выполняют методом набора контуров. В этом случае вместо деления крупных массивов на участки, как это делают в степных и лесостепных районах, проектируемые поля составляют из отдельных мелких контуров, близко расположенных друг к другу, удобно связанных между собой и представляющих в сумме площадь заданного размера. При этом не возникает необходимости в вычислениях, связанных с определением положения проектных линий и проектированием недостающих или избыточных площадей к заданной площади.

Проектировщик стремится к тому, чтобы мелкие контуры одного и того же угодья объединить в крупные участки и этим обеспечить более благоприятные условия для применения машинной техники. Для этого изучают возможности перевода одних угодий в другие, т.е. производят трансформацию угодий.

После образования участка проектируемого угодья проводят его границу, которая местами проходит по контуру проектируемого угодья и является твердой, а местами пересекает другие угодья и является условной (рис. 25).

Форма границы проектных участков может быть любой, однако надо стремиться к тому, чтобы она не была слишком извилистой. Проведение на плане условных границ делает его более понятным, позволяет по чертежу понять, какие контуры входят в данное поле. Средняя квадратическая погрешность здесь увеличивается в \sqrt{n} , где n – число контуров.

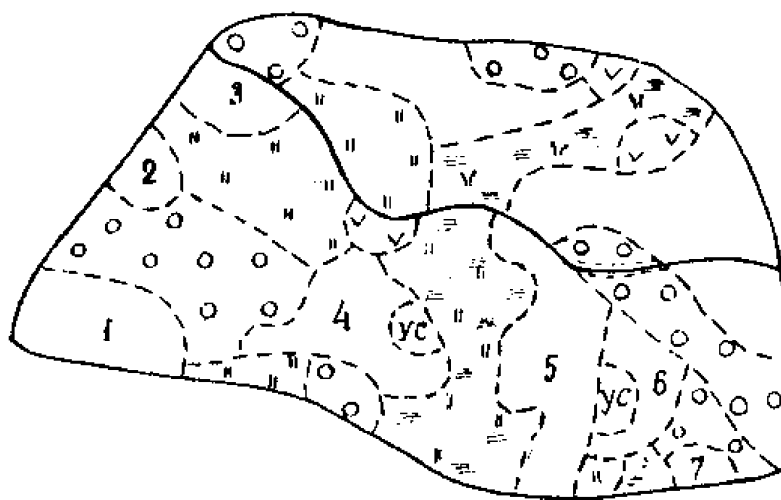


Рис. 25

Очень важна хорошо составленная ведомость проектирования. Межевые знаки, закрепляющие границы участков, в таких случаях устанавливают на видимых местах, поворотах твердых границ и на контурах угодий, разделяемых условными границами.

5.7. Спряmlение границ участков

Необходимость спряmlения границы чаще всего возникает при уничтожении вклинивания в границы землепользования. При этом новую границу проводят с таким расчетом, чтобы площади землевладений не изменились.

Новые границы проектируются в зависимости от требуемой точности графическим, механическим или аналитическим способом. Рассмотрим несколько вариантов (рис. 26). В границе $ABCDE$ нужно уничтожить вклинивание в землевладения M и N .

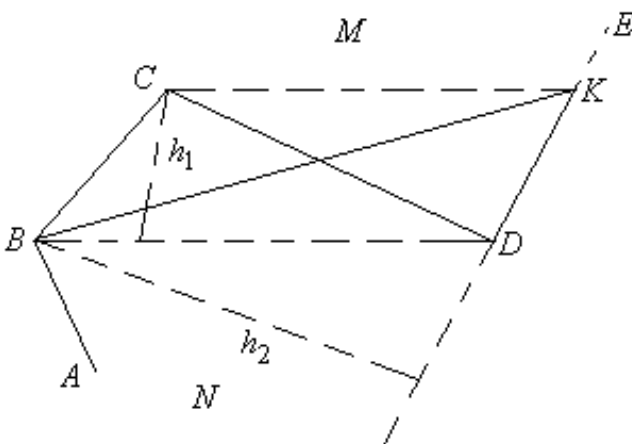


Рис. 26

1-й графический способ

Из точки C проведем линию CK , параллельную BD . Треугольник $\triangle BCD = \triangle BKD$, как имеющие общее основание BD и одинаковые высоты h_1 .

2-й графический способ

Графически определить площадь P треугольника BCD , найдя по плану $P = \frac{1}{2}h_1BD$, а затем найти $DK = \frac{2P}{h_2}$, h_2 – по плану.

В обоих способах – новая граница $ABKE$.

Аналитический способ

1. Решением обратной геодезической задачи по координатам точек B и D вычисляют длину линии BD и дирекционный угол линии BD , затем координаты

точки K как пересечения двух линий, выходящих из точек C и D с дирекционными углами соответственно (BD) и (DE) .

2. Вычисляют площадь P треугольника BCD по координатам вершин

$$P = \frac{1}{2} \sum x_i (y_{i+1} - y_{i-1}), \text{ а затем}$$

$$DK = \frac{2P}{BD \sin[(DE) - (DB)]},$$

где (DE) , (DB) – дирекционные углы. Новая граница – $ABKE$.

Спрямять границы можно на местности, без плана (рис. 27). Для получения новой границы, выходящей из точки B , на линию BG опускают перпендикуляр из точек C, D, E, F , измеряют длину линии BG , отмечая длины h_i и точки пересечения старой границы с линией BG . Вычисляют площадь

$$P = \frac{h_1 Bc}{2} + \frac{h_1 + h_2}{2} cd + \frac{h_2 + h_3}{2} de + \frac{h_3}{2} en + \frac{h_4}{2} nG, \text{ затем } h_{\text{ср}} = 2P/BG. \text{ Эту высоту}$$

отмеряют на перпендикуляре, построенном при помощи экера из точки G , а из точки S строят другой перпендикуляр к линии BG до пересечения с ней в точке K ; BK – исправленная граница.

Задачу можно решить путем графических построений, пользуясь свойствами равновеликих треугольников (рис. 28). Для этого последовательно исключают повороты ломаной линии $CDEF$, начиная с последнего поворота в точке F . Его исключают, проводя линию FI параллельно EG , и соединяют точки E и I . После каждого исключения поворота стирают построенные линии и оставляют лишь полученные точки. Описанный способ спрямления применяют также для замены ломаной линии профиля местности прямой линией, чтобы получить равные объемы земляных работ – насыпей и выемок – при вертикальной планировке.

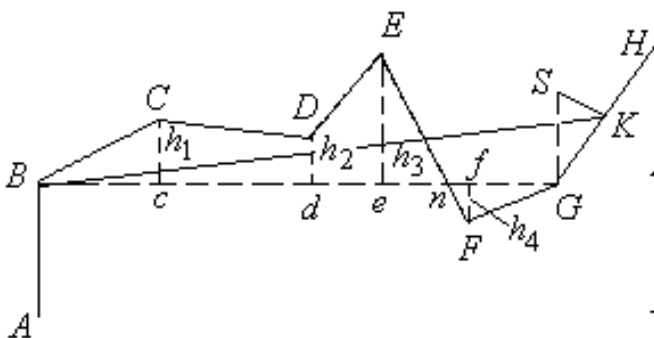


Рис. 27

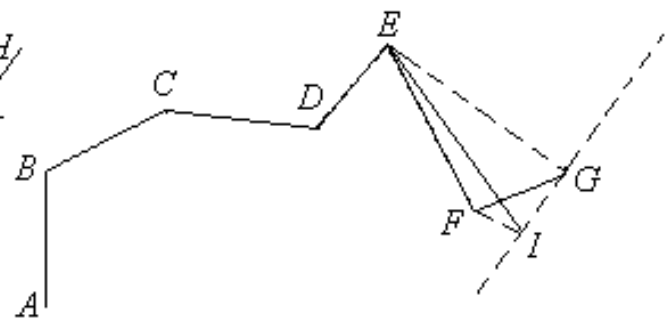


Рис. 28

Аналогично спрямляются границы при большом числе поворотов (рис. 29). Новая граница должна проходить от B до GH . Применяя графический способ, проводят линию через B и G , опускают на нее перпендикуляры из поворотных точек и вычисляют площадь фигуры $BCDEFG$ ($1 + 2 + 3 + 4 - 5$). Определяют расстояние от точки B до $GH = h$, которое будет высотой $\triangle BGK$. Алгебраическую сумму площадей, т.е. площадь P , можно определить планиметром. При аналитическом способе проектирования площадь P можно вычислить по координатам точек B, C, D, E, F, G, B . Решив обратную геодезическую задачу, по координатам точек B и G получают длину BG и дирекционный угол $GK = \frac{2P}{BG \sin[(GH) - (GB)]}$.

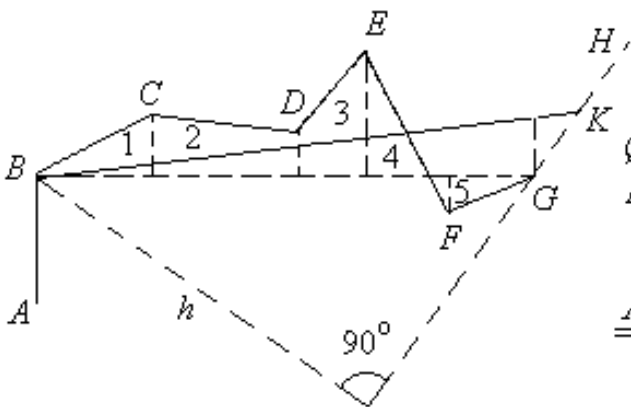


Рис. 29

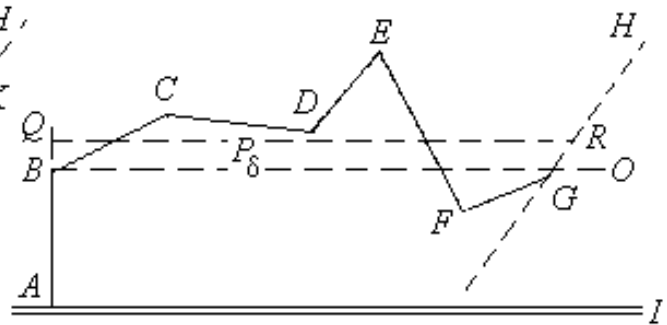


Рис. 30

Если требуемую границу надо провести параллельно заданному направлению, например, дороге AI (рис. 30), то для этого предварительно проводят линию BO параллельно AI , после чего вычисляют площадь P фигуры $BCDEFGOB$ графическим способом или планиметром и проектируют ее трапецией, т.е. подбирают h и a, b ; $AQRH$ – новая граница.

При аналитическом способе сначала вычисляют координаты точки O как пересечения линий, выходящих из B и G с дирекционными углами $(AI) = (BO)$ и (HG) , затем по координатам точек B, C, D, E, F, G, O вычисляют P_δ , которую затем проектируют трапецией.

6. ПЕРЕНЕСЕНИЕ ПРОЕКТОВ ЗЕМЛЕУСТРОЙСТВА НА МЕСТНОСТЬ

6.1. Сущность и методы перенесения проектов в натуру

Перенесение проекта землеустройства в натуру заключается в проложении и закреплении на местности границ участков, дорог и других объектов, которые запроектированы на плане. Для перенесения проекта в натуру выбирают наиболее простые методы, требующие меньше затрат времени и рабочей силы на производство этого вида работ и обеспечивающие в то же время точность, удовлетворяющую экономическим и техническим требованиям землеустраиваемого хозяйства.

Техническое перенесение проекта в натуру представляет действие, обратное съемке: в процессе съемки и составления плана контуры угодий и участков местности наносят на план, а при перенесении проекта в натуру границы участков с плана переносят на местность, и точность перенесения проекта в натуру можно приравнять к точности съемки.

Если перенесение проекта в натуру производится по геодезическим данным (величинам углов и длинам линий), получаемым путем вычислений аналитическим способом, то на точность перенесенных в натуру участков будут влиять только погрешности полевых измерений.

Если же перенесение проекта в натуру производится по данным, определяемым графически по плану (после проектирования графическим или механическим способом), то на точность перенесенных в натуру участков, кроме погрешностей полевых измерений, будут влиять и погрешности графического определения длин линий и углов по плану.

Правильно выбранным методом перенесения проекта в натуру не исправить геодезически неточно составленный землеустроительный проект, однако неправильно выбранным методом перенесения землеустроительного проекта в натуру можно свести на нет точность, полученную в процессе проектирования.

Поэтому три геодезических процесса – съемка, проектирование, перенесение проекта в натуру – должны производиться по точности согласованно.

Перенесение проекта в натуру производится следующими методами:

- промеров – мерным прибором (лентой, электромагнитным дальномером);
- угломерным – теодолитом с мерным прибором;
- графическим – мензулой.

Перенесению проекта мерным прибором следует отдавать предпочтение в двух случаях:

1) местность открытая, т.е. проложению проектной линии на местности не препятствуют древесные насаждения, постройки, рельеф;

2) положение концов переносимых в натуру линий определяется промером между точками, которые обозначены на плане и надежно определяются в натуре (знаки, столбы, колья, вершины углов поворотов четко отображенных контуров ситуации).

Если проектирование производилось аналитическим или графическим способом, когда в процессе проектирования вычислялись длины промеров, то в качестве опоры при перенесении проекта используются точки ранее проложенных теодолитных ходов или пункты других геодезических сетей.

При проектировании планиметром в сочетании с графическим способом в качестве опоры для перенесения проекта в натуру могут быть использованы прямые линии контуров пахотных земель, прямые дороги, вершины углов поворотов четко отображенных контуров ситуации величиной не менее 40° и не более 140° . Такими углами изобилуют планы аэрофотосъемки и в меньшей степени – планы мензульной и теодолитной съемок.

Перенесение проекта в натуру теодолитом и мерным прибором производится в трех случаях:

1) условия местности ввиду залесенности, закустаренности, наличия древесных насаждений, застроенности или всхолмленности, закрывающих видимость в нужных направлениях, не позволяют осуществить перенесение проекта только методом промеров;

2) проектные границы представляют собой ломаные линии, и при их проложении возникает необходимость строить углы;

3) точки ситуации не могут служить надежной опорой для перенесения проекта в натуру, и возникает необходимость определять положение проектных точек путем построения углов и промеров линий от точек и линий теодолитных ходов и пунктов других геодезических сетей.

Перенесение проекта в натуру мензулой предпочтительнее производить в сухую погоду и при наличии плана мензульной съемки или аэрофотосъемки преимущественно на жесткой основе в следующих случаях:

1) проектирование производилось механическим способом в сочетании с графическим;

2) не требуется строгая параллельность и перпендикулярность границ участков;

3) точки ситуации не могут служить надежной опорой для перенесения проекта, и возникает необходимость определять положение проектной точки полярным способом, т.е. путем построения направления и промера линии;

4) по границам землепользования и внутри него отсутствуют теодолитные ходы, имеющаяся геодезическая сеть пунктов редка, и применение теодолита нецелесообразно.

Методы и приемы перенесения проекта должны соответствовать способам съемочных и проектных работ. Нельзя переносить в натуру относительно точек контуров ситуации проект, составленный аналитическим способом. В этом случае проект переносят относительно точек ранее проложенных теодолитных ходов или пунктов геодезических сетей. Но нет необходимости прокладывать теодолитный ход для определения границ между участками неправильной конфигурации, в которых вследствие изрезанности и криволинейности контура отсутствуют прямые углы и стороны непараллельны. Тогда вполне применим способ определения границ участков промерами от четко отображенных точек контуров ситуации.

6.2. Подготовительные работы при перенесении проекта в натуру

При выборе порядка действий по перенесению проекта в натуру стремятся к тому, чтобы исполнение их:

- отличалось наибольшей простотой;
- удовлетворяло требованиям надлежащей технической точности;
- соблюдалась экономия времени и рабочей силы.

Подготовительные работы состоят из следующего:

- осмотра местности;
- установления методов перенесения проекта в натуру;
- сгущения пунктов геодезического обоснования;
- определения величин промеров и углов (подписывания их на проектном плане);
- составления разбивочного чертежа перенесения проекта.

Полученную невязку (если она допустима), распределяют с округлением:

- до десятых долей метра – при крупных масштабах;
- до целых метров – при М 1:25 000 и мельче.

Если опорой служат контурные точки, то округляют до целых метров, начиная с масштаба 1:10 000 и мельче. Кроме поправок на деформацию бумаги,

в длины проектных отрезков перед перенесением проекта в натуру вводят еще две поправки:

1) за перенесение с плоскости проекции Гаусса–Крюгера на местность, т.е. за редуцирование, всегда со знаком минус:

$$dS = -\frac{Sy^2}{2R^2},$$

где S – горизонтальное проложение проектной линии; R – радиус земного шара 6 371 111 м; y – расстояние от осевого меридиана до середины линии.

2) за наклон к горизонту, всегда со знаком плюс

$$\Delta S = +\frac{h^2}{2S},$$

где h – превышение конца проектной линии над ее началом;

или

$$\Delta S = +\frac{i^2}{2}S,$$

если на плане нет горизонталей, а задан уклон i ;

или

$$\Delta S = +2S \sin^2 \frac{\nu}{2},$$

если задан угол наклона ν .

Поправка вводится, если $\nu \geq 1.5^\circ$ и вычисления проводились аналитическим способом. При применении графического и механического способов поправки за наклон обычно сопоставимы с точностью масштаба и поэтому не вводятся. Следует учитывать деформацию бумаги, если величина этой поправки превышает величину графической точности.

Длины горизонтальных проложений линий между опорными точками, представляющие суммы проектных отрезков, записывают напротив этих линий и подчеркивают.

Если в качестве опоры будут использованы контурные точки ситуации, то выборочно проверяют соответствие этих точек на плане и на местности, сличая контрольные промеры между ними. Если при этом расхождения между результатами измерений линий на местности и на плане превышают 1 мм, т.е. предельную погрешность положения точки на плане, то точки не могут быть использованы в качестве опоры при перенесении проекта.

Геодезическое обоснование сгущают в следующих случаях:

- между съемкой и перенесением проекта в натуру прошел большой промежуток времени, за который могли быть уничтожены закрепленные пункты, необходимые для перенесения проекта;
- существующая сеть редка.

Сумма длин отдельных отрезков прямой должна быть увязана в ее длине, при этом учитывается, что средняя графическая точность $q = 0.1$ мм на плане, допустимая графическая точность $q_{\text{доп}} = q \cdot 2 = 0.2$ мм. Тогда допустимая невязка в сумме отрезков, мм,

$$f_{\text{доп}} = 0.2\sqrt{n + 5},$$

где n – число отрезков.

Невязку в сумме отрезков распределяют: поровну на каждый отрезок; пропорционально длинам отрезков (что предпочтительнее).

При перенесении проекта в натуру способом промеров на проектном плане наносятся геодезические данные – проектные отрезки; если проектирование велось аналитическим способом, то с округлением до 0.01 м, если графическим – до 0.1 м.

Если в качестве опорных приняты пункты геодезического обоснования, то обычно при проектировании применяется аналитический способ с округлением горизонтальных проложений до 0.01 м. Проектирование ведется механическим или графическим способом с округлением горизонтальных проложений до 0.1 м, когда в качестве опорных точек приняты контурные точки. Если предполагается перенесение проекта в натуру угломерным способом, то необходимы значения углов и расстояний между точками.

Для перенесения проекта в натуру мензулой проектные отрезки на проектный план не выписывают, так как их измеряют по плану между станциями и проектными точками и отмеряют на местности по нитяному дальномеру.

6.3. Составление разбивочного чертежа

Разбивочный чертеж составляют только после нанесения на проектный план всех проектных линий, спроектированных объектов и записей на нем всех отрезков (промеров) и углов, необходимых для перенесения проекта в натуру.

Разбивочный чертеж – технический документ. Он составляется из расчета нанесения объемов работ, которые можно выполнить за 2–3 дня, затем

составляется новый разбивочный чертеж (во избежание порчи – не один на весь период работ).

На разбивочный чертеж наносят только необходимое для перенесения проекта в натуру:

- проектные границы;
- величины проектных углов и линий, которые нужно построить или отмерить на местности;
- пункты геодезического обоснования, которые используются при перенесении проекта;
- контуры ситуации, облегчающие нахождение на местности точек геодезического обоснования или служащие опорой для перенесения проекта;
- номера и названия землевладений и землепользований.

На разбивочном чертеже показывают:

- черной тушью существующие на местности границы, контуры, надписи, условные знаки, румбы, длины линий;
- красной тушью все проектируемые границы, номера участков, геодезические данные;
- синей тушью проектируемые теодолитные ходы, вспомогательные магистральные линии и относящиеся к ним геодезические данные.

Запись отсчетов (промеров) по мерному прибору лучше вести нарастающим итогом (во избежание ошибок, для повышения точности), а еще лучше – двойные данные: и расстояние между точками, и длины нарастающим итогом. Маршрут движения отмечают стрелками.

Чем обстоятельнее проведена подготовка к перенесению проекта, тем быстрее и с меньшими погрешностями выполняется полевая работа.

6.4. Метод промеров

Перенесение проекта в натуру производится согласно разбивочному чертежу, на котором отмечены: 1) исходная точка; 2) направление движения мерного прибора; 3) записаны все промеры между проектными и опорными точками, определяющие положение проектных точек. На концах каждой опорной линии, на которой получают положение проектных точек, устанавливают вехи, длинные линии провешивают. Линии при перенесении проекта отмеряют от одной опорной точки до другой в направлении, указанном на разбивочном чертеже. Место постановки знака согласно промеру временно закрепляют колом.

Если линия проходит по наклонной местности, то кол, а с ним и мерный прибор, передвигают вперед на величину поправки за наклон в длину данного промера. При проектировании механическим или графическим способом поправку за наклон вводят при углах наклона $\nu \geq 5^\circ$. При проектировании аналитическим способом – при углах наклона $\nu \geq 1.5^\circ$.

Достигнув конца опорной линии, записывают на разбивочном чертеже результат ее измерения, который из-за погрешностей будет отличаться от проектного промера, указанного на разбивочном чертеже. Полученная разность результатов измерения не должна превышать допустимого расхождения между двумя измерениями.

Если опорными являются контурные точки, то это расхождение допускается до 1 мм на плане. Если проектирование выполнялось аналитическим методом, то расхождения, не превышающие 1/1000 ширины проектируемых участков, не учитывают, т.е. положение проектных точек, закрепленных кольями, не изменяют. Если же расхождение больше 1/1000, то его увязывают путем передвижки колеи пропорционально сумме промеров от начала опорной линии.

Если проектирование выполнялось графическим или механическим способом, то расхождение, не превышающее графическую точность масштаба (0.1 мм на плане), не увязывают. Если расхождение равно удвоенной точности масштаба, то поправки вводят в положение двух последних проектных точек. При расхождении, превышающем удвоенную точность масштаба, поправки вводят пропорционально сумме промеров от начала опорной линии.

При создании геодезического обоснования с помощью светодальномерной техники и при использовании ее для перенесения проекта в натуру практически нет необходимости вводить поправки в положение проектных точек из-за расхождений с контрольными промерами, так как точность светодальномерных измерений, как правило, выше требований, предъявляемых землеустройством к точности линейных измерений.

Для обеспечения параллельности и перпендикулярности сторон участков целесообразно применение мерных приборов в сочетании с экером, позволяющим строить углы в 90° .

После проектирования графическим и механическим способами часто приходится производить вычисления для обеспечения параллельности длинных сторон участков, этого проще добиться применением угломерного метода перенесения проекта в натуру.

6.5. Угломерный метод

В зависимости от расположения проектных точек относительно пунктов геодезического обоснования в практике перенесения проекта в натуру теодолитом есть два варианта определения положения проектных точек на местности:

- 1) с одной станции полярным способом;
- 2) с нескольких станций, образующих теодолитный ход.

При полярном способе проектным является угол β , который строят на местности в исходной точке A (рис. 31), а проектным расстоянием – отрезок $Aa = S$, отмеряемый на местности для получения проектной точки a . Величины β и S могут быть:

- заданы по проекту в числовом выражении;
- вычислены в процессе проектирования;
- определены графически по плану.

Для построения угла β выверенный теодолит устанавливают в исходной точке A . Сначала строится левый угол β . Для этого нулевой штрих алидады совмещают с нулевым штрихом лимба и, вращая лимб вместе с алидадой, наводят зрительную трубу по исходному направлению на точку B . Затем открепляют алидаду и вращают ее до совмещения штриха алидады со штрихом лимба, обозначающим угол β . При этом зрительная труба будет направлена на точку a .

Затем строится правый угол λ . Для этого нулевой штрих алидады совмещают со штрихом лимба, обозначающим величину угла λ , и, вращая лимб вместе с алидадой, наводят зрительную трубу по исходному направлению на точку B . Затем открепляют алидаду и вращают ее до совмещения штриха алидады с нулевым штрихом лимба. При этом положении зрительная труба укажет на проектную точку a .

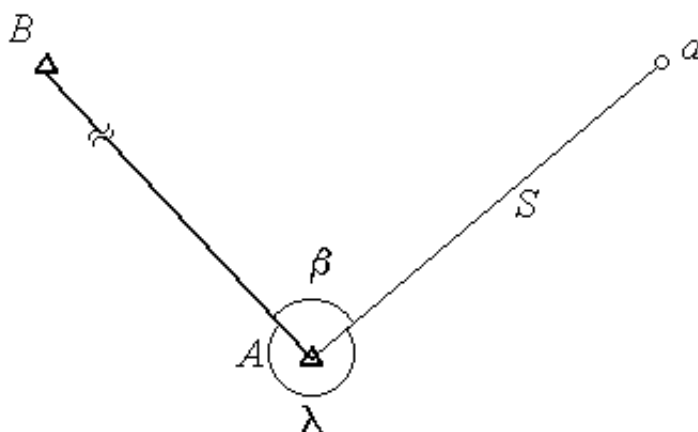


Рис. 31

В указанном направлении по теодолиту ставят вехи на расстоянии, несколько большем длины линии S . Одну – в результате построения угла β , другую – в результате построения угла λ . И из двух положений вех выбирают среднее. После этого из точки A отмеряют расстояние S и в конце его по теодолиту устанавливают знак, закрепляющий положение точки a . Расхождение не более $1'$ (для теодолитов Т-30 и 2Т-30).

Для перенесения проекта в натуру используют длинное расстояние между исходными пунктами A и B (в 2–3 раза больше Aa). Тогда погрешности положения проектной точки по заданным значениям S и β составят

$$m_d^2 = m_S^2 + (S \cdot m_\alpha / \rho)^2; \quad m_S = \frac{S}{3000}; \quad m_\alpha = 1'; \quad \rho_1 = 3438'.$$

Если же значения S и B измерены по плану, то надо добавить погрешности измерения S (1 мм) и β ($7'$) на плане и погрешность нанесения точки A на план (2 мм). Тогда при M 1:10 000 погрешность нанесения точки на план $m_{dH} = 2^2/2 + 1^2 + (S \cdot 7'/3438')^2$.

Общая погрешность $m_{dO} = \sqrt{m_d^2 + m_{dH}^2}$. Оказывается, что $m_{dO} \cong m_{dH}$, следовательно, большие погрешности измерений по плану поглощают погрешность полевых измерений и определяют точность положения проектных точек на местности.

При перенесении в натуру ломаной линии при помощи мерного прибора между исходными точками прокладывается теодолитный ход.

Если проектирование производилось аналитическим способом, то все геодезические данные (углы и линии), необходимые для перенесения в натуру, вычисляют в процессе проектирования. При графическом или механическом способе проектирования эти данные получают графически по плану.

Существуют два способа графического определения геодезических данных для проложения теодолитного хода:

1) углы измеряют транспортиром, линии – измерителем, но точность этого способа мала, его применяют редко;

2) углы и линии определяют путем вычислений по координатам; координаты проектных точек определяют графически – по плану (M и L) (рис. 32), аналитические координаты исходных точек (26, 27, 20, 13) проектного хода – из ведомостей, каталогов и пр.

Построение хода в натуре можно начинать как от точки 26, так и от точки 20, предпочтение следует отдавать той точке, у которой примычный угол строится от наиболее длинной и надежной в смысле точности линии хода.

Проектные углы строят последовательно, например, в точках 26, *M*, *L*. После каждого построения угла отмеряют линии с контролем (например, по нитяному дальномеру). Концы линий, а также проектные точки закрепляют временно кольями. При промерах учитывают поправки за наклон линии.

Во избежание получения больших невязок, превышающих величину учетверенной точности масштаба, определять углы транспортиром, а линии – измерителем можно только при крайней необходимости для проектных ходов, длина которых не превышает 1 км при $M 1:10\ 000$ и 2 км при $M 1:25\ 000$.

Для повышения точности следует измерять транспортиром не углы, а направления (румбы).

На основе проведенных расчетов можно приближенно вычислить величины допустимых невязок в проектных ходах. При этом относительная линейная невязка не должна быть более $1/700$ длины хода.

Для коротких проектных ходов относительную невязку допускают до $1/600$, а при ходах менее 1 км – до $1/500$.

Если все углы измерены транспортиром по плану, а линии – измерителем также по плану, то линейную невязку допускают до $1/200$ длины хода. Допустимую невязку распределяют на местности по способу параллельных линий. Направление невязки в конечной точке хода (и поправок в положении проектных точек) определяют по буссоли, а линейную невязку измеряют и линейные поправки вводят в положение точек при помощи рулетки.

Если проектирование выполнялось механическим или графическим способом, то невязку, не превышающую точность масштаба (0.1 мм на плане), не распределяют. Если невязка равна примерно удвоенной точности масштаба, то поправки вводят в положение двух последних проектных точек. Когда

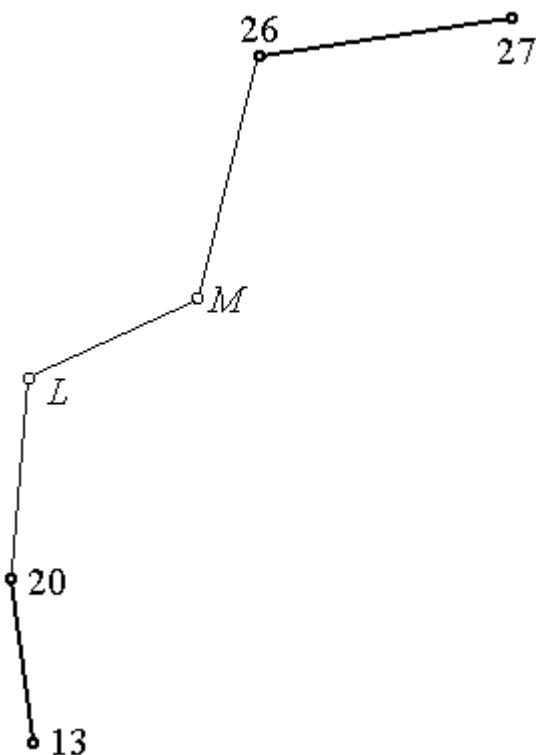


Рис. 32

невязка превышает удвоенную точность масштаба, поправки вводят в положение каждой точки пропорционально длине хода от начала до проектной точки.

Если проектирование производилось аналитическим способом, то невязку, не превышающую $1/1000$ ширины проектируемых участков, не распределяют. Во всех остальных случаях невязку распределяют способом параллельных линий.

При измерении углов особое внимание следует обращать на вертикальность установки вех. При коротких линиях и там, где это возможно, визировать следует на шпильки, которые отвесно втыкают в торцы кольев. Центрировать теодолит над пунктом следует с погрешностью, не превышающей 5 мм. Измерение длин линий в теодолитных ходах производится стальными прокомпарированными лентами или 50-метровыми рулетками в прямом и обратном направлениях, а также светодальномером СМ-5 или нитяным дальномером (ориентировочно – шагами).

6.6 Углоначертательный способ (мензула)

Проект переносят в натуру мензулой, если из-за условий местности:

- применение только мерного прибора затруднено;
- применение теодолита нецелесообразно.

Использование мензулы для перенесения проекта в натуру особенно эффективно, если в полузакрытой местности имеется большое количество опорных контурных точек.

Поскольку при перенесении проекта в натуру теодолитом или мерным прибором угловые и линейные величины допускается измерять транспортиром и измерителем по плану, то перенесение проекта в натуру мензулой в этих случаях будет давать более точные и быстрые результаты. Это объясняется тем, что построение углов на мензуле производится точнее, чем измерение их транспортиром, и, кроме того, на каждой станции планшет ориентируется не по одному, а по нескольким пунктам. Тогда погрешность построения угла в каждой проектной точке в открытой или полузакрытой местности не зависит от погрешностей построения углов в предыдущих точках, как в теодолитном ходе. В этом состоит основное преимущество мензулы перед теодолитом, но это преимущество обнаруживается в тех случаях, когда для перенесения проекта нельзя использовать вычисленные координаты точек и измеренные на местности углы и линии. При перенесении проекта мензулой снижается

возможность получения грубых ошибок, поскольку вся работа ведется и контролируется в поле. Применение мензулы освобождает исполнителя от большой подготовительной работы: надо лишь иметь пункты геодезической сети, надежные контурные точки, геометрическую сеть нужной густоты.

Перенесение проекта при помощи мензулы особенно эффективно в степных районах юго-востока страны. Геодезическая сеть пунктов в них редка, а размеры переносимых участков большие. Перенесение проекта мерным прибором (лентой, оптическим дальномером) в таких районах требует измерения больших расстояний от пунктов геодезической сети или от контурных точек, и эффективным будет лишь применение электромагнитных дальномеров.

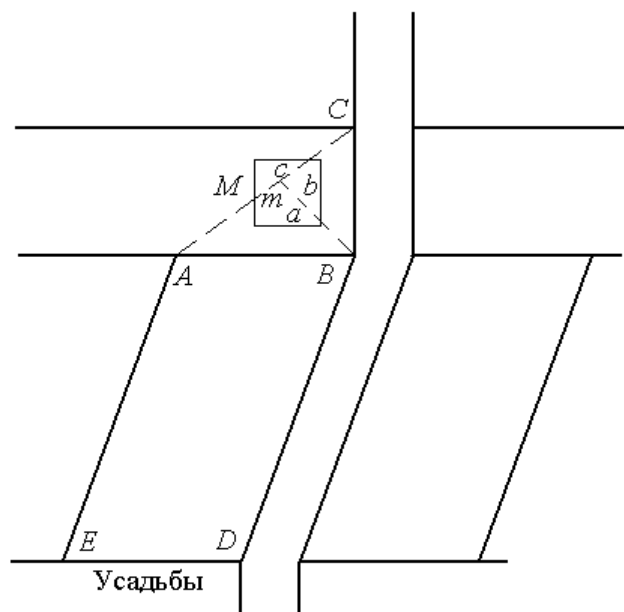


Рис. 33

Перенесение проекта мензулой в открытой и полужакрытой местностях выполняют следующим образом (рис. 33).

1. В зоне расположения проектных точек A, B, C устанавливают мензулу M .

2. Между точкой стояния мензулы и проектной точкой определяют по плану расстояние. Если это расстояние превышает в M 1:5000 – 150 м, при 1:10 000 – 250 м, при 1:25 000 – 450 м и при 1:50 000 – 500 м, то мензулу переносят ближе к проектным точкам и снова определяют ее положение на плане.

3. К полученной точке стояния мензулы на плане и к проектной точке a прикладывают ребро линейки кипрегеля и реечник, отсчитав шагами указанное наблюдателем расстояние в направлении зрительной трубы, устанавливают рейку, по которой наблюдатель делает отсчет. В зависимости от величины отсчитанного расстояния реечник, согласно сигналам наблюдателя, передвигается в направлении визирной линии до тех пор, пока отсчет на рейке покажет требуемое расстояние.

Короткие линии на ровной местности быстрее и точнее отмерять мерным прибором, контролируя их по нитяному дальномеру (для $M 1:10\ 000 S \leq 500$ м).

4. На окончательно установленной точке ставят знак.

5. Переносят в натуру другие проектные точки, расположенные вблизи данной точки стояния мензулы.

После установки знаков на проектных точках для контроля измеряют линии между проектными точками и результаты записывают на разбивочном чертеже.

Точность перенесения проектных точек в натуру мензулой соответствует точности их съемки, т.е. положение проектной точки на местности характеризуется средней квадратической погрешностью 0.4 мм на плане. Погрешность такой величины вызывают непараллельность и неперпендикулярность проектных линий на местности. Непараллельность коротких проектных линий выражается десятками минут, что много больше допустимого (3–4'). Поэтому проект переносят в натуру мензулой в том случае, если по условиям проектирования не предъявляется строгих требований к параллельности проектных линий, что чаще всего бывает при перенесении проекта организации территории с нетвердыми границами (пастбища, сенокосы).

При повышенных требованиях к точности перенесения в натуру границ полей и участков применение мензулы становится нецелесообразным. Тогда лучше использовать мерный прибор с экером.

6.7. Особенности перенесения проекта в натуру по материалам фотосъемок

В результате фотосъемок получают фотоснимки объектов и отдельных элементов местности. Фотографирование может выполняться с земли и отдельных летательных аппаратов (чаще всего самолетов). Соответственно этому различают наземную фотосъемку и аэрофотосъемку.

Наземная фотосъемка выполняется при помощи фототеодолитов, представляющих собой сочетание теодолита и фотоаппарата.

Аэрофотосъемка выполняется при помощи аэрофотоаппарата (АФА), установленного на борту самолета.

На основе фотоснимков местности и предварительно созданного съемочного обоснования получают карты и планы. Процессы получения планов

и карт разрабатывает фотограмметрия, которая определяет формы, размеры и положение предметов по их фотограмметрическим изображениям на плоскости; те же задачи, но с учетом объемности изображения решает стереофотограмметрия – использование двух перекрывающихся снимков, полученных из двух разных точек.

Аэрофотосъемка называется плановой, если она производится при отвесном положении оптической оси фотоаппарата. Тогда снимки называются плановыми, или горизонтальными. Угол отклонения от отвеса $\alpha \leq 3^\circ$. Если $\alpha > 3^\circ$, то съемку называют перспективной, а снимки – наклонными, или перспективными.

Различают аэрофотосъемку, выполненную:

- одиночными снимками (например, для военных целей);
- маршрутами (для целей изыскания трасс линейных сооружений), 60% при продольном перекрытии;
- аэрофотосъемку площадей – перекрытие продольное 60%, поперечное – 30–40%.

Аэрофотоснимок представляет собой центральную проекцию участка на местности, при $\alpha \leq 3^\circ$ и равнинном рельефе она совпадает с ортогональной проекцией, если $\alpha > 3^\circ$ и рельеф всхолмленный – проекция неортогональная.

$$\text{Масштаб аэрофотосъемки } M = \frac{f_k}{H},$$

где f_k – фокусное расстояние; H – высота полета.

Если снимок наклонный и в разных масштабах из-за непостоянства H , то его трансформируют по 4 – 5 точкам и вводят поправку δ за рельеф.

$$\delta = rh/H,$$

где r – расстояние от главной точки до данной; h – превышение данной точки над средней плоскостью.

Если точка местности находится выше средней плоскости, то ее изображение надо сместить по направлению от главной точки.

Можно найти радиус r окружности, в границах которой смещение δ не превышает заданного значения $\delta_{\text{доп}}$

$$r = \rho_{\text{доп}} H / h.$$

Величина r называется радиусом полезной (рабочей) площади аэрофотоснимка.

Из рабочих площадей нетрансформированных снимков составляется фотосхема. Из рабочих площадей трансформированных снимков – фотоплан, а затем и графический план.

Дешифрирование изображений

Под дешифрированием понимают процесс опознавания объектов, контуров и других элементов местности, а также раскрытие их содержания по фотографическому изображению.

Различают дешифрирование топографическое с целью составления топографических карт и планов и специальное (например, для геологических, почвенных, лесохозяйственных, военных, сельскохозяйственных и других целей).

Дешифрирование выполняют в полевых или камеральных условиях или при их сочетании. Дешифровочные признаки – форма и размер предметов (геометрический признак); свойство предметов отражать неодинаковое количество падающего на них света (оптический признак).

Дешифровочные признаки делятся на прямые (форма, размеры, тени и др.) и косвенные (взаимосвязь объектов снимка, например, связь между растительностью, влажностью и типами грунтов). Основным дешифровочным признаком является форма изображения. Наибольший эффект дает совместное использование нескольких признаков. Так, кроме формы и размеров изображения, широко используется его тон, т.е. различная степень почернения. Реки и озера отображаются темными тонами, сухие дороги – почти белыми линиями, редкая растительность светло-серым тоном, густая – более темным.

Весьма важным дешифровочным признаком являются тени, отбрасываемые объектом. По форме теней можно судить о содержании сфотографированного объекта.

Эффектность камерального дешифрирования существенно повышается при использовании пространственной (стереоскопической) модели местности, для получения которой пользуются специальными приборами – стереоскопами.

Для получения стереоскопической модели надо установить два перекрывающихся снимка так, чтобы расстояние между идентичными точками было близко к величине глазного базиса, а линия, соединяющая эти точки – параллельна ему. Следует стараться левым глазом видеть только левое изображение, а правым – только правое. Тогда наблюдатель вместо двух плоских изображений увидит одно рельефное.

Способы съемки рельефа при аэрофотосъемке

Обычно применяют два следующих способа:

Комбинированная аэрофотосъемка – контурная часть плана создается при помощи аэрофотосъемки, а рельеф снимается в поле при помощи мензулы. Предварительно создается высотное обоснование. Фотоплан прикрепляют к планшету и определяют высоты характерных точек рельефа тригонометрическим нивелированием. После определения отметок характерных точек проводят горизонтالي. Съемка рельефа на фотопланах требует в два раза меньше времени, чем при обычном способе мензульной съемки.

Стереофотограмметрическая аэрофотосъемка – рисовка рельефа выполняется в камеральных условиях по стереомодели на специальных приборах. Различают два способа стереоскопической рисовки рельефа: универсальный – горизонтали вычерчиваются автоматически; дифференциальный – используются приборы, служащие только для одного из процессов обработки.

Из стереопары аэрофотоснимков получают значения параллаксов (линейных продольных параллаксов), т.е. разности абсцисс изображений одной и той же точки на двух перекрывающихся снимках. Линейный продольный параллакс есть базис фотографирования, выраженный в масштабе изображения:

$$P = \frac{B}{M},$$

где B – реальный базис; M – знаменатель численного масштаба.

Превышение одной точки над другой можно выразить через разность параллаксов этих точек $\Delta p = p_1 - p_2$. Окончательно $h = H \cdot \Delta p / b$, где b – базис в масштабе.

Наземная стереофотографическая съемка

Наземная стереофотографическая съемка, или фототеодолитная съемка производится при помощи фототеодолита – прибора, позволяющего фотографировать местность и выполнять угловые измерения, необходимые для определения координат точек, на которых он установлен. При такой съемке фотографирование выполняется с двух концов базиса. Обычно центр левого объектива принимают за начало координат пространственной фотограмметрической системы.

Величины p , z_d и x_d измеряются по снимкам на стереокомпараторе. Для составления плана местности все базисы должны быть связаны между собой, для чего определяют координаты каждой левой точки базиса и дирекционный угол оптической оси фотокамеры в единой системе координат. Согласно действующим инструкциям съемка застроенных территорий производится, как правило, аэрофототопографическим способом, а в районах со всхолмленным рельефом – фототеодолитным.

Съемка в М 1:5000–1:500 выполняется стереофототопографическим или комбинированным методом в зависимости от:

- характера снимаемой территории;
- масштаба плана;
- имеющегося фотограмметрического оборудования.

На территории со сплошной многоэтажной застройкой, а при съемке в М 1:1000–1:500 с плотной малоэтажной застройкой составляются графические планы.

Если проектирование участков выполнялось аналитическим способом, то выбор способа перенесения проекта в натуру не зависит от вида съемки, после проведения которой получен плановый материал. Если же проектирование производилось механическим и графическим способами, то в качестве опорных при перенесении проекта часто используют точки и контуры, опознаваемые на местности.

В этом отношении материалы аэрофотосъемки имеют большое преимущество перед планами наземных съемок, так как в них изображены мельчайшие подробности местности; дают возможность значительно сокращать количество измерений мерными приборами при перенесении проекта в натуру и применять эти приборы только для измерений коротких расстояний.

Максимальное сокращение количества измерений и уменьшение длин промеров достигается правильным чтением аэрофотоснимков и выбором в качестве опорных ближайших точек, опознавание которых не подлежит сомнению.

Опыт показывает, что наилучшим фотоматериалом для опознавания контурных точек, используемых в качестве опорных, являются недешифрованные контактные отпечатки, так как процесс увеличения или трансформирования аэрофотоснимков всегда снижает резкость изображения, в особенности мелких объектов местности. Нанесением дешифровочных знаков закрываются детали аэрофотоснимка, и снижается возможность использования

в качестве опорных значительного количества контурных точек. Поэтому при проектировании и особенно при перенесении проекта в натуру, помимо дешифрованных аэрофотоснимков, на которых производится проектирование, полезно иметь недешифрованные контактные отпечатки, по которым легко опознают большое количество мелких объектов местности.

При использовании материалов аэрофотосъемки применяются приемы, позволяющие также уменьшить длины промеров, необходимых для перенесения проектных точек в натуру (рис. 34).

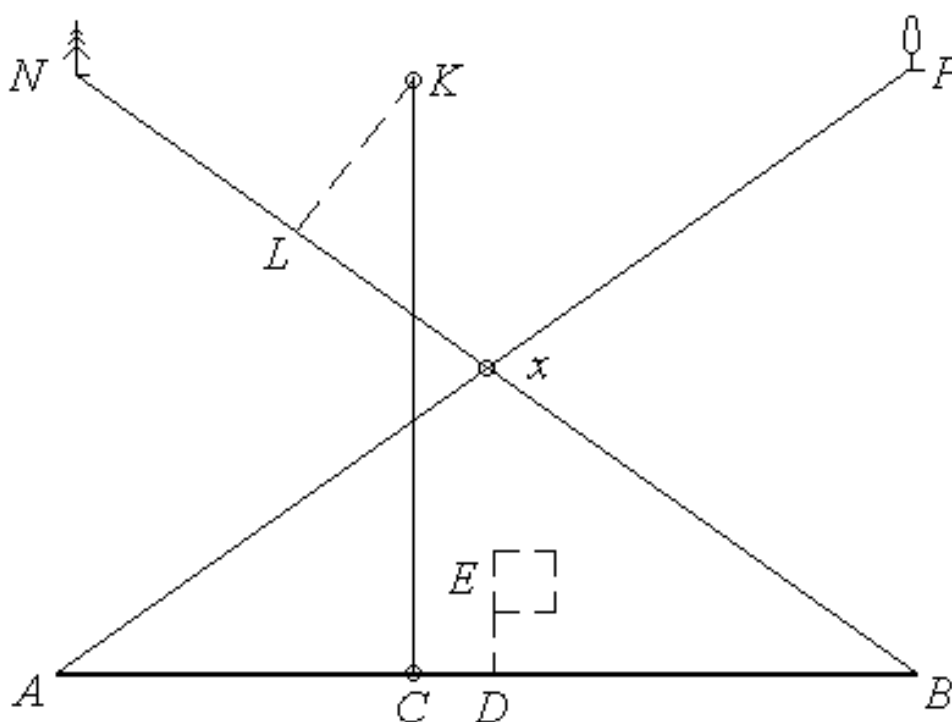


Рис. 34

1. Получение проектной точки C по удаленным точкам A и B из-за разномасштабности отдельных частей аэрофотоснимка (особенно если он не трансформирован) может привести к большим погрешностям измерения линий AC и BC на аэрофотоснимке. В этих случаях результат будет точнее, если воспользоваться контурной точкой E , расположенной вблизи проектной точки C . Опустить перпендикуляр из точки E на линию AB и от основания этого перпендикуляра провести промер CD , взятый с аэроснимка, для получения проектной точки C на местности.

2. Для уменьшения длин промеров пользуются также пересечением прямых линий, руководствуясь тем, что точка пересечения прямых линий на аэрофотоснимке независимо от искажения этого снимка из-за его наклона всегда точно совпадает с точкой пересечения этих же прямых на местности

(если искажения из-за рельефа незначительны). Поэтому при перенесении в натуру проектной точки K находят вблизи нее на местности положение точки x в пересечении линий AP и BN . От точки x отмеряют отрезок xL и по перпендикуляру LK находят положение проектной точки K . Для контроля все линии (стороны) участков между проектными точками измеряют на местности, результаты записывают на аэрофотоснимке или на разбивочном чертеже и сличают с соответствующими линиями на аэрофотоснимке.

Однако такое независимое получение на местности каждой проектной точки границы может вызвать значительную взаимную непараллельность сторон участка, характеризующуюся предельной погрешностью $\Delta\alpha$ (при $S = 5$ см на фотоплане $\Delta\alpha \approx 1.2^\circ$). Когда требуется строгая параллельность длинных сторон участков, определяют по аэрофотоснимку только основные точки проекта, например, A , K и L , и относительно этих точек промерами получают все основные точки.

При перенесении проекта в натуру в качестве опорных, помимо контурных точек, широко используют прямые линии контуров, угодий, дорог, канав, опознаваемых на аэрофотоматериалах. Для повышения точности при проведении подготовительных работ, проектирования и перенесения проекта в натуру используют закрепленные на местности опознаки (опознавательные знаки). Точность перенесения проекта в натуру по аэрофотоматериалам примерно такая же, как и по планам наземных съемок.

7. ТОЧНОСТЬ ПЛОЩАДЕЙ УЧАСТКОВ, ПЕРЕНЕСЕННЫХ В НАТУРУ

Рассмотрим все наиболее типичные случаи.

I. Способ проектирования – **аналитический**, геодезическое обоснование при перенесении в натуру – **теодолитные ходы**.

II. Способ проектирования – **графический**, геодезическое обоснование при перенесении в натуру – **теодолитные ходы**.

III. Способ проектирования – **графический**, геодезическое обоснование при перенесении в натуру – **точки ситуации**.

IV. Способ проектирования – **механический** (планиметром), геодезическое обоснование при перенесении в натуру – **теодолитные ходы**.

V. Способ проектирования – **механический**, геодезическое обоснование при перенесении проекта в натуру – **точки ситуации**.

I случай. Применялся аналитический способ проектирования, в качестве геодезического обоснования служили точки теодолитных ходов.

Так как аналитический способ проектирования применяется при наличии сети теодолитных ходов, на основе которых главным образом и производится проектирование, то точность проектирования аналитическим способом зависит только от точности угловых и линейных измерений на местности.

Влияние погрешностей измерений на погрешность площадей мало. Погрешность площади определяется погрешностью линейных измерений. Если принять среднюю квадратическую погрешность измерения линий мерным прибором равной 1:2000, то средняя квадратическая погрешность площади в зависимости от погрешностей линейных измерений будет

$$m_{PF} = P/2000,$$

где P – площадь участка.

С такой же точностью будет спроектирована площадь участка аналитическим способом и перенесена в натуру, так как погрешность площади участка будет зависеть только от погрешностей измерений на местности при съемке и при перенесении проекта в натуру. Это можно считать равнозначным тому, как если бы все границы были измерены либо в процессе съемки, либо в процессе перенесения проекта в натуру.

II случай. Применялся графический способ проектирования, в качестве геодезического обоснования при перенесении в натуру служили нанесенные на план точки теодолитных ходов.

В этом случае на погрешность спроектированных площадей участков будут влиять три вида погрешностей: m_{PF} , m_{PN} и m_{PQ} . При этом $m_{PF} = P/2000$ – погрешность измерений углов и линий на местности ($m_{PF} = 0.05$ га).

При перенесении в натуру к ним добавляются погрешности:

$$m_{PN} = 0.018 \cdot \frac{M}{10000} \sqrt{P} \text{ (га)} = 0.18 \text{ га} \quad \text{– погрешность нанесения точек}$$

теодолитных ходов на план по координатам;

$$m_{PQ} = 0.01 \cdot \frac{M}{10000} \sqrt{P} \text{ (га)} = 0.10 \text{ га} \quad \text{– погрешность, свойственная}$$

графическому способу проектирования площадей.

Если в процессе перенесения в натуру используются промеры, снятые с плана, то следует вводить погрешность $m_{PQ} = 0.10$ га еще раз. Если же в процессе перенесения в натуру используются не снятые с плана, а вычисленные ранее значения промеров, то второй раз эту погрешность вводить не надо.

Суммарное влияние всех четырех погрешностей для случая II

$$m_{P_{II}} = \sqrt{m_{PF}^2 + m_{PN}^2 + 2m_{PQ}^2},$$

$$m_{P_{II}} = \sqrt{0.05^2 + 0.18^2 + 2 \cdot 0.10^2} \cong 0.24 \text{ га}.$$

III случай. Применялся графический способ проектирования, опорными для перенесения проекта в натуру служат точки контуров ситуации.

На погрешность определения площадей будут влиять:

$$m_{PS} = 0.04 \cdot \frac{M}{10000} \sqrt{P \text{ (га)}} - \text{ погрешность положения точек контуров}$$

ситуации на плане. Считая, что средняя квадратическая погрешность положения контурной точки 0.4 мм и, получим, что $m_{PS} = 0.40$ га ;

$$m_{PQ} = 0.01 \cdot \frac{M}{10000} \sqrt{P \text{ (га)}} = 0.10 \text{ га} - \text{ погрешность, свойственная}$$

графическому способу проектирования.

Если при этом производилось определение промеров графически по плану от точек теодолитных ходов (если при перенесении проекта не использовались вычисленные ранее значения промеров), погрешность

$$m_{PQ} = 0.01 \cdot \frac{M}{10000} \sqrt{P \text{ (га)}} = 0.10 \text{ га добавляется еще раз.}$$

Погрешностями измерения линии мерным прибором в процессе перенесения проекта в натуру можно пренебречь, так как они малы по сравнению с другими погрешностями.

$$\text{Тогда суммарная погрешность в случае III } m_{P_{III}} = \sqrt{m_{PS}^2 + 2m_{PQ}^2},$$

$$m_{P_{III}} = \sqrt{0.40^2 + 2 \cdot 0.1^2} = 0.42 \text{ га}.$$

IV случай. Проектирование производилось планиметром, опорными для перенесения проекта в натуру служили нанесенные на план пункты теодолитных ходов.

На погрешность площадей участков будут влиять:

$m_{PF} = P(\text{га})/2000$, $m_{PF} = 0.05$ га – погрешность измерения углов и линий на местности;

$$m_{PN} = 0.018 \cdot \frac{M}{10000} \sqrt{P \text{ (га)}} = 0.18 \text{ га} - \text{ погрешность нанесения точек}$$

теодолитных ходов на план по координатам;

m_{PR} – погрешности, свойственные механическому способу, которые при двукратном обводе участка определяются по формуле

$$m_{PR} \cong \frac{1}{\sqrt{2}}0.7P + \frac{1}{\sqrt{2}}0.01 \frac{M}{10000} \sqrt{P(\text{га})} + 0.0003 \sqrt{P(\text{га})}, \quad m_{PR} \cong 0.15 \text{ га}.$$

Если же при перенесении на местность промеры от точек теодолитных ходов определялись графически по плану (а не использовались вычисленные значения промеров), то добавляется еще погрешность:

$$m_{PQ} = 0.01 \cdot \frac{M}{10000} \sqrt{P(\text{га})}, \quad m_{PQ} = 0.10 \text{ га}$$

Суммарная погрешность IV случая: $m_{P_{IV}} = \sqrt{m_{PF}^2 + m_{PN}^2 + m_{PR}^2 + m_{PQ}^2}$,

$$m_{P_{IV}} = \sqrt{0.05^2 + 0.18^2 + 0.15^2 + 0.10^2} = 0.26 \text{ га}.$$

V случай. Проектирование производилось планиметром, опорными для перенесения проекта в натуру служили точки контуров ситуации.

На погрешность площадей участков будут влиять

$$m_{PS} = 0.04 \cdot \frac{M}{10000} \sqrt{P(\text{га})}, \quad m_{PS} = 0.40 \text{ га} - \text{погрешность контурной съемки};$$

$$m_{PR} = 0.05P + 0.07 \cdot \frac{M}{10000} \sqrt{P(\text{га})}, \quad m_{PR} = 0.15 \text{ га} - \text{погрешность при}$$

двукратном обводе планиметра;

$$m_{PQ} = 0.01 \cdot \frac{M}{10000} \sqrt{P(\text{га})}, \quad m_{PQ} = 0.10 \text{ га} - \text{погрешность графического}$$

определения промеров от точек теодолитных ходов по плану.

Суммарная погрешность V случая: $m_{P_V} = \sqrt{m_{PS}^2 + m_{PR}^2 + m_{PQ}^2}$,

$$m_{P_V} = \sqrt{0.40^2 + 0.15^2 + 0.10^2} = 0.44 \text{ га}.$$

Все погрешности являются средними квадратическими и вычислены для площади $P = 100$ га и масштаба 1:10 000. В качестве предельных можно взять удвоенные или утроенные их значения. При расчете погрешностей предполагается, что работы по проектированию производят на плотной бумаге, выверенными приборами, остро отточенным карандашом, измерителем с остро отточенными ножками и т.п. Без соблюдения этих условий точность площадей участков значительно понижается.

Случаи II, III, IV и V по сравнению со случаем I дают значительно бóльшие погрешности, которые увеличиваются с уменьшением масштаба плана $m \approx 0.23 - 0.26\%$ (самый точный аналитический $m \approx 0.05\%$, затем графический и механический, если в качестве геодезического обоснования при перенесении проекта в натуру приняты теодолитные ходы). Самые большие погрешности имеют место при графическом и механическом способах проектирования в

сочетании с использованием при перенесении проекта в натуру в качестве опорных контурных точек ситуации, тогда $m \approx 0.42 - 0.44\%$.

Применение графоаналитического способа может увеличить погрешности площадей, но не более чем вдвое по сравнению с погрешностями, свойственными аналитическому способу.

Процесс перенесения проекта в натуру вносит несущественные погрешности в площади проектируемых участков за счет погрешностей определения промеров графически по плану (от точек теодолитных ходов, если не используются вычисленные значения промеров): $m \approx 0.01 - 0.02\%$.

Для вытянутых участков средние квадратические погрешности следует увеличить в $\sqrt{\frac{1+K^2}{2K}}$ раз, где K – отношение длинной стороны к короткой.

Следует также иметь в виду, что погрешность площади уменьшается с увеличением числа точек поворота границ. Погрешности небольших участков будут меньше, когда опорными служат контурные точки ситуации, расположенные близко одна от другой, и следовательно, обладающие значительной корреляционной связью.

Проектирование набором контуров следует отнести к случаю V, а комбинирование механического способа с графическим – к случаям IV или V в зависимости от вида геодезического обоснования, используемого при перенесении проекта в натуру. В табл. 2 приведены погрешности площадей участков, перенесенных в натуру в зависимости от погрешностей проектирования измерений, вычислений и других факторов.

8. ПОНЯТИЕ О ГОРОДСКОМ КАДАСТРЕ

8.1. Общие положения

Кадастры подразделяются на следующие виды: земельный, водный, почвенный, лесной.

Земельный кадастр – совокупность достоверных сведений о природном, хозяйственном и правовом положении земель, а также об их экономической ценности. Раньше земельный кадастр велся только с целью организации рационального использования земель, в настоящее время – для использования при налогообложении, при регистрации поземельных сделок и залоге земель.

Городской кадастр – это совокупность достоверных сведений:

Таблица 2

**Погрешности площадей участков в зависимости
от способов проектирования и перенесения в натуру для Р = 100 га и М 1:10 000**

Способ проектирования	Геодзическое обоснование при перенесении проекта в натуру	Погрешность площади в зависимости от погрешностей, га						Суммарная абсолютная погрешность, га	Относительная суммарная погрешность, %	Предельная	
		Полевых измерений на местности при съемке и при перенесении проекта теодолитом и мерным прибором	Нанесения точек на план по координатам и определения координат по плану	Контроль съемки и перенесения проекта мензурой или по точкам контроля ситуации	Вычисления площадей при проектировании	Графическим способом	Механическим способом двукратным обходом			Определения промеров графически по плану, если вычисленные значения промеров не используются при перенесении проекта	Удвоенная относительная погрешность, %
Аналитический	Теодолитные ходы	$m_{PF} = \frac{P}{2000}$	$m_{PN} = 0.018 \times \frac{M}{10000} \sqrt{P} \text{ (га)}$	$m_{PS} = 0.04 \times \frac{M}{10000} \sqrt{P} \text{ (га)}$	$m_{PQ} = 0.01 \times \frac{M}{10000} \sqrt{P} \text{ (га)}$	$m_{PR} = 0.5P + 0.007 \times \frac{M}{10000} \sqrt{P} \text{ (га)} + 0.0003 \cdot P \text{ (га)}$	$m_{PQ} = 0.01 \times \frac{M}{10000} \sqrt{P} \text{ (га)}$	$m_{PQ} = 0.01 \times \frac{M}{10000} \sqrt{P} \text{ (га)}$	0.05	0.10	0.15
Графический	Теодолитные ходы	0.05	0.18	–	0.10	–	0.10	–	0.23	0.46	0.69
Графический	Точки ситуации	–	–	0.40	0.10	–	0.10	–	0.42	0.84	1.26
Механический	Теодолитные ходы	0.05	0.18	–	–	0.15	–	0.10	0.26	0.52	0.78
Механический	Точки ситуации	–	–	0.40	–	0.15	–	0.10	0.44	0.88	1.32

- 1) о природных ресурсах;
- 2) об инженерной инфраструктуре;
- 3) о социально-экономических явлениях.

В 1925 г. согласно «Положению о земельных распоряжках» все без исключения земли и водные пространства в пределах городской черты, независимо от пользователя, подлежали земельной регистрации. Регистрация проводилась с целью управления пользованием городскими землями, для определения размеров налогов и земельной ренты, защиты и закрепления прав пользователей, обеспечения других потребностей городского хозяйства. Земельная регистрация включала следующее:

1. Основной и текущей этапы по сбору и хранению достоверных и систематизированных сведений о правовом, хозяйственном и природном состоянии всех без исключения земель и водных пространств.

2. Создание регистрационных документов следующего содержания и вида:

- общий реестровый план селитебной (т.е. собственно городских земель) части города в масштабе 1:500;
- общий реестровый план сельскохозяйственных земель в масштабе 1:5000;
- сборный план селитебной части в масштабе 1:2000;
- реестровый план улиц и площадей в масштабе 1:500;
- инвентарные описи на отдельный участок и план в масштабе 1:500;
- реестры к инвентарным планам по составу пользователей и роду земель.

Общие реестровые планы составлялись по отдельным кварталам с отображением каждого земельного участка, длин граничащих линий и общей площади, имеющих строения, насаждений, колодцев, характера поверхности и почвы. На пользование городскими землями выдавался единый документ (земельная запись), имеющий нотариальную силу.

Кроме характеристики пользователя, при описании земельного участка приводились:

1) характеристика строения (число этажей, материал стен и крыши, площадь основания, высота, состояние, пользователь и владелец) и сооружения (название и назначение);

2) экспликация участка по видам угодий (застройка, двор, сад, огород, склад, земли сельхозназначения, торфоразработки, пустопорожные земли);

3) данные о ценных насаждениях (род насаждений, число деревьев, время посадки, состояние, общая оценка, уклон участка, характеристика рельефа и почвы, наличие водных объектов, затопляемость и др.).

По своей сути эти мероприятия были прообразом городского кадастра. Однако проводившаяся впоследствии хозяйственная политика не способствовала развитию кадастровых работ в России. Но в 1962 г. Правительство СССР одобрило и приняло предложение землеустроителей и других специалистов о создании государственного земельного кадастра, включающего экономическую оценку земель.

В 1977 г. было принято постановление Совета Министров СССР «О порядке ведения государственного земельного кадастра». Исключительно важное значение для правильной постановки учета земель имеет планово-картографическим документам земельного кадастра. Но наличие городского кадастра до недавнего времени просто игнорировалось.

Для отечественного опыта городского кадастра особую озабоченность вызывает организационно-экономическая неупорядоченность работ его создания и ведения:

- отсутствие взаимоувязанности информационного обеспечения на всех уровнях управления городом;
- ведомственный характер содержания и низкий коэффициент его использования для решения комплексных инженерных задач.

Особенно актуальной является проблема совершенствования учета городских земель с целью их рационального использования. Осуществление комплексной экономической оценки городских земель невозможно без достоверной и полной информации о хозяйственном, правовом и экономическом состоянии участков и объектов городской среды, расположенных на городской территории.

В настоящее время отчетность о распределении городских угодий по видам имеет приближенный характер, не отражает действительного положения в использовании земель. Система учета основана на ручном примитивном способе. И хотя внедрение ЭВМ обеспечивает обработку данных, без коренного изменения системы учета и оценки объектов городской среды серьезного улучшения положения добиться невозможно.

Существенное значение в налаживании системы экономической оценки земель, их учета и рационального использования имеют полнота, наглядность и достоверность планово-картографического материала городского кадастра и прежде всего геодезическая основа, которой принадлежит одна из ведущих

ролей для пространственной привязки объектов городского кадастра. Без геодезической основы невозможно осуществить картографирование городской территории для целей кадастра, определить точные данные о площадях земельных участков, оценить состояние объектов городского хозяйства в процессе эксплуатации.

Анализ материалов геодезической основы выявил следующие недостатки:

- плотность пунктов геодезической основы почти в три раза реже, чем следует по нормам – сейчас 1 пункт на 5...12/км², а надо на 15...36/км²;
- схемы всех без исключения геодезических сетей в городах имеют многоступенчатое построение (число ступеней от трех до семи), это приводит к неточностям и сложностям при обобщении;
- средний срок службы геодезических пунктов в городах 3...4 года, что приводит к их неоднократному восстановлению, отсюда неточности, теряется точностная связь между элементами капитальной застройки и пунктами восстанавливаемой геодезической основы.

Особенно сложное положение с обеспеченностью материалов съемки подземных коммуникаций. Если обеспеченность топографическими планами 1:500 и 1:2000 составляет около 80%, то обеспеченность материалов съемки подземных коммуникаций – только 20–25%.

Недостаточно информации и о геологической среде города (гидрологической, инженерно-геологической и др.).

Городской кадастр должен включать три основных раздела: земли; здания и сооружения; подземные коммуникации.

8.2. Системный подход к описанию городского кадастра

Отсутствие комплексности информации об объектах и явлениях городской среды вызывает необходимость создания целостной системы обеспечения города комплексной информацией о городской территории. Городской кадастр обладает всеми системными признаками: структурой (планово-картографический материал, количественные и качественные характеристики и др.) и отношениями (упорядоченностью элементов, взаимосвязью, условными кодами).

Система городского кадастра – это совокупность элементов городского кадастра с происходящими в них процессами преобразования данных в кадастровую информацию.

Внутреннее устройство системы может быть представлено в виде черного ящика (рис. 35), где A – результаты взаимодействия человека и природной среды в пределах городской территории; B – упорядоченная кадастровая информация. Эта упрощенная модель отражает два важнейших свойства системы – целостность и обособленность.



Рис. 35

Система должна выполнять заказы заданного содержания в любой момент времени и в требуемые сроки. Обязательные требования к системе городского кадастра:

- непрерывность обновления данных во времени;
- обязательное соблюдение сроков выполнения заказов;
- полнота содержания материалов;
- требования к точности измерений.

Существование и развитие кадастра (K) регулируется воздействием среды (G), т.е. приводит к изменениям в (K). В свою очередь система (K) не остается пассивной по отношению к городской среде, а воздействует на нее. Так, если (K) не может обслужить поступающие заказы (G), это приводит к отрицательным явлениям: задерживается начало проектирования и строительства, срываются сроки ввода объектов в эксплуатацию и т.д. Если же (K) обеспечивает заказы (G), то имеют место положительные явления. Так как система (K) подвержена влиянию очень многих, в том числе изменяющихся, факторов, то она перестает быть статической, а становится динамической (K) \rightarrow $K(t)$.

Системный анализ свойств (K) и исследования системной целостности кадастровой информации процессов ее преобразования позволяет

рассматривать их в виде цельной системы кадастрового обеспечения, для которого можно сформулировать основные системные принципы.

1. Совокупность сведений об объектах и явлениях городской среды и происходящие в них процессы представляют собой сложную динамическую систему $K(t)$, характеризующуюся структурой, поведением и функциями.

2. Для (K) существует другая система $(Г)$ (городского хозяйства или города), рассматриваемая как среда.

3. Между $(Г)$ и (K) существуют обменные циклы. Система (K) существует и развивается благодаря обменным циклам.

4. Целенаправленное управление (U) системами (K) определяет ограниченное многообразие ее поведений.

Из общественных свойств системы (K) , ее отношения с городской средой возникает следующее определение: система – это совокупность взаимоувязанных подсистем и процессов в них, направленных на полное удовлетворение потребностей городского хозяйства в кадастровой информации о состоянии и изменениях объектов и явлений городской среды. С позиции теории множеств

$$K = K(Q, R, P),$$

где Q – совокупность подсистем (объектов), представляющих кадастровую систему; R – отношения между подсистемами и городской средой; P – потребительские свойства элементов, формируемые требованиями городской среды.

Совокупность различных подсистем (земель, зданий и сооружений, улиц и дорог, инженерных сетей) образует систему городского кадастра тогда и только тогда, когда они обладают потребительскими свойствами P , заданными городской средой, и на них реализуются отношения R , выработанные между $(Г)$ и (K) .

Множественная теория упорядоченности сведений городского кадастра есть совокупность объектов и явлений A, B, C, \dots, F , составляющих городскую среду, и совокупность сведений о них, т.е. об их правовом, природном, хозяйственном и экономическом положении во времени и пространстве.

Требуется установить, каким образом необходимо упорядочить совокупность сведений об объектах и явлениях, чтобы они составляли городской кадастр. Задача упорядочения тесно связана с теорией множеств (рис. 36).

Широкий спектр хозяйственных, экономических, функциональных и других интересов субъекта, разнообразие его требований к точности, детальности, полноте сведений и различные условия их отображения обуславливают то, что городской кадастр представляет собой значительную по объему, разную по содержательности и формам отображения совокупность сведений, и поэтому ее упорядоченность особенно актуальна. Для того чтобы из неупорядоченного множества G образовать упорядоченное множество \tilde{G} , необходимо проанализировать свойства всех объектов и явлений городской среды и выяснить, как образуются подмножества $A, B \dots$ и что они собой представляют.

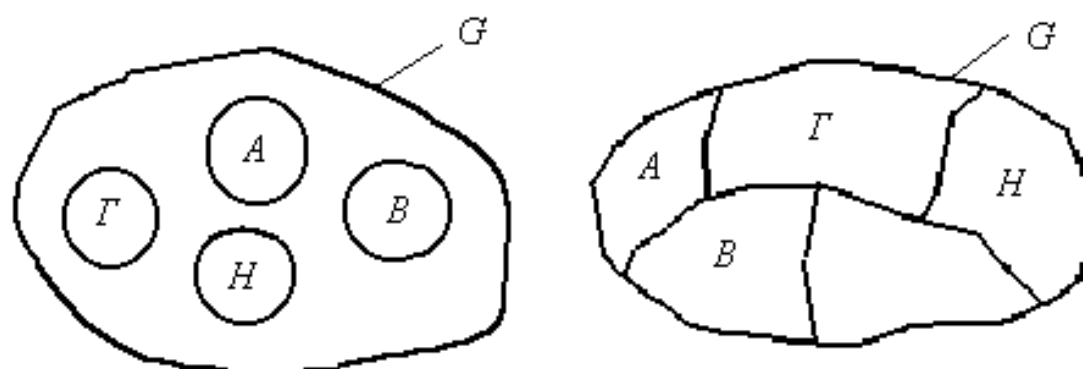


Рис. 36

Для образования городского кадастра необходимо из всей совокупности сведений об объектах и явлениях выделить эквивалентные подмножества и на основе анализа сведений каждого установить их однозначное соответствие путем выделения равных в количественном и качественном отношениях сведений.

Всю совокупность сведений следует разбить на эквивалентные группы по числу сведений. Эквивалентные группы сведений могут образовываться только для однотипных объектов и явлений городской среды, обладающих одними и теми же свойствами. Таких явлений и объектов, реально существующих в городской среде и обладающих свойствами природного, правового, хозяйственного, экономического характера не так уж много. Это прежде всего природные (земля, вода, леса, грунты); инженерная инфраструктура (здания и сооружения, улицы и дороги, подземные коммуникации и явления); социальные (жилье, культура, медицина, экология); экономические (промышленность, строительство); правоохранительные (милиция, ГИБДД); коммерческие (торговля, общественное питание); управление развитием и

функционированием (учет, анализ и т. д.). Пример структуры городского кадастра приведен на рис. 37.



Рис. 37

Городской кадастр может быть представлен в виде строго определенных эквивалентных (хотя бы по одному сведению) подмножеств. Неупорядоченные сведения – еще не кадастр, а совокупность сведений.

Рациональнее всего упорядочить кадастр относительно подмножества городских земель A . Упорядочение множества G относительно подмножества городских земель A позволяет:

1) избежать дублирования, перекрытий и пропусков сведений о всех без исключения объектах и явлениях городской среды, имеющих отношение к пространственному базису;

2) осуществлять оперативное внесение изменений отдельных сведений при их хранении.

Ключевое значение в городском кадастре имеют «чистые» данные – область сведений, характеризующая геометрические свойства объектов. В составе городского кадастра выделена отдельная группа – планово-картографического материала. Сведения, включенные в содержание одного объекта, не должны дублироваться и повторяться в другом, но в то же время

должны легко объединяться в область сведений конкретного характера или группы. Такое единство достигается за счет строгого и четкого структурного деления городской территории в административно-территориальном отношении в пределах городской черты, а также за счет единой системы координат и высот.

Наиболее рациональным признано структурное деление городской территории в административно-территориальном отношении на учетные единицы, представляющие собой неделимые части городской территории, покрывающие ее без перекрытий и разрывов в плане.

8.3. Учетные единицы городского кадастра

Учетные единицы могут образовывать территориальные и административные структуры городской территории более высокого уровня: кварталы, секции, микрорайоны, районы, имеющие как административные границы, так и условные (зоны отдыха, больничный городок). В качестве таких учетных единиц, принятых в городском кадастре, выступают: кадастровый участок, отрезок улицы, перекресток (площадь).

Кадастровый участок – часть городской территории с однородными показателями правового, природного и экономического характера, переданная во временное (вечное) пользование, аренду или владение юридическому или физическому лицу, которое осуществляет в его границах хозяйственную или социальную деятельность.

Отрезок улицы – часть городской территории в пределах красных линий застройки, ограниченная двумя перекрестками. Красная линия – линия, устанавливающая внешние границы частных и общественных площадей, служащих для целей движения пешеходов и транспорта (строительство может осуществляться как по красным линиям, так и с отступом от них в глубину квартала).

Перекресток – часть городской территории, образующаяся в пересечении двух или более улиц, переулков, автомобильных и железных дорог (в пределах городской черты).

Выделенные три учетные единицы городского кадастра представляют самый низший уровень формирования городской территории и являются основными единицами, в пределах которых формируются сведения об объектах кадастра. Учетные единицы кодируются, кодируются также и объекты.

Наличие кодов и у учетных единиц, и у объектов дает возможность предусмотреть два входа: а) через учетный участок; б) через объект.

Коды служат единственными средствами связи между различными объектами и явлениями на низшем уровне формирования городского кадастра, а также между объектами кадастра на более высоких уровнях иерархической структуры административно-территориального деления города (секции, квартала, района, на всей городской территории), так как координатная привязка не всегда может обеспечить связь между объектами и данными о них в тех случаях, когда переход от низших к более высоким уровням требует генерализации (обобщения) картографического отображения данных кадастра.

В бóльшей степени это относится к планово-картографическим материалам, картографическое отображение которых при переходе от уровня к уровню неадекватно процессу генерализации содержания карт – от крупного масштаба к более мелкому в топографии. Так, например, планово-картографический материал кадастра уличного движения крупного города составляют в М 1:10 000, на нем должны быть отображены все без исключения проезды. На топографических планах этого масштаба, составленных согласно требованиям нормативно-технических документов Госгеодезии РФ, большая часть проездов, изображенная на планах М 1:500, при генерализации исчезает, вследствие чего теряется возможность координации связи. Восстановить эту связь можно, но для этого необходимо возвращаться к топографическим планам М 1:500, т.е. решать задачу связи на двух масштабах топографических документов – 1:500 и 1:10 000. Это неудобно, в то же время на плане 1:10 000 места для обозначения всех проездов достаточно, но оно занято другой информацией. Даже если места и недостаточно, то можно изобразить проезды немасштабно, но с полным указанием их названий или кодов, в результате чего сохраняется кодовая связь объектов кадастра.

В кодовой структуре коды объектов и учетных единиц городского кадастра представлены наиболее низким уровнем структуры и являются первичными данными для ее формирования. Кодовая структура данных городского кадастра обуславливает возможность разделения содержания кадастровых данных на соответствующие уровни в зависимости от решаемых задач:

- общий – для решения общегородских задач;
- объектный – характеризующий состояние объектов для решения задач в рамках отдельных кадастров;

- детальный – отражающий состояние отдельных элементов различных объектов.

9. МЕТОДИЧЕСКОЕ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ СИСТЕМЫ ГОРОДСКОГО КАДАСТРА

9.1. Общие положения

Методическое обеспечение – составная часть общесистемной документации системы государственного городского кадастра, включающая в себя:

- а) структуру и содержание материалов государственного кадастра, их вид и формы представления;
- б) требования к точности производства измерений и обработки;
- в) правила учета, систематизации, хранения и выдачи кадастровых данных.

Создание и ведение системы городского кадастра включает: сбор, обработку, учет, хранение, обновление и выдачу кадастровой информации. Многосодержательное и многоцелевое назначение кадастровых данных существенно влияет на формирование структуры системы, определяя необходимость выделения в ней отдельных подсистем на основе упорядоченных кадастровых сведений об объектах и явлениях.

Рассматривая всю совокупность действий системы по созданию конечного продукта в виде упорядоченной совокупности информации об объектах и явлениях городской среды с точки зрения технологичности можно выделить две совокупности технологических операций, в результате выполнения которых можно получить промежуточный или окончательный материал.

СЪЕМКА, включающая операции сбора и обработки данных формирования материала об учетных единицах кадастра (кадастровый участок; отрезок улицы; перекресток). В результате создается информационная модель в виде таблиц, ведомостей, реестров планово-картографического материала, отражающая количественные и качественные кадастровые свойства объектов и явлений. Здесь же выполняется структуризация городской территории (выделение учетных единиц и элементов территориально-архитектурной

структуры города), регистрация пользователей данной учетной единицы (первичного, вторичного арендатора, владельца), количественный учет (площадь, размеры, число входящих единиц), качественная оценка (материал, состояние, год начала эксплуатации, физико-химический состав и т.д.), экономическая оценка (стоимость).

БАНК, где предполагается систематизация, хранение, формирование информационных моделей кадастра объектов и явлений, их анализ.

Итогом является *ВЫДАЧА ИНФОРМАЦИИ* по запросам.

Окончательная продукция системы «городской кадастр» является многоцелевой и служит информационным базисом для решения следующих задач:

- научно обоснованного перспективного и оперативного планирования развития города и его отдельных территорий;
- оптимального проектирования объектов промышленного и гражданского назначения на территории города;
- изучения состояния экологических, геологических и социально-экономических условий территорий и их экономической оценки;
- совершенствования учета и рационального использования ресурсов городских земель, жилого фонда и т.п.;
- введения нормативов платы за пользование природными ресурсами (земля, вода) и за загрязнение окружающей среды;
- осуществления рациональной эксплуатации инженерных сетей и других объектов городского хозяйства;
- проведения природоохранных мероприятий на территории города;
- охраны прав землепользователей, арендаторов и владельцев.

Хозяйственная деятельность городского кадастра осуществляется на принципах хозрасчета. Система городского кадастра обеспечивает предоставление кадастровой информации организациям, органам управления городом, отдельным лицам по договорным ценам.

Созданию городского кадастра должен предшествовать подготовительный этап. В технологическом аспекте создание системы должно опираться на прогрессивные методы сбора, обработки и преобразования данных, использование современных технических средств измерения и ЭВМ.

Основной метод сбора кадастровой информации – метод дигитализации (оцифровки) имеющихся топографических и специальных планов и карт.

Недостающую кадастровую информацию об объектах и явлениях городской среды собирают методами кадастровой съемки, инвентаризации, обследования.

Кадастровую съемку выполняют с использованием горизонтальной, мензульной, тахеометрической съемок. Преимущество отдается современным способам съемки с применением электронных тахеометров, аэрофотограмметрическим методам.

Методы аэрофототопографической съемки используют в основном для формирования кадастра при отсутствии достаточного числа планово-картографических материалов для городской территории. Кроме того, материалы аэрофотосъемки (преимущественно спектральной) используют для сбора специальной информации (состояние зеленых насаждений, высота сооружений и т.д.).

Наиболее перспективное направление в технологии сбора информации при формировании городского кадастра – метод совместного использования материалов аэрофотосъемки и наземной съемки с применением электронных тахеометров с точек, координаты которых определены фотограмметрическим методом.

Большое значение для получения кадастровых данных имеют обследование и инвентаризация объектов городского хозяйства. Информацию, полученную по материалам съемок, обследования и инвентаризации, обрабатывают на ЭВМ, редактируют на дисплее, приводят в единую систему координат, формируют соответствующий информационный файл для объединения в базы данных кадастрового банка, который должен обеспечивать целостность и сохранность материалов, возможность доступа, открытость для расширения информации.

9.2. Содержание материалов и документов городского кадастра

Кадастровые данные подразделяются на общие, характеризующие территориально-планировочную структуру города (название, границы, коды городов, районов, секций, кадастровых участков, улиц, отрезков улиц, площадей и перекрестков) и специфические по объектам и явлениям (городские земли, водные поверхности; грунты; зеленые насаждения, здания и сооружения; инженерные коммуникации; улицы и дороги; медицина; экология; сфера обслуживания; население).

Материалы городского кадастра целесообразно разделять по методам отображения кадастровых данных. Материалы, полученные в результате

строгих методов отображения данных, определяют как планово-картографические, все остальные, полученные нестрогими методами, – как документы.

Кадастровый земельный участок – часть земной поверхности, ограниченная со всех сторон установленной в кадастре недвижимостей пограничной линией и обозначенная номером.

Планово-картографические материалы городского кадастра используют для решения следующих задач:

- производства графических измерений и расчетов, связанных с планированием, прогнозом;
- выполнения графоаналитических расчетов при проектировании объектов промышленного и гражданского городского строительства;
- определения объемов земляных работ при строительстве и реконструкции объектов городского хозяйства графоаналитическими методами;
- установления границ землепользования, административных границ района, городской черты;
- определения площадей кадастровых участков и других учетных единиц;
- составления графических приложений к правовым и юридическим документам;
- планирования природоохранных мероприятий на территории города.

Содержание кадастровых документов определяется требованиями потребителей. Для установления характера документов и материалов принята следующая классификация:

- по источнику поступления – из каких организаций поступила;
- по содержанию – геодезическая, топографическая, картографическая, гидрологическая и т.д.;
- по видам объектов и явлений – городские земли, здания и сооружения, инженерные сети, геология, зеленые насаждения, экология;
- по форме представления – графическая, текстовая, алфавитно-цифровая;
- по сложности вопросов – простая, сложная, уникальная, массовая;
- по виду выдачи – подлинник, дубликат, копия, выкопировка;
- по степени режимности – общего пользования, служебная, секретная.

Требования к материалам и документам городского кадастра – точность, достоверность, наглядность, доступность и удобство восприятия.

Точность материалов и документов городского кадастра определяется многими критериями. Для планово-картографических материалов – масштабом

кадастровых планов, средней квадратической ошибкой измерений. Для документов – средней квадратической ошибкой значений количественных характеристик (численность, жилая площадь и т.п.). Особое значение масштаба планово-картографического материала обусловлено прямой зависимостью трудоемкости создания планово-картографического материала от масштаба, стоимости работ, времени их выполнения. Увеличение масштаба приводит к удорожанию работ и увеличению сроков их выполнения. В качестве критерия точности планово-картографического материала принят базовый масштаб кадастровой съемки.

Кадастровая съемка – комплекс работ, выполняемых с целью получения информации о пространственном, юридическом, экономическом и физическом положении и состоянии элементов и объектов местности, в том числе земель, растительности, водного и воздушного бассейнов.

Базовый масштаб кадастровой съемки выражает требования к совокупности работ по сбору и обработке кадастровых данных, достаточных для их отображения в графическом виде и оптимально обеспечивающих составление планово-картографического материала кадастра в любом масштабе.

Рациональным базовым масштабом кадастровой съемки принят М 1:500, так как в процессе съемки именно этого масштаба можно получить данные, достаточные для составления топографических планов всего масштабного ряда, однако базовый масштаб кадастровой съемки не может служить критерием точности (как в топографии). Все материалы городского кадастра подвержены изменению, поэтому степень их соответствия фактическим размерам и состоянию объектов на момент выдачи потребителю должны удовлетворять требованиям достоверности, а именно: надо соблюдать сроки старения планово-картографического материала. Установленное время действия кадастровых материалов обеспечивается путем их постоянного обновления.

9.3. Содержание планово-картографического материала

Особенность содержания планово-картографического материала заключается в том, что он является пространственным базисом, обеспечивающим планово-высотную связь данных об объектах и явлениях городской среды на всех уровнях структуры городского кадастра. Содержание планово-картографического материала отражается на кадастровых планах.

Исходным условием сбора кадастровых данных для создания планово-картографического материала является объектный уровень.

Кадастровые планы М 1:500 составляются по объектам городского хозяйства на территории учетных единиц кадастра: кадастрового участка, отрезка улицы, перекрестка. На них условными знаками изображают границы города, района, учетных единиц, их коды и те элементы, которые присущи данному объекту.

Кадастровые планы в М 1:500 городских земель выполняют только по угодьям, для инженерных сетей – отдельно по каждому виду инженерных коммуникаций. Кадастровые планы зданий и сооружений в М 1:500 не создают, но создают кадастровые поэтажные планы в М 1:100.

Из кадастровых планов М 1:500 наиболее насыщенными являются планы инженерных коммуникаций. Кроме обязательной информации (границы города, района, секций, учетных единиц и их коды), кадастровые планы инженерных сетей содержат информацию о названии улиц, элементах гидрографии, железных дорогах, зданиях и сооружениях, а также о назначении сетей, их элементах, материале и т.д. В М 1:500–1:2000 создают кадастровые планы секций. Кадастровые планы и карты М 1:5000–1:10 000 выполняют в единой системе кодирования с отображением названий кодов, границ города, районов, улиц, смежных землевладений, элементов гидрографии, железных дорог. В некоторых случаях кадастровые планы этих масштабов создаются как обзорно-справочные.

Кадастровые планы обзорно-справочного характера зданий и сооружений в М 1:10 000 составляют по их назначению. Так, на кадастровый план общественных зданий и сооружений города (района) в М 1:10 000 наносят: коды улиц, контуры зданий и сооружений с кодом, характеризующим вид и назначение зданий и сооружений согласно классификаторам. Проект границ города составляют на основе планово-картографических, землеустроительных, лесоустроительных и других материалов: для крупных городов в масштабе 1:50 000; для городов площадью 50–100 км² в масштабе 1:25 000 – 1:10 000, для городов площадью менее 50 км² на планах в масштабах крупнее 1:10 000.

Для вынесения на местность проекта границ города составляется разбивочный чертеж. Границы проекта выносят геодезическими методами, обеспечивающими точность взаимного положения поворотных точек не ниже 1:5000. Городскую черту закрепляют на местности постоянными знаками (межевыми столбами) через 200 м в пределах прямой видимости. На

разбивочном чертеже указывают измеренные дирекционные направления, а под ними – расстояния в метрах. Районы, секции города кодируют на картах и планах сверху вниз, слева направо. Кадастровые карты и планы печатаются в четыре краски: черной – рамка, элементы контуров, подписи, зарамочное оформление, сеть теплофикации, границы; зеленой – сеть водопровода; коричневой – сеть канализации; синей – газоснабжение.

9.4. Кадастр городских земель

Кадастр городских земель наиболее полно разработан и является связующей частью и основой для всего городского кадастра. Кадастр городских земель – это совокупность достоверных и необходимых сведений о городских землях с официальным указателем земельных участков, представленная в виде книги, картотеки или автоматизированной базы данных и содержащая как минимум обозначение участков, их описание, данные о владельцах. Кадастр городских земель Санкт-Петербурга называется «Государственный земельный кадастр Санкт-Петербурга».

Для формирования кадастра городских земель необходимы следующие сведения.

1. Общие сведения – список районов города, список улиц, список и число площадей и перекрестков, число отрезков улиц.

2. Сведения о пользователях и распределении городских земель:

- по землевладельцам;
- по землепользователям;
- по арендаторам;
- по кадастровым участкам;
- по вторичным землевладениям (землепользованиям) и арендованным участкам;
- по угодьям на кадастровые участки, отрезки улиц, перекрестки, площади;
- по землям ограниченного пользования;
- по предприятиям, вызывающим ограничения пользования.

База данных кадастра городских земель является основной и связующей базой данных городского кадастра.

Все земельные участки разбивают по угодьям. Под земельным угодьем понимается территория (участок землепользования), систематически используемая для конкретных хозяйственных целей и обладающая

определенным свойством. Угодье может включать в себя несколько контуров. Под контуром следует понимать территорию, состоящую из однородного угодья, имеющую замкнутую границу и определенное хозяйственное значение. Контур выступает в качестве первичного учетного элемента в кадастре. Различают восемь видов угодий, каждому из которых присвоено свое наименование и номер.

1. Постройка – 100...108 (жилое здание ... другие виды).

2. Покрытая территория – 200...207 (проезжая часть ... хозяйственная площадка).

3. Инженерное сооружение – 300...306 (выход подземной коммуникации ... колодец, колонка).

4. Зеленые насаждения – 400...405 (деревья фруктовые ... газон с деревьями).

5. Непокрытая территория – 500...507 (детская площадка ... отвал).

6. Водная поверхность – 600...607 (река ... арык).

7. Ограждения – 700...701 (забор ... ограда).

8. Сельскохозяйственные территории – 800...807 (пашня ... сенокос).

Пример: код 202, т.е. 2 – покрытая территория; 202 – тротуар.

Первые 7 видов угодий – селитебные земли.

Территорию города делят на следующие структурно-территориальные единицы: районы, секции, улицы, перекрестки (площади).

Код кадастрового участка состоит из кода состава городских земель, кода типа территории, номера секции. В номер кадастрового участка в секции входят два знака.

Код отрезка улицы состоит из кода состава городских земель, кода типа территории, кода функционального назначения территории, кода улиц, номера отрезка улиц.

Код перекрестка складывается из кода по классификатору (три знака), номера перекрестка в границах города.

Код городского угодья состоит из кода по классификатору (три знака), номера угодья в кадастровом участке (один знак).

Каждый вид городской территории делится на более мелкие.

Классификатор городских угодий построен так, что каждому виду угодья присвоена соответствующая цифра.

Кодовое обозначение городской территории включает четыре цифровых знака, расположенных в следующей последовательности:

один знак – код состава городских земель;
один знак – код типа городской территории;
два знака – код функционального назначения территории.

Если земельный участок предназначен для сельскохозяйственного производства, то выполняется производственно-генетическая классификация земель и бонитировка почвы. Если земельный участок предназначен для строительства и эксплуатации объектов городского хозяйства, то дается инженерно-строительная оценка.

При количественной оценке участков земель очень важно обоснование точности определения площадей участков землепользования и землевладения. Точность кадастровых данных важна чрезвычайно, особенно для ценных городских земель в центре города.

При формировании базы данных нужно исходить из оптимального соотношения ошибки в оценивании участка, вызванной погрешностями в определении площади этого участка, и затрат на сбор информации

$$m_p = m_t \sqrt{P},$$

где m_p – средняя квадратическая погрешность определения площади;

$m_t = \sqrt{m_x^2 + m_y^2}$ – средняя квадратическая погрешность определения положения

контурных точек. Если $m_x = m_y = m_o$, то $m_t = m_o \sqrt{2}$, и при $m_o = m_k \sqrt{\frac{2000}{M}}$,

$m_k = 0.18$ мм.

При определении площади городских земель надо исходить из принципа «от общего к частному», т.е. от общей площади в пределах городской черты, состоящей из площадей городских районов, которые разбивают на территории секций, отрезков, улиц, площадей и перекрестков и, в конечном счете, на участки землепользования (землевладения).

Площадь города определяют аналитическим способом по имеющимся геодезическим координатам граничных столбов, закрепленных на местности и обозначающих городскую черту. Точность определения координат граничных столбов соответствует точности определения пунктов полигонометрии 2-го разряда.

Аналогично вычисляют площади городских районов и увязывают их с общей площадью городской территории. Невязка $\Delta P(\text{га}) = \sum_{i=1}^n P_i - P$, где n – число входящих в город районов.

Создавать городской кадастр наиболее рационально путем организации автоматизированной информационной системы – АИС ГК, которая содержит три подсистемы:

- 1) съемки (сбор, обработка, формирование первичной модели объектов кадастра);
- 2) банк данных;
- 3) подготовки информации для выдачи по запросам потребителя.

Информацию в АИС ГК предусмотрено собирать различными способами: традиционными методами наземной топографической съемки, наземной стереотопографической и панорамной съемки, аэрофотосъемки (обычной и спектральнозональной), путем обследования, обмеров и инвентаризации объектов, дигитализации.

Существующие планы и карты (крупномасштабные) можно обрабатывать методом дигитализации или сканирования с дальнейшим редактированием на ЭВМ. Наиболее прогрессивный метод съемки – тахеометрическая с помощью электронного тахеометра типа ТА-3М с передачей и обработкой информации на ЭВМ.

Аэрофототопографический метод наиболее рационален и рентабелен только для создания карт и планов М 1:10 000...1:2000, для более крупных масштабов следует применять наземные методы съемки.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Маслов А.В., Юнусов А.Г., Горохов Г.И.** Геодезические работы при землеустройстве. М.: Недра, 1990.
2. **Гладкий В.А., Спиридонов В.А.** Городской кадастр и его картографо-геодезическое обеспечение. М.: Недра, 1992.
3. **Багратуни Г.В.** и др. Инженерная геодезия. М.: Недра, 1984.
4. **Батраков Ю.Г.** Геодезия. М.: Недра, 1990.
5. Инженерная геодезия в строительстве. М.: Высш. шк., 1984.
6. **Курочев Г.Д., Смирнов Л.Е.** Основы геодезии и картографии: Учеб. пособие. СПб.: Изд-во СПбГУ, 1994.
7. Инструкция по топографической съемке в масштабах 1:5000, 1:2000, 1:1000 и 1:500. М.: Недра, 1985.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение	3
1. Геодезические работы, проводимые при землеустройстве	4
1.1. Значение топографо-геодезических изысканий	4
1.2. Землеустроительный проект	5
1.3. Виды геодезических работ	5
1.4. Геодезические сети	6
1.5. Восстановление и съемка границ землепользования (землевладения)	8
2. Характеристика качества планово-картографического материала	14
2.1. Виды планово-картографических материалов	14
2.2. Детальность, полнота и точность планово-картографического материала	15
2.3. Точность положения контурных точек на планах	16
2.4. Точность изображения расстояний	16
2.5. Точность направлений и углов	17
2.6. Точность определения площадей контуров	18
2.7. Особенности расчета точности расстояний, направлений, углов и площадей на фотоплане	19
2.8. Точность превышений и уклонов	20
2.9. Искажение линий и площадей в проекции Гаусса–Крюгера	21
2.10. Деформация плана и ее учет при планометрических работах	22
3. Корректировка и обновление планово-картографического материала	23
3.1. Старение планово-картографического материала. Факторы, влияющие на скорость старения	23
3.2. Показатели старения планов. Периоды обновления планов и карт ..	24
3.3. Корректировка планов и ее точность	26
3.4. Организация и содержание работы по корректировке планов	27
3.5. Методы съемок при корректировке планов земель	28
3.6. Корректировка планов с использованием контурных точек в качестве опорных	29
4. Способы определения площадей при землеустройстве	35
4.1. Характеристика способов определения площадей землепользования и землевладений	35
4.2. Аналитический способ	36
4.3. Графический способ	37
4.4. Вычисление площадей с помощью палетки	39

4.5.	Точность вычисления площадей графическим способом и с помощью палетки	40
4.6.	Механический способ определения площадей	41
4.7.	Определение площади по способу Савича	42
4.8.	Точность определения площади планиметром	44
4.9.	Практика определения и уравнивания площадей	44
5.	Методы и приемы проектирования участков	46
5.1.	Стадии, способы и правила составления проектов землеустройства	47
5.2.	Требования к точности площадей, расположения границ проектируемых участков и определения уклонов	48
5.3.	Аналитический способ проектирования участков и его точность . . .	50
5.4.	Графический способ проектирования участков и его точность	53
5.5.	Проектирование участков механическим способом	55
5.6.	Особенности проектирования полей в условиях мелкой контурности	56
5.7.	Спряmlение границ участков	57
6.	Перенесение проектов землеустройства на местность	60
6.1.	Сущность и методы перенесения проектов в натуру	60
6.2.	Подготовительные работы при перенесении проекта в натуру	62
6.3.	Составление разбивочного чертежа	64
6.4.	Метод промеров	65
6.5.	Угломерный метод	67
6.6.	Углоначертательный способ (мензула)	70
6.7.	Особенности перенесения проекта в натуру по материалам фотосъемок	72
7.	Точность площадей участков, перенесенных в натуру	78
8.	Понятие о городском кадастре	82
8.1.	Общие положения	82
8.2.	Системный подход к описанию городского кадастра	86
8.3.	Учетные единицы городского кадастра	91
9.	Методическое и технологическое обеспечение системы городского кадастра	93
9.1.	Общие положения	93
9.2.	Содержание материалов и документов городского кадастра	95
9.3.	Содержание планово-картографического материала	99
9.4.	Кадастр городских земель	99
	Список литературы	102

ЕРМАКОВ Владимир Степанович
ЗАГРЯДСКАЯ Наталия Николаевна
МИХАЛЕНКО Евгений Борисович
БЕЛЯЕВ Николай Дмитриевич

ИНЖЕНЕРНАЯ ГЕОДЕЗИЯ
ЗЕМЛЕУСТРОЙСТВО
Учебное пособие

Редактор *О.К. Чеботарева*
Технический редактор *А.И. Колодяжная*
Оригинал-макет подготовлен авторами
Директор Издательства СПбГТУ *А.В. Иванов*

Свод. темплан 2001 г.
Лицензия ЛР № 020593 от 07.08.97

Подписано в печать .01. Формат 60x84 1/16.
Печать офсетная. Усл. печ. л. . Уч.-изд. л. . Тираж . Заказ .
С 104

Санкт-Петербургский государственный технический университет.
Издательство СПбГТУ, член Издательско-полиграфической ассоциации вузов Санкт-Петербурга.
Адрес университета и издательства: 195251, Санкт-Петербург, Политехническая, 29.