

Документ подписан простой электронной подписью

Информация о владельце:

ФИО: Комин Андрей Эдуардович

Должность: ректор

Дата подписания: 26.01.2019 08:21:22

Уникальный программный ключ:

f6c6d686f0c899fdf76a1ed8b448452ab8cac6fb1af6547b6d40cdf1bdc60ae2

Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Приморская государственная сельскохозяйственная академия»  
Институт землеустройства и агротехнологий

Пшеничная Н.Н.

## ГЕОДЕЗИЧЕСКИЕ РАБОТЫ ПРИ ЗЕМЛЕУСТРОЙСТВЕ

Учебное пособие

для обучающихся направления подготовки

21.03.02 Землеустройство и кадастры

ФГБОУ ВО Приморская ГСХА

Уссурийск 2015

УДК 528

ББК 26.1

Г 354

Рецензенты: Ю.В. Ручкина, кадастровый инженер, директор ООО «Кадастровый Сервис»

В.Н. Децик, профессор кафедры водоснабжения и водоотведения, доцент, кандидат географических наук

Геодезические работы при землеустройстве: учебное пособие для обучающихся направления подготовки 21.03.02 Землеустройство и кадастры ФГБОУ ВО Приморская ГСХА / ФГБОУ ВО Приморская ГСХА; сост. Н.Н. Пшеничная. – Уссурийск, 2015. – 98 с.

В пособие изложены основные положения по геодезическим работам при землеустройстве, даны системы координат и способы преобразования координат. Рассмотрены исходная геодезическая основа, планово-картографический материал используемый при геодезических работах, а также способы и приемы проектирования, перенесение в натуру и определения площадей земельных участков, особенности определения площади участка по плану электронным планиметром.

Учебное пособие состоит из лекционного материала и вопросов для самостоятельного изучения.

Издается по решению методического совета ФГБОУ ВО Приморская ГСХА

© Пшеничная Н.Н., 2015

© ФГБОУ ВО Приморская ГСХА, 2015

## Оглавление

Введение	5
1 Роль и содержание геодезических работ при землеустройстве	6
1.1 Значение геодезических обследований и изысканий при землеустройстве	6
1.2 Виды геодезических работ при землеустройстве	8
1.3. Учреждения, проводящие геодезические работы при землеустройстве	9
1.4 Объекты проектирования. Требования к точности геодезических работ при землеустройстве	11
2 Исходная геодезическая основа для выполнения земельно-кадастровых работ	14
2.1 Системы координат, применяемые при геодезических работах	14
2.2 Понятие о геодезической сети. ГГС	19
2.3 ОМС. Межевые съемочные сети	22
2.4 Восстановление и съемка границ землепользования	28
3. Характеристика качества планово-картографических материалов	32
3.1 Виды планово-картографических материалов	32
3.2 Понятие о детальности, полноте и точности планово-картографических материалов	34
3.3 Искажение линий и площадей в проекции Гаусса-Крюгера	37
3.4 Деформация плана и ее учет при планометрических работах	39
3.5 Корректировка планово-картографических материалов	40
4. Определение площадей при землеустройстве	46
4. 1 Характеристика способов определения площадей	46
4.2 Аналитический способ	48
4.3 Графический способ	51
4.4 Механический способ определения площадей	54

4.5 Особенности определения площади участка по плану электронным планиметром. Устройство планиметра	58
4.6 Определение площадей контуров ситуации, составление экспликации	61
5 Методы и приемы проектирования участков	65
5.1 Общие сведения о проектировании	65
5.2 Аналитический способ проектирования участков и его точность	67
5.3 Графический способ проектирования и его точность	71
5.4 Проектирование участков механическим способом	74
5.5 Спрямление границ участков	75
6 Перенесение проекта в натуру	81
6.1 Сущность и методы переноса проектов в натуру	81
6.2 Подготовительные работы при переносе проектов в натуру	84
6.3 Составление разбивочного чертежа для переноса проекта в натуру	87
6.4 Способы перенесения проектов в натуру	89
6.5 Внесение уточнений в проект и его оформление	93
Список использованной литературы	96

## 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 РОЛЬ И СОДЕРЖАНИЕ ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ РАБОТ ПРИ ЗЕМЛЕУСТРОЙСТВЕ

## 1.1 Значение геодезических обследований и изысканий при землеустройстве

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.

### *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 кадастра недвижимости, включающего данные регистрации землепользований и объектов недвижимости, учета количества и качества земель, бонитировки почв и экономической оценки земель.

Топографические карты и планы необходимы также для проектирования планировки и застройки сельских населенных пунктов.

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.

### *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.

## **1.2 Виды геодезических работ при землеустройстве**

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. Съёмки – 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

### **1.3. Учреждения, проводящие геодезические работы при землеустройстве**

Учреждения, проводящие геодезические работы при землеустройстве возглавляет Федеральная служба государственной регистрации, кадастра и картографии (Росреестр). Основными полномочиями Росреестра в области геодезии и картографии являются:

организация геодезических и картографических работ федерального назначения, лицензирование геодезической и картографической деятельности, государственный геодезический надзор.

Концепция развития отрасли геодезии и картографии до 2020 года, утвержденная распоряжением Правительства Российской Федерации от 17.12.2017 № 2378-р, предусматривает создание новой высокоэффективной системы геодезического обеспечения. Целью такого создания является повышение точности геодезических и картографических работ, эффективности геодезической и картографической деятельности, в том числе гидрографического обеспечения делимитации, демаркации и проверки прохождения линии Государственной границы Российской Федерации, создание федерального и муниципальных банков координат пунктов государственных и специальных сетей, развитие спутниковых методов и технологий позиционирования и интеграции системы «ГЛОНАСС» во все сферы экономики Российской Федерации.

При Росреестре имеется Центральный картографо-геодезический фонд, в котором сосредоточены все материалы картографо-геодезических работ, выполняемых на территории страны, и Инспекция государственного геодезического надзора (ИГГН), которая выдает разрешение на право производства топографо-геодезических работ, контролирует качество их выполнения, систематизирует материалы, служащие исходными данными (каталоги координат пунктов государственной геодезической сети).

АО «Роскартография» — российская государственная компания, образованная в соответствии с указом Президента Российской Федерации от 12 марта 2012 года № 296 в целях сохранения, развития и обеспечения эффективного использования научно-производственного потенциала унитарных предприятий, осуществляющих деятельность в

области геодезии и картографии, и удовлетворения потребностей Российской Федерации в картографической, навигационной и геодезической продукции.

Научные работы в области геодезии, аэрофотосъемки и картографии проводятся в Центральном научно-исследовательском институте геодезии, аэрофотосъемке и картографии (ЦНИИГАиК), Акционерное общество «Научно-исследовательский и производственный центр «Природа» (АО «НИиП центр «Природа»), а также на специальных кафедрах вузов. ЦНИИГАиК является ведущим отраслевым научно-исследовательским центром, где решаются основные проблемы геодезического производства, разрабатываются и внедряются новые методы и приборы. Геодезические работы для обеспечения землеустроительных мероприятий и Государственного земельного кадастра выполняют подразделения Федеральной службы земельного кадастра России (Росземкадастр), Всероссийский институт сельскохозяйственных аэрофотогеодезических изысканий (ВИСХАГИ), а также соответствующие службы региональных проектных институтов по землеустройству (гипроземов) и институтов мониторинга Земли, подчиненных «Росземкадастрсъемке».

#### **1.4 Объекты проектирования. Требования к точности геодезических работ при землеустройстве**

Каждое землеустроительное мероприятие и действие предъявляет свои требования к качеству, т. е. к точности, полноте и детальности топографических карт и планов, показатели качества определяют масштаб карты (плана) и высоту сечения рельефа, а масштаб карты и площадь, на которой выполняются топографо-геодезические работы, определяют виды и методы проведения этих работ.

Требования к точности топографических карт и планов предъявляются не только мероприятиями или действиями в целом, но и отдельными объектами, отображаемыми или проектируемыми на картах и планах в процессе проведения мероприятия или действия.

Особенно большое число объектов проектирования возникает при составлении землеустроительных проектов. Так, объектами проектирования при составлении проектов межхозяйственного землеустройства являются землепользования различных предприятий, учреждений и организаций, и границы этих землепользований. При составлении проектов внутрихозяйственной организации территории объектами проектирования являются участки, выделяемые для населенных пунктов, хозяйственных (производственных) центров, для отдельных угодий и севооборотов, полей севооборотов, лесные полосы, бригадные, гуртовые, пастбищеоборотные и другие участки, дороги, скотопрогоны и пр.

Требования к точности проектирования объектов обуславливают масштабы планов и карт, применяемых при землеустройстве. Так, для составления землеустроительных проектов готовят планы в масштабах обычно от 1:5000 до 1:25 000. При крупных работах по межхозяйственному землеустройству (переустройство землепользований в зонах крупных водохранилищ, каналов, ирригационных систем) иногда используют карты масштабов 1:50000 и 1:100 000.

С проведением внутрихозяйственного землеустройства тесно связаны работы по составлению проектов планировки сельских населенных пунктов, гидромелиоративных мероприятия (орошение, осушение), гидротехнических сооружений (водозадерживающие и водоотводящие валы, водосборные сооружения, пруды, террасирование склонов) и др.

Для составления этих проектов проводятся специальные изыскания и готовится геодезическая основа в виде планов более крупного масштаба (от 1:500 до 1:5 000).

Крупномасштабные планы применяются также для составления специальных проектов внутрихозяйственной организации территории садов, ягодников, виноградников, комплексных проектов мелиорации (орошения, осушения) и организации территории.

Карты и планы составляются на основе различного вида геодезических съемок, преимущественно аэрофотосъемок. 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 корректировки, в процессе которых вносят в существующие планы происходящие изменения в ситуации.

### **Вопросы для самостоятельного изучения**

1. Учет точности геодезических работ при землеустройстве.
2. Точность положения контурных точек на планах (картах).
3. Точность изображения расстояний на плане.
4. Точность направлений и углов, изображенных на плане.
5. Точность площадей контуров, изображаемых на плане.

## 2 ИСХОДНАЯ ГЕОДЕЗИЧЕСКАЯ ОСНОВА ДЛЯ ВЫПОЛНЕНИЯ ЗЕМЕЛЬНО-КАДАСТРОВЫХ РАБОТ

### 2.1 Системы координат, применяемые при геодезических работах

#### *Система геодезических параметров «Параметры Земли» (ПЗ)*

Для определения местности объектов на земной поверхности используют системы: пространственных прямоугольных координат; геодезических координат; плоских прямоугольных геодезических координат; нормальных высот. Эти системы координат связаны с системой геодезических параметров, называемой «Параметры Земли» (ПЗ). Она включает в себя: фундаментальные астрономические и геодезические постоянные; параметры общего земного эллипсоида; систему координат; характеристики модели гравитационного поля Земли; элементы трансформирования между ПЗ и национальной референцной системой координат. К системе ПЗ методологически обоснованно отнесены также детальные характеристики гравитационного поля в Мировом океане (высоты квазигеоида, аномалии силы тяжести и уклонения отвесных линий); карты высот квазигеоида над общим земным эллипсоидом и референц-эллипсоидом Красовского. Начальное положение координатных осей ПЗ устанавливали по результатам обширных многолетних астрономических и геодезических измерений и по мере их совершенствования на протяжении многих лет постоянно уточняли.

В России введена (в 1990 годы) система «Параметры Земли», (ПЗ-90), в которой местоположение точек земной поверхности могут быть получены в системе пространственных прямоугольных или геодезических координат. Отличия в системах геодезических

параметров ПЗ-90 и WGS- 84 объясняется использованием разных параметров земного эллипсоида и его ориентирования в теле Земли. Основные характеристики параметров земных эллипсоидов следующие:

Параметр	ПЗ-90	WGS-84
Большая полуось $a$ , м	6 378 136	6378137
Знаменатель сжатия	298, 257839	298, 257234

### *Пространственные прямоугольные координаты*

За начало координат в этой системе принимают центр общего земного эллипсоида  $O$ , совпадающий с центром масс Земли (геоцентрическая система координат). Ось  $OZ$  располагается по полярной оси эллипсоида  $P_1OP$  и направлена в Международное условное начало (МУН); ось  $OX$  - в плоскости экватора в меридиане  $PEP_1$ , который принимают за начальный; ось  $OY$  - в плоскости экватора, но в меридиане  $PKP_1$ , плоскость которого составляет с плоскостью начального меридиана угол  $90^\circ$ .

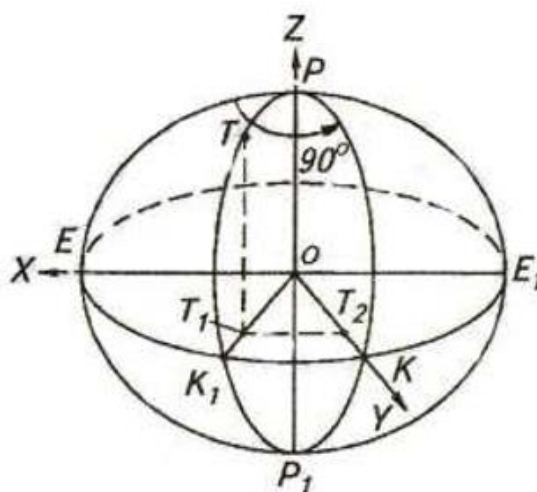


Рисунок 1 - Пространственные прямоугольные координаты

Положение точки  $T$  поверхности эллипсоида в системе пространственных прямоугольных координат определяется

координатами: абсциссой  $X_T=T_1T_2$ ; ординатой  $Y_T=OT_2$  и аппликатой  $Z_T=TT_1$ .

*Система геодезических параметров Земли «Мировая геодезическая система координатами МГС-84 (WGS-84)»*

Теоретическое задание системы геодезических параметров Земли «Мировая геодезическая система», в дальнейшем названная «WGS-84», построена на таких же принципах, как и система ПЗ-90. Вместе с тем, между ними имеются существенные различия: взаимное несоответствие их начал координат и направлений координатных осей. Так, на рисунке 2 показаны две системы пространственных прямоугольных координат: первая  $X_1, Y_1$  и  $Z_1$  с началом в точке  $O_1$  и вторая  $X_2, Y_2$  и  $Z_2$  в точке  $O_2$ .

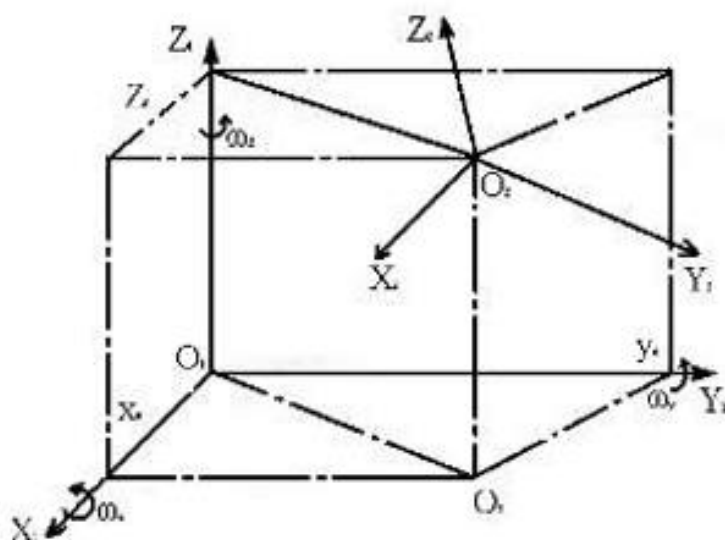


Рисунок 2 - Параметры связи двух пространственных систем  
прямоугольных координат

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



называют элементами трансформирования. Численные значения элементов трансформирования между системами координат равны:

$$X_0 = -1,08 \pm 0,2 \text{ м};$$

$$Y_0 = -0,27 \pm 0,2 \text{ м};$$

$$Z_0 = 0,9 \pm 0,3 \text{ м};$$

$$\Omega_x = 0''; \omega_y = 0''; \omega_z = (-0,16 \pm 0,01)''; m = (-0,12 \pm 0,6) \cdot 10^{-6}$$

### *Геодезическая система координат*

Геодезические (эллипсоидальные) координаты относятся к общеземному эллипсоиду (ОЗЭ), центр которого совпадает с центром масс Земли. Основными линиями ОЗЭ являются меридианы и параллели. Начальным меридианом является гринвический (нулевой) меридиан. Плоскость начального меридиана совпадает с плоскостью ZOX пространственной прямоугольной системы координат. Параллели лежат в плоскостях перпендикулярных малой оси эллипсоида. Линию пересечения эллипсоида с плоскостью проходящей через центр эллипсоида и перпендикулярной малой оси называют экватором. Положение точки относительно общеземного эллипсоида определяют её геодезические координаты: геодезическая широта  $B$ , геодезическая долгота  $L$  и геодезическая высота  $H$ .

### *Плоские прямоугольные геодезические координаты*

Для практического использования гораздо удобнее система плоских прямоугольных геодезических координат (в дальнейшем плоских прямоугольных координат). Такие координаты получают, если поверхность земного эллипсоида (референц-эллипсоида) и изобразить на плоскости по соответствующим математическим правилам, т.е. в какой-либо картографической проекции. В РФ для перехода от геодезических координат ( $B; L$ ) к плоским прямоугольным координатам

(X, Y) используют поперечную цилиндрическую равноугольную картографическую проекцию, называемую проекцией Гаусса-Крюгера, а систему координат в этой проекции - государственной.

### *Местные системы координат*

Для составления землеустроительных карт (планов), ведения кадастра недвижимости, определения координат точек границ земельных участков очень часто применяют местные системы координат, задаётся в пределах района, города территории кадастрового округа.

Местная система плоских прямоугольных координат является системой плоских прямоугольных геодезических координат с местными координатами сетками проекции Гаусса. Осевой меридиан местной системы координат, как правило, не совпадает с осевым меридианом шестиградусной зоны, поэтому в определении местной системы координат указана проекция Гаусса, а не Гаусса-Крюгера. При разработке местных систем координат используют параметры эллипсоида Красовского и применяют Балтийскую систему высот.

Местные системы координат имеют название. Названием систему может являться её номер, равный, на пример, коду (номеру) субъекта РФ или города, устанавливаемому в соответствии с «Общероссийским классификатором объектов административно - территориального деления». В каждой местной системе координат устанавливаются следующие параметры координатной сетки проекции Гаусса:

1. Долгота осевого меридиана первой зоны  $L_0$ ;
2. Число координатных зон  $N$ ;
3. Угол поворота осей координат местной системы относительно государственной в точке местного начала координат;

4. Масштаб местной системы координат относительно плоской прямоугольной системы геодезических координат;

5. Высота  $H_0$  поверхности (плоскости) принятой за исходную, к которой приведены измерения и координаты в местной системе;

6. Референц-эллипсоиду, к которому отнесены измерения в местной системе координат;

7. Соответствующие формулы преобразования плоских прямоугольных геодезических координат.

Совокупность указанных параметров называют ключом местной системы координат. Если в местной системе координат несколько координатных зон проекции Гаусса, то расстояние по долготе между соседними осевыми меридианами (ширина координатной зоны) составляет  $3^\circ$ .

Условное начало  $X_0 Y_0$  в местных системах координат выбирают так, чтобы координаты в пределах зоны были положительными. Каждая местная система координат имеет тесную связь с единой государственной системой плоских прямоугольных координат.

## **2.2 Понятие о геодезической сети. ГГС**

При проведении различных народнохозяйственных, в том числе и землеустроительных, мероприятий на большой территории необходимы топографические карты и планы, составленные на основе сети геодезических пунктов, плановое положение которых на земной поверхности определено в единой системе координат, а высотное — в единой системе высот. При этом геодезические сети могут быть плановыми, высотными или одновременно плановыми и высотными.

Сеть геодезических пунктов располагают на местности согласно составленному для нее проекту. Пункты сети закрепляют особыми знаками.

Построенная на большой территории в единой системе координат и высот геодезическая сеть дает возможность правильно организовать работу по съемке местности. При наличии такой сети съемку можно проводить в разных местах, что не вызовет затруднения при составлении общего плана или карты. Использование сети геодезических пунктов приводит к более равномерному распределению по территории влияния погрешностей измерений и обеспечивает контроль выполняемых геодезических работ.

Геодезические сети строят по принципу перехода от общего к частному, т. е. вначале на большой территории строят редкую сеть пунктов с очень высокой точностью, а затем эту сеть последовательно по ступеням сгущают пунктами, которые строят на каждой ступени с меньшей точностью. Таких ступеней сгущения бывает несколько. Сгущают геодезическую сеть с таким расчетом, чтобы в результате получилась сеть пунктов такой плотности (густоты) и точности, чтобы они могли служить непосредственной опорой для предстоящей съемки.

Плановые геодезические сети строят в основном методами триангуляции, полигонометрии и трилатерации. Иногда эти методы сочетают.

Метод *триангуляции* состоит в строительстве сети треугольников, в которых измеряют все углы и как минимум две стороны на разных концах сети (вторую сторону измеряют для контроля измерения первой стороны и установления качества всей сети) (рис. 3а).

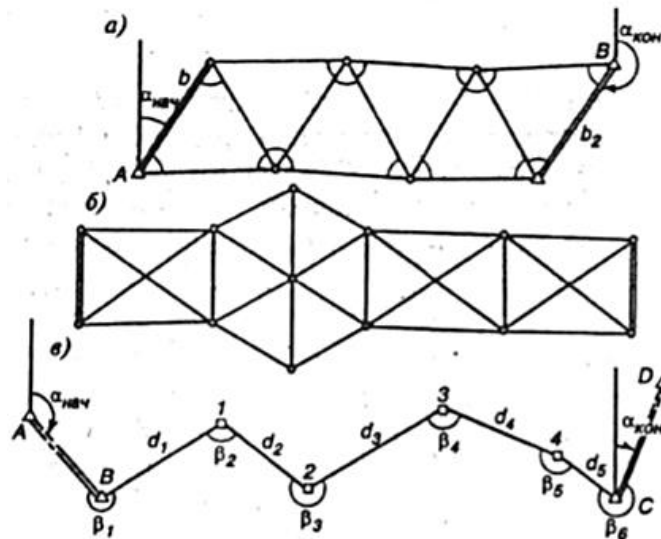


Рисунок 3 - Методы планового обоснования геодезических сетей:  
 а) триангуляция; б) трилатерация; в) полигонометрия.

Длины других сторон треугольников рассчитываются по формулам тригонометрии. Последовательно решая прямую геодезическую задачу, можно рассчитать координаты всех пунктов сети.

Метод *полигонометрии* заключается в построении сети ходов, в которых измеряют все углы и стороны (рис. 3 в). Полигонометрические ходы отличаются от теодолитных более высокой точностью измерений. Этот метод обычно применяют в закрытой местности. Внедрение в производство электромагнитных дальномеров делает целесообразным применение полигонометрии и в открытой местности.

Метод *трилатерации* состоит в построении сети треугольников, в которых измеряют все стороны (рис. 3 б). В некоторых случаях создают линейно-угловые сети, представляющие собой сети треугольников, в которых измерены стороны и углы (все или в необходимом их сочетании).

## *Государственная геодезическая сеть*

Государственная геодезическая сеть (ГГС) представляет собой совокупность геодезических пунктов, расположенных равномерно по территории всей страны и закрепленных на местности специальными центрами, обеспечивающими их сохранность и устойчивость в течение длительного времени. Государственная геодезическая сеть является главной геодезической основой топографических съемок всех масштабов, она включает в себя плановые и высотные геодезические сети.

Государственная геодезическая сеть включает в себя геодезические построения различных классов точности:

- фундаментальную астрономо-геодезическую сеть;
- высокоточную геодезическую сеть;
- спутниковую геодезическую сеть 1 класса;
- астрономо-геодезическую сеть и геодезические сети сгущения.

Строят ее по принципу от общего к частному. Это означает, что сначала строят достаточно редкую сеть пунктов, определенных с очень высокой точностью. Затем эту сеть сгущают пунктами, определяемыми с менее высокой точностью.

### **2.3 ОМС. Межевые съемочные сети**

Опорная межевая сеть (ОМС) является геодезической сетью специального назначения, которую создают для координатного обеспечения Государственного кадастра недвижимости, государственного мониторинга земель, землеустройства и других мероприятий по управлению земельным фондом России. Создают их во всех случаях, когда точности и плотность пунктов государственных или

иных геодезических сетей не удовлетворяет нормативно-техническим требованиям ведения государственного кадастра недвижимости и др.

Опорная межевая сеть является геодезической сетью специального назначения и предназначена:

- для установления единой координатной основы на территориях кадастровых округов с целью ведения кадастра объектов недвижимости;

- ведения государственного реестра земель кадастрового округа, района, квартала и дежурных кадастровых карт (планов);

- проведения работ по Государственному кадастру недвижимости, землеустройству, межеванию земельных участков, государственному мониторингу земель и координатному определению иных государственных кадастров;

- государственного контроля за состоянием, использованием и охраной земель;

- проектирования и организации выполнения природоохранных, почвозащитных и восстановительных мероприятий по сохранению природных ландшафтов и особо ценных земель;

- установления границ земель, особо подверженных геологическим и техногенным воздействиям;

- информационного обеспечения Государственного кадастра недвижимости данными о количественных и качественных характеристиках и местоположении земель для установления их цены, платы за пользование, экономического стимулирования и рационального землепользования;

- инвентаризации земель различного целевого назначения;

- создания земельных информационных систем;

- решения других задач Государственного кадастра недвижимости, государственного мониторинга земель и землеустройства.

Предусматривают создание опорных межевых сетей первого ОМС1 и второго ОМС2 классов, точность построения которых характеризуется средними квадратическими погрешностями взаимного положения смежных пунктов соответственно 5 и 10 см.

Опорную межевую сеть ОМС1 создают в городах для установления (восстановления) границ городской территории, границ земельных участков, а также определения месторасположения зданий и сооружений как объектов недвижимости, находящихся в собственности (пользовании) граждан или юридических лиц.

ОМС2 создают в черте других поселений для тех же целей на землях сельскохозяйственного назначения и других землях, для геодезического обеспечения межевания земельных участков, мониторинга и инвентаризации земель и др.

Плотность пунктов опорной межевой сети должна обеспечивать необходимую точность последующих кадастровых, землеустроительных работ, а также мониторинга земель и определяется техническим проектом. При этом плотность пунктов на 1 км<sup>2</sup> должна быть не менее: в черте города – 4-х пунктов; в черте других поселений – 2-х пунктов; на землях сельскохозяйственного назначения и других землях — устанавливают на основе технического проекта.

В сельских населенных пунктах, на землях садоводческих товариществ и т.п. плотность пунктов опорной межевой сети должна быть не менее 4-х пунктов на один населенный пункт.

Опорную межевую сеть строят в следующем порядке:

- планирование, рекогносцировка и техническое проектирование;
- закладка центров пунктов ОМС и устройство знаков;
- выполнение геодезических измерений;
- полевые вычисления и контроль качества измерений;
- математическая обработка результатов измерений;



- составление каталога координат пунктов ОМС и написание технического отчета.

При техническом проектировании нужно предусмотреть применение наиболее надежных и экономных методов создания ОМС, которые обосновывают соответствующими расчетами.

Пункты опорной межевой сети на местности закрепляют центрами, обеспечивающими их долговременную сохранность и устойчивость как в плане, так и по высоте. Один из основных конструктивных элементов пункта геодезической сети – его центр, на котором обозначают метку. К последней относят координаты пункта.

Центр пункта должен обеспечивать: долговременную сохранность и неподвижность в плане и по высоте; легко опознаваться на местности.

При построении опорной межевой сети конструкцию центра принято задавать его типом. Выбор конкретного типа в основном определяют физико-географические условия района расположения геодезического пункта, характеристика грунта, глубина промерзания и протаивания грунта, водные условия в местах расположения пунктов, степень коррозии грунта и другие факторы.

При развитии опорных геодезических сетей на застроенной территории, например, в условиях города, в качестве центров пунктов удобно использовать, так называемые, стенные знаки, закрепляемые на зданиях и сооружениях, а также специальные марки, закладываемые на поверхностях в твердом покрытии (например, на поверхности бетонного основания дороги).

Пункты ОМС следует, по возможности, размещать на землях, находящихся в государственной или муниципальной собственности, к местам установки пунктов опорных межевых сетей подъезд или подход должны быть легко доступны, хорошо опознаваться на местности и обеспечивать долговременную сохранность их центров. На землях

сельскохозяйственного назначения и в сельской местности центры, как правило, закладывают вблизи перекрестков улучшенных грунтовых дорог, опор линий электропередачи и связи, лесных полезащитных полос и т.п.

Пункты ОМС закладывают на местности с письменного согласия:

- городской, поселковой или сельской администрации, если они будут расположены на землях, находящихся в государственной или муниципальной собственности;

- собственника, владельца, пользователя земельного участка, если они будут находиться на их земельных участках;

- соответствующих министерств, ведомств и организаций, если они будут расположены на землях промышленности и иного специального назначения.

Координаты пунктов ОМС определяют либо глобальными спутниковыми системами ГЛОНАСС и GPS, либо наземными способами триангуляции, полигонометрии, трилатерации и их комбинациями. Во всех случаях должна быть обеспечена необходимая точность взаимного положения пунктов ОМС. Допускается определение координат пунктов ОМС2 фотограмметрическим методом, технология работ при этом должна регламентироваться техническим проектом с учетом требований к точности взаимного положения смежных пунктов ОМС.

Пункты ОМС должны быть привязаны не менее чем к двум пунктам государственной геодезической сети. Пункты ОМС2 могут быть привязаны не менее чем к трем пунктам ОМС1.

Высоты пунктов опорной межевой сети определяют в Балтийской системе высот с использованием результатов спутниковых измерений, а также геометрическим или тригонометрическим нивелированием в соответствии с техническим проектом производства геодезических работ. Каталоги координат пунктов ОМС составляют в местной системе

координат в границах кадастрового округа Российской Федерации. Ведение каталогов, как правило, выполняют в электронном виде. При составлении каталога в традиционном виде к нему прилагается схема на топографической карте масштаба 1 : 200 000. В каталоге координат для каждого пункта ОМС указан его номер, название, класс и тип центра, а также плоские прямоугольные координаты, высоты центров. Номер пункта ОМС устанавливают в границах кадастрового округа РФ в порядке возрастания. Название пункту ОМС присваивают по названию ближайшего населенного пункта или географического объекта. Плоские прямоугольные координаты пунктов ОМС записывают с округлением до 0,01 м, высоты пунктов – до 0,1 м.

#### *Межевые съёмочные сети*

Плотность пунктов опорной межевой сети, находящихся на территории проведения земельно-кадастровых геодезических работ, обычно недостаточна для выполнения межевания земельных участков, съемки объектов недвижимости, инвентаризации земель и др. Поэтому ОМС необходимо сгустить, построив так называемую межевую съёмочную сеть (МСС). Межевую съёмочную сеть (геодезическую съёмочную сеть) создают с целью сгущения ОМС для ее дальнейшего использования в качестве геодезической основы для определения плоских прямоугольных координат межевых знаков, а также других характерных точек объектов недвижимости. Плотность пунктов должна обеспечивать высокое качество съемки.

При построении МСС используют различные способы производства геодезических работ: полигонометрические (теодолитные) ходы, прямые и обратные угловые засечки, линейную засечку и лучевой способ.

## 2.4 Восстановление и съемка границ землепользования

Границы землепользований 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 межевого 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 о них геодезической информации 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 способами: *угломерных измерений, линейных измерений, непосредственного опознавания (дешифрирования) на местности признаков утраченного знака.*

Способ *угломерных измерений* для восстановления утраченных межевых знаков обычно предполагает применение теодолита и мерного прибора, при этом необходимые угловые и линейные величины по границам берут из ведомостей координат или с плана землепользования. Для работы в поле изготавливают чертеж границ, на

который выписывают углы и линии по утраченной части границы и на примыкающих к ней линиям 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 угла и отложении от знака на местности расстояния для определения положения утраченного знака.

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

*Способ угловых засечек* целесообразно применять, когда затруднены линейные измерения между сохранившимися межевыми знаками и восстанавливаемым. Необходимые углы выбирают из ведомости координат или вычисляют по формуле.

При необходимости восстановления отдельного звена границы из нескольких смежных межевых знаков целесообразно строить (прокладывать) *теодолитной ход*.

*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 и построения перпендикуляров от промеряемой линии до восстанавливаемых знаков. Длину промеров и перпендикуляров определяют графически по плану. Кроме этого могут применяться линейные засечки от ближайших четких контурных точек, промеры вдоль линейных контуров ситуации, по створным линиям и др.

Границы землепользований восстанавливают с участием представителей смежных землепользователей.

Закрепление границ в натуре производят на основании проекта межхозяйственного землеустройства. В зависимости от физико-географических условий местности, наличия соответствующих материалов, рабочей силы и возможностей механизации работ 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 и весом не менее 100 кг, либо кладкой тура в виде усеченного конуса, укороченного до 80 см.

Конструкция и закладка межевых знаков должна обеспечивать длительную сохранность их положения на местности для использования в качестве пунктов геодезического обоснования. На границе одного и того же землепользования или по одному смежеству межевые знаки должны быть единой конструкции. Для длительной сохранности межевых знаков обычно вокруг столбов оформляют курган с канавой в виде окружности, внутренний диаметр 2,5-2,8 м, внешний 3,5-3,8 м, глубина канавы 0,3-0,4 м.

При использовании валуна, который наполовину закапывают в землю, на нем зубилом выдавливают углубление, обозначающее центр межевого знака, и отступив от него, выдалбливают канавки глубиной примерно 2 см в направлении на предыдущий и последующий межевые знаки. Их устанавливают друг от друга на расстоянии, обеспечивающем взаимную видимость, но не более 1000 м, а в районах с менее интенсивным использованием сельскохозяйственных угодий – 2000 м. На открытой территории землепользований границы, не совмещенные с живыми урочищами и другими рубежами, пропахивают в одну борозду глубиной не менее 20 см.

Съемку установленных или восстановленных межевых знаков, в целях нанесения их на план, производят различными способами, в зависимости от метода съемки территории землепользования и наличия геодезических пунктов, к которым возможна привязка знаков.

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).

Закрепленные на местности границы землепользований показываются и сдаются в натуре представителям землеустраиваемых хозяйств с оформлением документа, в котором описывается положение границ на местности. Обязательно прилагается чертеж установленных границ.

### **Вопросы для самостоятельного изучения**

6. Способы геодезических измерений при производстве съемки установленных или восстановленных границ землепользований.
7. Схема привязки ходов межевой съемочной сети к одинарным пунктам ОМС.
8. Устройство местной системы координат, «ключ» местной системы координат.
9. Съёмка и восстановление границ землепользований. Особенности контурной съёмки угодий для целей установления их границ.
10. Перевычисление координат из одной системы в другую способами введения поправок в приращения координат и введения поправок в дирекционные углы линий.

### 3. ХАРАКТЕРИСТИКА КАЧЕСТВА ПЛАНОВО-КАРТОГРАФИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ

#### 3.1 Виды планово-картографических материалов

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

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

*Топографической картой* называют уменьшенное, обобщенное изображение поверхности Земли, построенное на плоскости в картографической проекции. Степень уменьшения картографической поверхности показывает масштаб карты.

При землеустроительных работах, в основном, используют крупно масштабные карты (1:10 000; 1:25 000; 1:50 000).

*Топографическим планом* называют картографическое изображение на плоскости в ортогональной проекции в крупном масштабе ограниченного участка местности, в пределах которого кривизну уровенной поверхности не учитывают.

Топографические планы получают проведением различных видов съёмок: теодолитной, мензуральной, тахеометрической, аэрокосмической, фототеодолитной, нивелирной.

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



Планы значительных по площади территорий получают аэрокосмической фотосъёмкой.

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

### *Цифровые модели местности и электронные карты (планы)*

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

*Цифровая модель местности (ЦММ)* – цифровая модель, содержащая информацию об объектах местности и её характеристиках.

Эта информация подразделяется на метрическую и семантическую. Метрическая информация о земельном участке отражает его пространственное положение в определенной системе координат, а семантическая информация – сущность и характеристики земельного участка.

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

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

*Электронная карта* – цифровая картографическая модель, визуализированная или подготовленная к визуализации на экране средствами отображения информации в специальной системе условных знаков.

Объектом электронной карты является структурная единица ЦММ, отображающая объект местности или другую информацию, обязательную для отображения на карте.

Информацию на электронных картах представляют в виде метаданных, т.е. данных, которые позволяют описывать содержание, объём, положение в пространстве, качество (точность, достоверность, полноту и современность) и другие характеристики электронных карт.

Раздел картографической информации метаданных электронных карт содержит сведения: о масштабе, номенклатуре, проекции, компоновке, виде картографической сетки, координатах углов рамки листа, способах отображения рельефа, а также других данных, сведений, позволяющих составить электронную карту.

### **3.2 Понятие о детальности, полноте и точности планово-картографических материалов**

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

Под детальностью понимают степень подобия изображения на плане всех изгибов и извилин контуров ситуации и рельефа.

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

Хорошей детальностью и полнотой обладают планы (карты), получаемые методами аэрофотосъёмки (космической) съёмки.

Меньшей детальностью и полнотой обладают планы (карты), получаемые другими видами съёмок, т.к. качество их изготовления зависит от внимания и производственного опыта исполнителя.

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

В качестве числовой характеристики точности карт(планов) используют *среднюю квадратическую погрешность  $m_m$  положения контурной точки на карте (плане)*.

Погрешность положения точки является двумерной и определяется формулой:

$$M_T^2 = m_x^2 + m_y^2, \quad (1)$$

где  $m_x$  и  $m_y$  - погрешности координат точки, т.е. погрешность положения точки по осям координат.

При оценке точности плана (карты) в среднем, направление сдвига принимают равновероятным, поэтому точность положения контурной точки характеризуют круговой погрешностью. В связи с этим, если  $m_x=m_y=m_k$ , где  $m_k$  - средняя квадратическая погрешность координат точки, то

$$m_T = m_k \sqrt{2}. \quad (2)$$

Величина средней квадратической погрешности положения точки также зависит от характера точки. Геодезические пункты, центры колодцев, отдельно стоящее дерево - четко определяются на местности и практически не изменяют своего положения во времени. Другие точки (точки границ сельскохозяйственных угодий, пересечение грунтовых

дорог) обладают некоторой неопределённостью распознавание их на местности и изменчивости во времени. Эта степень неопределённости распознавания влияет на точность изображения границ соответствующих объектов местности на плане (карте).

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

$$Q = \frac{R_0}{R_m}, \quad (3)$$

где  $R_0$  - информативность топографической карты или плана (инф. ед./га),

$R_m$  - масштабообразующая информационная ёмкость топографической карты плана (инф. ед./га).

Под характеристикой  $R_0$  информативности топографического плана понимают достаточное для потребителя количество информации, позволяющей выполнить конкретную землеустроительную задачу.

Для вычисления  $R_0$ , инф. ед./га используют формулу:

$$R_0 = KN + 1,2n \quad (4)$$

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

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

$n$  - среднее число объектов местности, показанных масштабными и немасштабными условными знаками.

Значение масштабообразующей информационной емкости  $R_m$  для топографических планов и карт в масштабах 1: 500, 1: 1000, 1: 2000, 1: 5000 и 1:10 000 соответственно составляют 500, 300, 110, 30 и 10 инф. ед/га.

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

### **3.3 Искажение линий и площадей в проекции Гаусса-Крюгера**

Если план составлен на плоскости в проекции Гаусса-Крюгера, то длины линий и значения площадей участков, измеренных на плане или вычисленных по координатам точек, всегда больше соответствующих горизонтальных проложений этих же линий и площадей на местности.

Иными словами, масштаб изображений линий на плоскости 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 проекции Гаусса-Крюгера, должна быть увеличена, т. е.

$$S_{\Gamma} = S + \frac{1}{2} s \left( \frac{y}{R} \right)^2, \quad (5)$$

где  $s$  - горизонтальное проложение линии местности;

$y$  - ордината (расстояние от осевого меридиана) середины этой линии;

$R$  - средний радиус кривизны земного сфероида, который можно принять равным 6370 км.

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

Искажением линий в проекции Гаусса-Крюгера в ряде случаев можно пренебречь. Однако на краю шестиградусной зоны его следует учитывать, особенно если значение линии требуется знать с повышенной точностью.

Искажение линий вызывает соответственно и *искажение площадей* участков (землепользований, контуров угодий).

Проекция Гаусса-Крюгера равноугольная (конформная), поэтому для небольшого участка в несколько тысяч или десятков тысяч гектар его изображение в проекции Гаусса-Крюгера с площадью  $P_{\Gamma}$  можно считать подобным горизонтальному проложению на местности с площадью  $P$ .

Площади  $P$  и  $P_{\Gamma}$  будут относиться как квадраты сходственных сторон

$$\frac{P}{P_{\Gamma}} = \frac{S^2}{S_{\Gamma}^2} \text{ или } \frac{P}{P_{\Gamma}} = 1 / \left(1 + \frac{y^2}{2R^2}\right)^2 \quad (6)$$

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.

### 3.4 Деформация плана и ее учет при планометрических работах

Использование плана (карты) для измерений вызывает необходимость учитывать деформацию бумаги.

*Деформация* - изменение размеров элементов относительно начальных, т.е. соответствующих изготовлению.

Величина деформации характеризуются *коэффициентами деформации* в направлении от ОХ и ОУ ( $q_x$ ;  $q_y$ ). Вычисляются коэффициенты деформации по формуле

$$q = \frac{l_0 - l}{l} \quad (7)$$

где  $l_0$  - теоретическая длина линии, имеющейся на плане (карте);

$l$  - измеренная длина линии.

Деформация зависит от сорта бумаги, условий хранения плана (карты), погоды, времени, прошедшего с момента изготовления и других причин. Большая деформация происходит от свёртывания или складывания плана (карты). Поэтому значение коэффициентов деформации тоже различно и может быть равно: 1/400; 1/200; 1/100; 1/50.

Если бумага деформируется в двух взаимно перпендикулярных направлениях осей координат ( $q_x$  и  $q_y$ ) отличаются не более чем на 20%, то находят среднее значение коэффициента деформации

$$q = \frac{q_x - q_y}{2}. \quad (8)$$

При большем отличие коэффициент деформации определяют в направлении измеряемой линии.

Учёт деформации осуществляется путём введения поправки за деформацию бумаги ( $l_q$ ) в измеренные линии или сразу в получаемые площади участков ( $p_q$ ).

Формулы, учитывающие введение поправок, имеют вид:

$$L_0=l+l_q \quad (9)$$

$$P_0=P+2Pq \quad (10)$$

### 3.5 Корректировка планово-картографических материалов

Планы и карты отображают ситуацию местности, соответствующую времени выполнения съёмки, поэтому с течением времени зафиксированная на них информация все меньше соответствует фактическому состоянию земной поверхности, то есть они стареют и тем значительнее это старение, чем больше времени проходит с момента съёмки.

Старение планов и карт обусловлено:

1) непрерывным изменением облика земной поверхности, зависящим в большей степени от хозяйственной деятельности человека, чем от естественного развития природных явлений;

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

В результате осуществления хозяйственных мероприятий на территории сельскохозяйственного предприятия могут происходить изменения:

а) в размерах и конфигурации землепользований и контуров угодий в связи с трансформацией, изъятием и отводом земель;

б) в качественном состоянии угодий в связи с проведением мелиоративных, агротехнических и других мероприятий;



- в) в составе категорий земель и категорий землепользователей;
- г) в размерах территории из-за изменений административных границ.

Быстрое старение планов и карт, используемых при проведении землеустройства, вызывает необходимость систематического их обновления, так как они не отражают в необходимой мере состояние сельскохозяйственных угодий даже через год после съемки. В связи с этим требуется определять числовые показатели старения сельскохозяйственных планов и карт для установления сроков их обновления или корректировки.

Под *обновлением* понимают составление новых планов на основе новых съемок, с использованием существующих планов и их геодезического обоснования. Обновление планов производят через определенные периоды. Эти периоды 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 – от года до пяти лет, чтобы систематически удовлетворять требованиям достоверности информации об использовании земли при проведении кадастра недвижимости. Кроме того, проведение мероприятия по поддержанию планов и карт на современном уровне предшествует составлению проектов межхозяйственного и внутрихозяйственного землеустройства, когда после съемки прошло 3 – 5 лет и досрочное обновление плана технически нецелесообразно и экономически не выгодно.

Это мероприятие называют *корректировкой планов и карт*, под которой понимают съемку появившихся контуров ситуации, нанесение

результатов съемки на существующий план (карту) и уничтожение на плане исчезнувших контуров.

Степень старения сельскохозяйственных планов и карт целесообразно определять главным образом с точки зрения стоимости выполнения работ по корректировке и обновлению планов, которое зависит от:

- 1) степени старения плана (карты);
- 2) способа корректировки (наземным способом или при помощи аэрофотосъемки);
- 3) вида корректируемого плана, составленного способом наземной съемки или аэрофотосъемки (штрихового плана или фотоплана);
- 4) категории сложности снимаемой местности.

Стоимость корректировки определяется преимущественно объемом полевых работ, причем он всегда больше при наземном методе, чем при использовании аэрофотоснимков.

Объем полевых работ, в свою очередь, определяется длиной снимаемых контуров и съемочных ходов, прокладываемых в целях съемок происшедших изменений.

Основным показателем старения планов (карт) является отношение сумм длин снимаемых контуров и наносимых на план  $l$  к сумме длин всех контуров на момент съемки  $L$ ;

$$\lambda(\%) = \frac{l}{L} 100 \quad (11)$$

Помимо определения стоимости работы по корректировке плана этот показатель наиболее объективно и однозначно отражает фактический объем выполненной работы. Однако он нередко требует выполнения картометрической работы, поэтому для определения объема работ по корректировке пользуются другим показателем,

представляющим отношение площади изменившихся контуров  $p$  к площади всех контуров  $P$ , изображенных на плане, который позволяет перенести его в показатель, определяемый по формуле:

$$\lambda(\%) = 100\sqrt{p/P} \quad (12)$$

Эта зависимость показателей старения позволяет применять их в различных случаях при наличии различной информации об изменении контуров и площадей сельскохозяйственных угодий, представленной в графическом или статистическом виде.

Вычисление показателя старения на основе статистических сведений об изменениях площадей сельскохозяйственных угодий позволили установить годовое старение (от 5% до 15%), при этом наибольший процент старения относится к районам с большей контурностью ситуации, с большим объемом мероприятий по трансформации угодий и мелиорации земель.

С каждым последующим годом прирост процента старения постепенно затухает и к моменту обновления планов, то есть к 8-15 годам достигает 30-80 %.

При корректировке используют имеющиеся фотокопии с невычерченных фотопланов и аэрофотоснимки прошлых лет для использования неизменившихся (четких) контурных точек местности в качестве опоры при полевой корректировке, если на территории отсутствуют закрепленные пункты геодезической сети необходимой густоты.

Кроме этого при корректировке используют:

а) выкопировки с плана границ землепользования или с проектного плана;

б) выкопировки на участке земель постороннего пользования;

в) выписки из государственной книги регистраций землепользований, справки о посторонних землепользователях, о ширине дорог;

г) схемы расположения пунктов имеющейся геодезической сети;

д) выписки геодезических данных по границам землепользований, пунктов геодезических сетей и закладных точек;

е) выписки из журналов и каталогов, абрисы описаний местоположения геодезических пунктов, заложенных центров и наружных знаков.

При выполнении работ по корректировке ставится задача – выбрать такие способы корректировки, которые практически обеспечивали бы сохранение точности корректируемых планов.

Практические планы считаются равноточными, если показатели их точности отличаются один от другого не более чем на 10%.

Корректировка планов является самостоятельным видом геодезических работ, выполняемых для внесения в план изменений в ситуации, происшедших после съемки (дешифровки), с сохранением точности, которой характеризуется корректируемый план.

Работа по корректировке выполняется в следующем порядке:

1) подготовительные камеральные работы;

2) полевое дешифрирование появившихся контуров на аэроснимках новой аэрофотосъемки или сличения корректируемого плана с местностью (осмотр, рекогносцировка местности);

3) удаление с плана исчезнувших контуров;

4) построение съемочного обоснования, где в этом есть необходимость для съемки появившихся контуров;

5) съемка появившихся контуров;

6) нанесение результатов съемки и дешифрирования на план и составление калек выполняемой работы (производится систематически по мере выполнения полевых работ);

7) контроль и оформление результатов корректировки (вычерчивание плана и калек, составление объяснительной записки или технического отчета, подшивка и брошюровка документов – схем, справок, полевых журналов, абрисов, ведомостей вычисления, таблиц и пр.).

### **Вопросы для самостоятельного изучения**

11. Виды информации в цифровых моделях местности, их содержание.
12. Метаданные электронной карты.
13. Виды съемок и способы, применяемые при корректировке планов.
14. Виды съемочных ходов, опирающихся на контурные точки, применяемые при корректировке планов.
15. Характеристика точности изображения линии между двумя точками на плане.
16. Характеристика точности изображения направления (дирекционного угла) между двумя точками на плане.
17. Характеристика точности изображения угла между его сторонами на плане.
18. Характеристика точности изображения площади контура на плане в зависимости от погрешностей положения его точек.
19. Показатели точности изображения рельефа на плане.

## **4. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПЛОЩАДЕЙ ПРИ ЗЕМЛЕУСТРОЙСТВЕ**

### **4. 1 Характеристика способов определения площадей**

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 – усадебных участков и огородов, садовых кварталов и бригадных участков, рабочих участков и полей севооборотов, контуров сельскохозяйственных и лесных угодий и др. и большие площади – сельских населенных пунктов и севооборотных массивов, целых землепользований и суммы площадей нескольких несмежных участков, обладающих одними и теми же природными или хозяйственными признаками, например, суммы площадей контуров пашни, кормовых угодий и др.

В одних случаях достаточно ограничиться общими сведениями о площадях участков и массивов, в других – необходимы более точные определения площадей и погрешность даже в несколько десятых долей процента считается недопустимой. Поэтому, наряду с площадью требуется знать и точность ее определения.

В зависимости от хозяйственной значимости участков и массивов, их размеров, конфигурации и вытянутости, наличия результатов измерений линий, углов на местности и планово-картографического материала, топографических условий местности применяются следующие способы определения площадей.

Аналитический, когда площадь вычисляют по результатам измерений линий и углов на местности или по их функциям – координатам вершин фигур.

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

Механический, когда площади определяют на плане при помощи специальных приборов (планиметров, картометров) и приспособлений (палеток, ротометров и др.).

Нередко эти способы применяют комбинировано, например, часть линейных величин для вычисления площади измеряют на плане, а часть берут из результатов измерений на местности, или при вычислении площади по координатам для одних точек применяют вычисленные (аналитические) значения координат по результатам измерений на местности, а для других точек координаты получают измерением на плане (графические), или основную площадь землепользования, заключенную в теодолитный полигон, вычисляют аналитическим способом, а площадь, выходящую за пределы полигона и заключенную между линиями полигона и живым урочищем (границей землепользования по ручью, берегу реки и др.), определяют графическим и механическим способом.

Наиболее точно, но требующим больших материальных затрат на производство полевых измерений, является аналитический способ, так как на точность вычисленной площади этим способом влияют только погрешности измерений на местности и, следовательно, точность его не зависит от точности плана. Его применяют для вычисления площадей землепользований, полей севооборотов, когда по границам их проложены теодолитные ходы и полигоны, а также при обмере ценных в хозяйственном отношении усадебных, садовых и других участков.

Менее точен графический способ, потому что, помимо погрешностей измерений на местности на точность вычисленной площади влияют погрешности составления плана и определения площади по плану. Его применяют для определения площадей и землепользований, и полей севооборотов, и контурных угодий, ограниченных ломанными линиями, при этом, чем меньше площадь участка, тем с большей относительной погрешностью определяется его площадь, а для больших площадей, например, целых землепользований, точность этого способа приближается к точности, получаемой аналитическим способом.

Наименее точным, но наиболее распространенным является механический способ, так как пользуясь им, можно быстро и просто определить площадь участка любой формы, поэтому его применяют при определении площадей и землепользований, и полей севооборотов, и контуров угодий с извилистой формой границ, проходящих по живым урочищам, горизонталям, бровкам лощин, очертаниям болот, зарослей и пр.

#### **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:

$$P_1 = \frac{1}{2} \sum x_k (y_{k+1} - y_{k-1}), \quad (13)$$

т.е. площадь многоугольника равна полусумме произведений каждой абсциссы на разность ординат последующей и предыдущей вершин многоугольника.



Контролем служит формула:

$$P_2 = \frac{1}{2} \sum y_k (x_{k-1} - x_{k+1}), \quad (14)$$

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  $0,1 \text{ м}^2$ .

Чтобы площадь получилась положительной, номера точек полигона записывают в столбец ведомости всегда по ходу часовой стрелки. Число произведений в сумме равно числу точек.

Для определения площадей участков по результатам измерения линий и углов на местности применяют формулы геометрии, тригонометрии и аналитической геометрии.

Для учета площадей, занятых строениями, усадьбами, площадями вспашки, посева, участки разбивают на простейшие геометрические фигуры, преимущественно треугольники, прямоугольники, реже трапеции, и площади участков определяют, как суммы площадей отдельных фигур, вычисляемых по линейным элементам (высотам и основаниям) по общеизвестным формам геометрии. При учете вспашки, посева, уборки урожая площади определяют также по длине маршрута агрегата и ширине его захвате.

Если по границам участка проложен теодолитный ход, то площадь всего участка или части его можно вычислить по следующим формулам.

*Треугольник* (рис. 4, а).

Площадь определим по двум сторонам  $s_1$  и  $s_2$  и углу  $\beta_2$ , заключенному между ними.

$$2P = s_1 \cdot h, \quad (15)$$

но

$$h = s_2 \cdot \sin \beta_2 \quad (16)$$

Подставив значение  $h$ , получим

$$2P = s_1 \cdot s_2 \cdot \sin\beta_2 \quad (17)$$

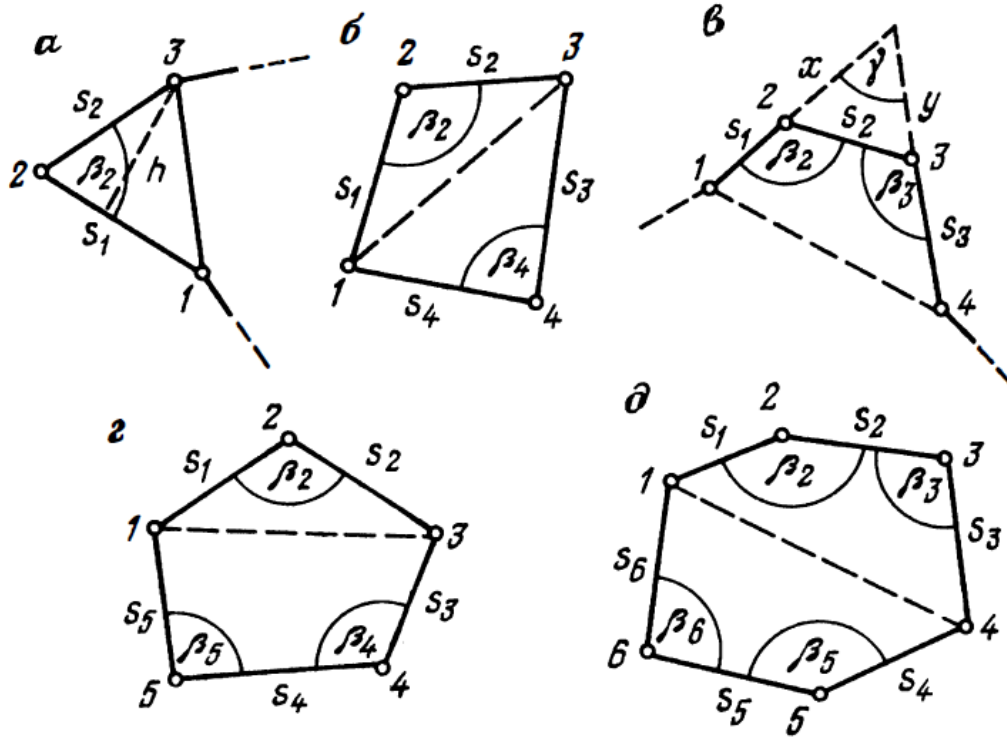


Рисунок 4 - Определение площадей аналитическим способом

*Четырехугольник* (рис. 4, б)

Зная четыре стороны  $s_1, s_2, s_3, s_4$  и два противоположных угла  $\beta_2$  и  $\beta_4$  напомним

$$2P = s_1 \cdot s_2 \cdot \sin\beta_2 + s_3 \cdot s_4 \cdot \sin\beta_4 \quad (18)$$

По трем сторонам  $s_1, s_2, s_3$  и двум углам  $\beta_2$  и  $\beta_3$ , заключенным между этими сторонами (рис. 4, в), имеем

$$2P = s_1 \cdot s_2 \cdot \sin\beta_2 + s_2 \cdot s_3 \cdot \sin\beta_3 + s_1 \cdot s_3 \cdot \sin(\beta_2 + \beta_3 - 180^\circ). \quad (19)$$

*Пятиугольник* (рис. 4, г).

По пяти сторонам и трем углам  $\beta_2, \beta_4, \beta_5$

$$2P = s_1 \cdot s_2 \cdot \sin\beta_2 + s_3 \cdot s_4 \cdot \sin\beta_4 + s_4 \cdot s_5 \cdot \sin\beta_5 + s_3 \cdot s_5 \cdot \sin(\beta_4 + \beta_5 - 180^\circ) \quad (20)$$

*Шестиугольник* (рис. 4, д).

По шести сторонам и четырем углам  $\beta_2, \beta_3, \beta_5, \beta_6$  находим

$$2P = s_1 \cdot s_2 \cdot \sin\beta_2 + s_2 \cdot s_3 \cdot \sin\beta_3 + s_1 \cdot s_3 \cdot \sin(\beta_2 + \beta_3 - 180^\circ) + \\ + s_4 \cdot s_5 \cdot \sin\beta_5 + s_5 \cdot s_6 \cdot \sin\beta_6 + s_4 \cdot s_6 \cdot \sin(\beta_5 + \beta_6 - 180^\circ) \quad (21)$$

Такого же вида формулы можно получить для любого  $n$ -угольника, только с увеличением числа вершин  $n$  прогрессивно увеличивается количество слагаемых в формуле, поэтому при  $n > 6$  целесообразнее вычислять площади по координатам вершин полигона.

#### *Точность вычисления площадей аналитическим способом*

Если полигон привязан к пунктам геодезической сети, то влияние систематических погрешностей измерения линий при увязке ходов в значительной степени ослабляется, а для вытянутых ходов исключается. Поэтому относительные погрешности вычисления площадей полигонов, включенных в геодезическую сеть, значительно меньше 1:2000.

### **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 и прямоугольники. 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 вычисления площадей участков, имеющих большое количество углов, целесообразнее вычислять площадь по графическим координатам точек, то есть по координатам, измеренным на плане при помощи измерителя или координатографа, координатометра и др., пользуясь формулами, приведенными выше.

Наилучшим вариантом разбивки участка на треугольники будет тот, при котором треугольники близки к равносторонним (вернее, высоты по величине близки к основаниям).

Если высоты или основания, по которым вычисляют площади фигур, представляют линии, измеренные на местности, например, стороны теодолитного полигона, то для повышения точности определения площадей длины этих линий по плану не измеряют, а применяют величины, полученные измерением на местности. Точность вычисления площади неравностороннего треугольника будет выше в том случае, если короткое основание (или высота) измерена на местности, а длинная высота (или основание) определена по плану.

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

$$\Delta P_{(ra)} = 0,04 \frac{M}{10000} \sqrt{P_{(ra)}} \quad (22)$$

где М – 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.

*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  $P_{\Delta} = \frac{a \cdot h}{2}$ , а по формуле Герона

$$P_{\Delta} = \sqrt{S(S-a)(S-b)(S-c)}, \quad (23)$$

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

$$m_{p_i}(\text{га}) = 0,01 \frac{M}{1000} \sqrt{P_{0(\text{га})}} \quad (24)$$

где  $M$  – знаменатель численного масштаба плана.

Если  $P_{\Delta}$  вычисляют два раза, то  $m_{p_i} = \frac{m_{p_i}}{2}$ .

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

$$m_p(\text{га}) = 0,025 \frac{M}{10000} \sqrt{P_{(\text{га})}} \quad (25)$$

#### 4.4 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 шпильки, либо точку на нижней поверхности стекла.

Площадь по результатам обвода определяют с использованием формул:

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

$$c = P_1 / (u_2 - u_1); \quad (26)$$

$$q = \frac{P_2}{c} - (u_2 - u_1) \quad (27)$$

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  $30^\circ$  и больше  $150^\circ$ .
2. Обводное колесо должно вращаться свободно.

Точку для начала обвода выбирают в том месте фигуры, где угол между рычагами наиболее близок к  $90^\circ$ , так как в этом случае погрешность отсчета минимальна (рис. 5).

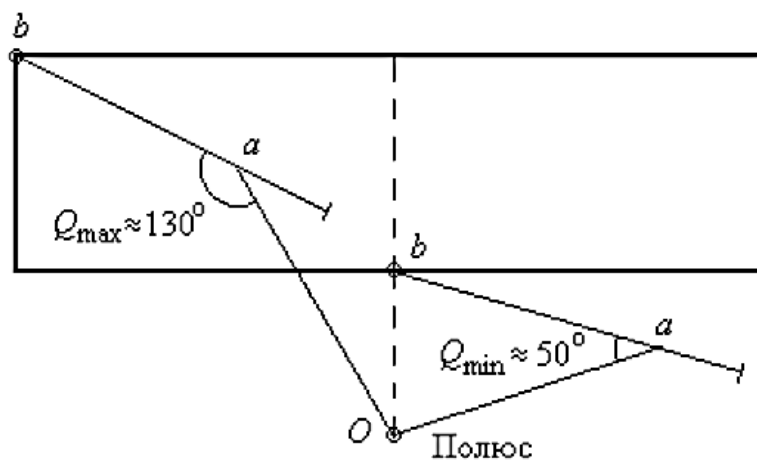


Рисунок 5 – Схема работы планиметром

Точку для начала обвода выбирают в том месте фигуры, где угол между рычагами наиболее близок к  $90^\circ$ , так как в этом случае погрешность отсчета минимальна (рис. 5).

### *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. 6)  $a_1, a_2, a_3$  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  $P_i = P_0 + P_{a_1} + P_{a_2} + P_{a_3} + P_{a_4}$ . 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.



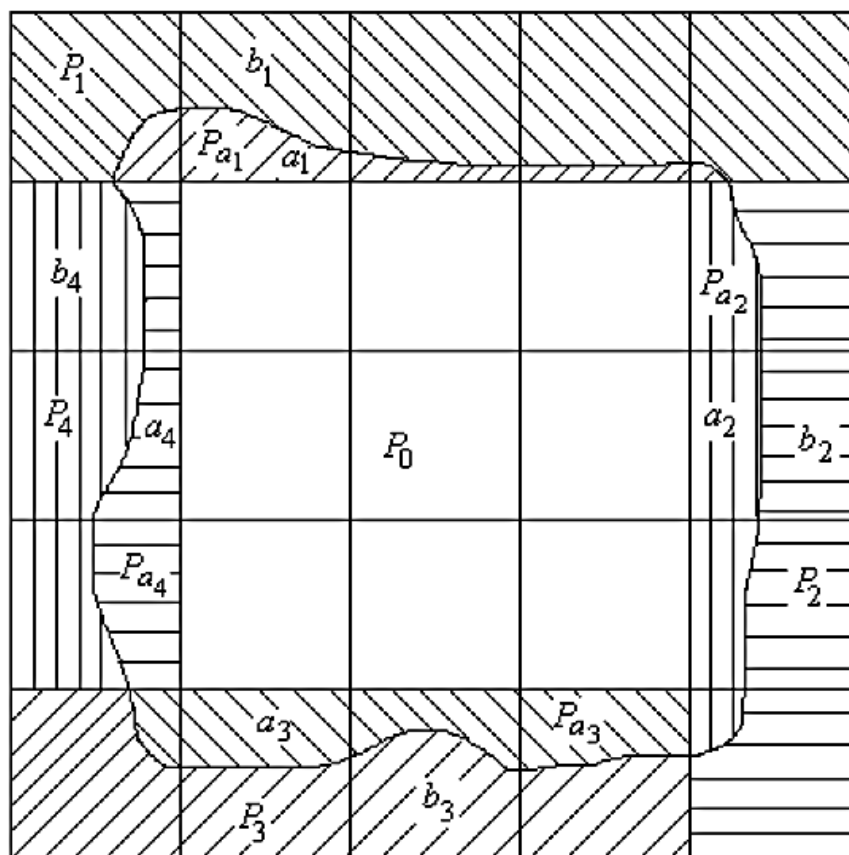


Рисунок 6 - Схема определения площади по А.Н. Савичу

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.

#### *Точность определения площади планиметром*

Средняя квадратическая погрешность  $m_p$  определения площади  $P$  зависит от средней квадратической погрешности цены деления планиметра  $s$  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:

$$m_p = \frac{0,7}{\sqrt{n}} + \frac{0,01M}{10000} \sqrt{\frac{P}{n}} + 0,0003P \quad \text{при } P < 200 \text{ см}^2 \text{ на плане}; \quad (28)$$

$$m_p = 0,005 \frac{0,01M}{10000} \sqrt{\frac{P}{n}} + 0,001P \quad \text{при } P \geq 200 \text{ см}^2 \text{ на плане}, \quad (29)$$

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.

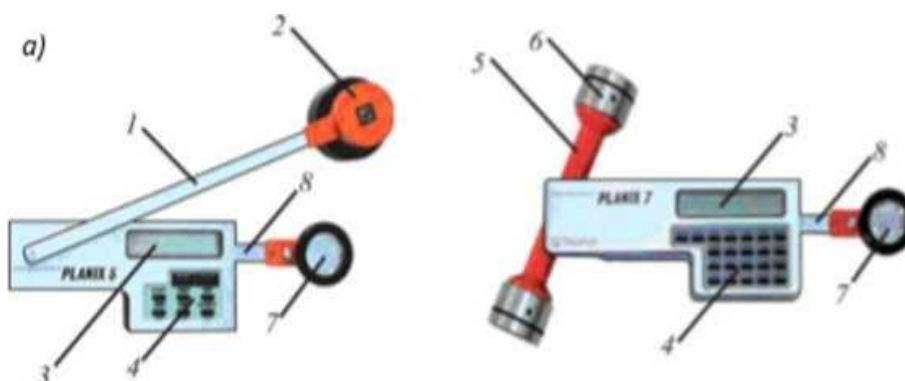
#### **4.5 Особенности определения площади участка по плану электронным планиметром. Устройство планиметра**

Планиметр – это прибор, использующийся для определения площадей замкнутых контуров любой формы на картах, планах и любых других графических изображениях.

Стремительное развитие технологий привело к тому, что на смену механическим планиметрам пришли электронные планиметры, имеющие целый ряд неоспоримых преимуществ. Результаты измерений электронных планиметров отображаются на небольшом жидкокристаллическом экране, а необходимый режим работы и операции с измерениями устанавливаются с помощью функциональной клавиатуры. Точность измерений может достигать 0,1%, а диапазон измеряемых поверхностей может исчисляться метрами, и даже десятком метров.

Электронный планиметр - полуавтоматический измерительный прибор, позволяющий автоматизировать процесс измерений и вычислений площадей участков по карте, при этом обвод контуров осуществляется исполнителем.

*Электронный полярный планиметр Planix 5* (рисунок 7, а) имеет электронное счётное устройство. Движение в пределах измеряемой площади производится при помощи полюсного плеча. Вычисление площади участка осуществляется в квадратных сантиметрах или квадратных дюймах. Измеренные значения отображаются на 8-символьном жидкокристаллическом дисплее.



- 1 - полярный рычаг; 2 - обводной полюс; 3 - дисплей;  
4- функциональные клавиши; 5 - роликовый механизм; 6 - ролик;  
7 - линза трассёра; 8 - плечо трассера.

Рисунок 7 - Устройство электронных планиметров:

а - Planix 5 - планиметр полярный, б - Planix 7 - планиметр роликовый.

*Электронный роликовый планиметр Planix 7* (рисунок 7, б) перемещается на двух высоко фрикционных абразивных роликах, обеспечивающих значительное горизонтальное перемещение и измеряющих смещения по направлению качения.

Поворотная штанга с курсором, перемещаемым по контуру площади, измеряет смещения в поперечном направлении. Счётное устройство вычисляет площадь и высвечивает ее величину на дисплее.

### *Назначение функциональных клавиш, основные действия при работе с электронными планиметрами*

На рабочем столе в положении, близком к горизонтальному, прибор устанавливают так, чтобы обводной рычаг и ось роллера составляли прямой угол; при этом ось обводного рычага должна делить измеряемый участок примерно пополам. При нажатии клавиши  $m = ft$ , в правой стороне дисплея появляются единицы систем измерения, из которых выбирают необходимую нажатием клавиши UNIT. Установленная единица измерения остается в электронной памяти прибора даже при отключении питания.

Отметив начальную точку в любой части контура: подводят к ней красный круг на трассере обводного рычага, и после нажатия клавиши START появляется звуковой сигнал и на табло высвечивается "0", что свидетельствует о готовности к измерениям. В направлении часовой стрелки обводят контур измеряемой площади до возвращения к начальной точке, и тогда на табло дисплея высвечивается значение измеренной площади.

Для измерения общей площади отдельно размещённых участков площадь может суммироваться, для чего следует после получения результата площади первого участка нажать клавишу HOLD и, далее, обводить второй участок, затем, после нажатия указанной клавиши, третий и следующие участки. Многократные измерения площади одного и того же участка могут осредняться. Измерив площадь, нажимают клавишу END и снова измеряют площадь того же участка. После нажатия клавиши AYER осредненный результат высвечивается на табло дисплея.

Цифровая клавиатура планиметра *PLANIX-7* позволяет вводить пользовательский масштаб, в котором вычисляется площадь плана или рисунка. Для этого клавишей UNIT указывают единицы измерения в см<sup>2</sup>.

Далее вводят значение  $1\text{м}^2$ , соответствующее  $1\text{ см}^2$  в данном масштабе (для М 1:10000 вводят  $100\text{м}^2$ , для М 1:2500 вводят  $25\text{м}^2$  и т.д.) и нажимают клавишу SCALE. При обводе контуров трассером следует перемещаться строго по линии контура, при отклонении от линии, на пример вправо, нужно тут же отклониться влево на ту же величину, чем компенсируется случайная ошибка измерений.

Планиметр *PLANIX-7* показывает значение площади с отрицательным знаком, если обвод контура участка выполнять против часовой стрелки. Это обстоятельство используется при вычитании площадей, расположенных внутри большого контура. Сначала обводят контур основного участка по ходу часовой стрелки и фиксируют значение площади клавишей HOLD, переводят трассер на контур участка, расположенного внутри первого, освобождаются от фиксации вторым нажатием клавиши HOLD и обводят внутренний участок против часовой стрелки. В конце обвода на табло высветится разность площадей первого и второго участков.

#### **4.6 Определение площадей контуров ситуации, составление экспликации**

Площади землепользования определяются и увязываются в пределах отдельных планшетов или в пределах теодолитного полигона, проложенного по границе землепользования сельскохозяйственного предприятия. Общая площадь планшета легко вычисляется по размерам рамок трапеции. Площадь всего землепользования определяется аналитически по координатам точек полигона, а при отсутствии этих данных - по способу А.Н. Савича. Указанные площади принимаются безошибочными (теоретическими).

Для обеспечения надлежащей точности определения площадей работу рекомендуется выполнять в следующей последовательности.

1. Определяют площадь планшета или землепользования, которая затем делится на секции размером 2-4 дм<sup>2</sup>. Размеры и форма секций выбираются с расчетом, чтобы при работе планиметром угол между его рычагами изменялся в пределах от 30 до 150°, а число контуров не превышало 50-100.

2. Площади отдельных секций определяют планиметром двумя обводами при двух положениях полюса (ПП и ПЛ). Расхождения между значениями разностей отсчетов, полученных при ПП и ПЛ, не должны превышать допустимых величин.

3. Сумму площадей всех секций  $\sum S_c$  сравнивают с теоретической площадью  $S_0$  и определяют невязку

$$f_s = \sum S_c - S_0 \quad (30)$$

Относительная невязка не должна превышать допустимую, т.е.

$$\frac{f_s}{S_0} < 1:500$$

Если невязка допустима, то она распределяется с обратным знаком пропорционально площадям секций. Сумма исправленных площадей секций должна быть равна теоретической площади.

4. В каждой секции определяют площади отдельных контуров с учетом следующих требований:

площади земельных угодий определяют планиметром двумя обводами при двух положениях полюса, а площади контуров ситуации - двумя обводами при одном положении полюса;

площади мелких контуров определяют графическим способом и палетками;

площади узких вытянутых контуров (площади под дорогами, ручьями, канавами, полезащитными лесополосами и др.) вычисляют как

площади прямоугольников, длину которых определяют по плану, а ширину принимают по результатам съемки либо измеряют на плане;

для уменьшения невязок по секциям площади узких и вкрапленных контуров включают в площадь соседних угодий или же угодий, в которые они вкраплены.

5. Результаты определения площадей и их увязки заносятся в специальную ведомость.

Площади узких и вкрапленных контуров заносятся в отдельный столбец и в увязке площадей не участвуют. Допустимая невязка суммы площадей контуров при сравнении ее с общей площадью секции определяется по формуле

$$f_S^{\text{доп}} = 0,7 \times \mu \times \sqrt{n} + 0,05 \frac{M}{10000} \sqrt{S}, \quad (31)$$

где  $\mu$  - относительная цена деления планиметра, га;

$n$  - число контуров, не включая вкрапленных;

$M$  - знаменатель численного масштаба плана;

$S$  - площадь секции (участка), га.

Невязка  $f_S$  распределяется пропорционально коэффициентам поправок, приведенным в таблице 1.

Чтобы получить примерные коэффициенты поправок для масштаба 1:5 000, надо значения площадей для масштаба 1:10 000 уменьшить в 4 раза. Коэффициенты поправок для масштаба 1:50 000 можно получить, если увеличить площади для масштаба 1:25 000 в 4 раза.

Таблица 1 - Коэффициент поправок для различных способов определения площадей на планах

Коэффициент поправок	Механический и по палеткам		Графический	
	1:10000	1:25000	1:10000	1:25000
0,1	Менее 0,15	Менее 1	Менее 2	Менее 15
0,2	0,16-0,35	1-3	2-5	15-35
0,5	0,36-,75	3-5	5-10	35-75
1	0,75-3	5-25	10-20	75-150
2	3-5	25-40	20-34	150-250
3	5-8	40-60	34-48	250-350
4	8-15	60-110	48-63	350-450
5	15-20	110-160	63-77	450-550
6	20-26	160-230	77-91	550-650
7	26-35	230-280	91-105	650-750
8	35-45	280-350	105-119	750-850
9	45-55	350-450	119-133	850-950
10	55-65	450-500	133-148	950-1050
11	65-76	500-580	-	-
12	76-87	580-660	-	-
13	87-98	660-750	-	-
14	98-110	750-850	-	-
15	110-123	850-950	-	-
16	123-136	950-1050	-	-
17	136 и более	-	-	-

Сумма исправленных площадей всех контуров должна быть равна площади секции.

На основе ведомости определения площадей составляют экспликацию - таблицу состава земель по угодьям. Типовые формы экспликации разработаны применительно к сельскохозяйственным условиям различных районов страны.

Вычисляют и увязывают площади в ведомости, в которой для площадей вкрапленных контуров, не участвующих в увязке, отводят отдельный столбец.

По данным этой ведомости составляют экспликацию — таблицу состава земель по угодьям. В землеустроительных организациях



разработаны образцы экспликаций применительно к сельскохозяйственным условиям районов России.

### **Вопросы для самостоятельного изучения**

20. Измерение площадей механическими способами. Использование ЭВМ для определения площадей.

21. Основные требования, предъявляемые к проектируемым участкам в землеустройстве.

## **5 МЕТОДЫ И ПРИЕМЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ УЧАСТКОВ**

### **5.1 Общие сведения о проектировании**

Важным элементом землеустроительных мероприятий является землеустроительный проект.

*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 проекта является проектный план, на котором показываются границы, местоположение и площади землепользований, земельных массивов производственных подразделений, земельных угодий, севооборотных массивов, сенокосооборотов, участков пастбищеоборотов, дорожная сеть и др.

Сущность проектирования состоит в графическом построении на проектном плане с определенной точностью экономически обоснованных земельных участков заданной площади, местоположения и прохождения границ.

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

Проектирование начинают с изучения задания на проектирование. По заданию, используя план (карту) землепользования, материалы различных обследований составляют предварительный (эскизный) проект, в котором может быть несколько вариантов. Проведя обследование местности, оценив ее геодезическую обеспеченность и состояние, а также экономический анализ вариантов проекта принимают решение о способах и приемах окончательного проектирования.

В окончательном проекте производят уточнение положения границ проектируемых участков и их площадей. По проектному плану составляют разбивочный чертеж. На разбивочном чертеже показывают:

1. пункты геодезической сети;
2. проектные границы;
3. проектные горизонтальные углы и расстояния;
4. исходные геодезические данные для привязки проекта границ земельных участков к геодезическим пунктам;
5. последовательность геодезических работ в виде стрелок и расположения надписей значений проектных величин.

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, а элементы, образующие заданную площадь, приходится подбирать, учитывая к тому же различные специальные требования.

## **5.2 Аналитический способ проектирования участков и его точность**

При этом методе необходимые элементы участков вычисляют по его проектной (заданной) площади и известным угловым и линейным элементам, измеренным на местности или по их функциям (координатам). При этом наличие плана необязательно, достаточно иметь схематический чертеж, на который выписываются все известные элементы участка.

Участок можно спроектировать в один прием, если он имеет треугольную или иногда прямоугольную форму.

Как правило, в остальных случаях аналитическим методом вычисляют площадь предварительно намеченного участка, после чего проектируют недостающую (или избыточную) площадь до заданной (проектной) треугольником, четырехугольником или трапецией в зависимости от поставленных условий к прохождению границы.

Наиболее часто встречающиеся случаи:

1. В участке требуется спроектировать площадь линией, проходящей через точку D.

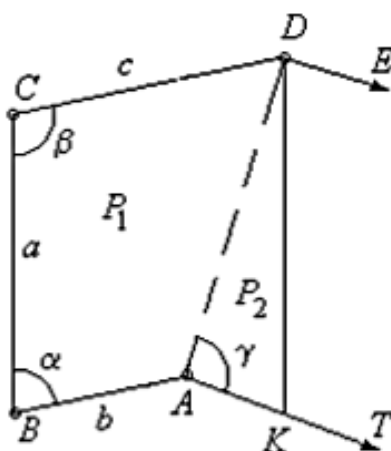


Рисунок 8 – Схема к проектированию площади линией, проходящей через заданную точку

Проектируют треугольником недостающую площадь  $P_2$  и вычисляют длину линии АК, при этом угол  $\gamma$  определяют как разность дирекционных углов (АТ) и (АD):

$$\gamma = (AT) - (AD) \quad (32)$$

тогда

$$AK = \frac{2P_2}{AD \sin \gamma} \quad (33)$$

2. В участке, имеющем форму четырехугольника, надо спроектировать площадь линией, проходящей через точку А,  $P_1 > P$ .

Решение задачи сводится к определению длины  $CL$ , которая нужна для перенесения проекта в натуру:

$$CL = \frac{2P - a \cdot b \cdot \sin \alpha}{a \cdot \sin \beta + b \cdot \sin(\alpha + \beta - 180^\circ)} \quad (34)$$

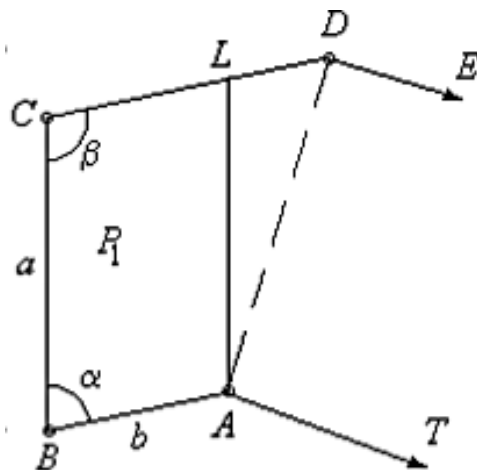


Рисунок 9 – Схема к проектированию площади имеющей форму четырехугольника линией, проходящей через заданную точку

3. В участке спроектировать площадь  $P$  линией  $MN$ , параллельной заданному направлению.

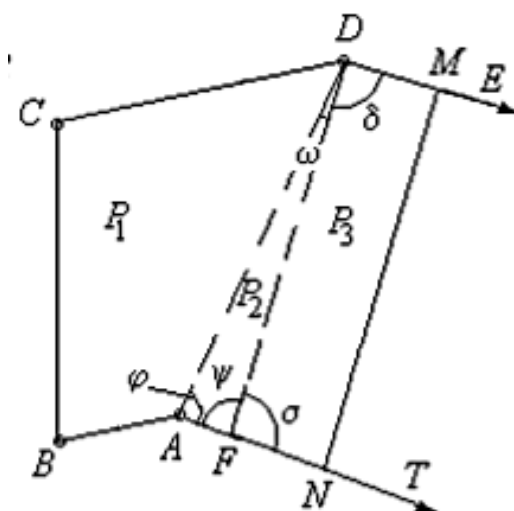


Рисунок 10 – Схема к проектированию площади линией, параллельной заданному направлению

Вычисляют:

$$- P_1 = P_{ABCD};$$

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

- углы в треугольнике ADF:

$$\varphi = (AT) - (AD)$$

$$\omega = (DA) - (DF)$$

$$\psi = (FD) - (FA)$$

- AF, FD, P<sub>2</sub>:

$$AF = \frac{AD}{\sin\psi} \sin\omega$$

$$FD = \frac{AD}{\sin\psi} \sin\varphi$$

$$P_2 = \frac{AF \cdot FD \cdot \sin\psi}{2}$$

$$P_3 = P_{\text{пр}} - P_1 - P_2.$$

Проектируемая площадь P<sub>3</sub> должна иметь форму трапеции. Определяют  $\delta = (DF) - (DE)$ ,  $\sigma = (AT) - (FD)$ .

Так как (по одной из формул площади трапеции)

$$P_3 = \frac{1}{2} \cdot \frac{DF^2 + MN^2}{\text{ctg}\delta + \text{ctg}\sigma}$$

то

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

4. В участке спроектировать четыре участка, каждый площадью P, линиями, параллельными AB.

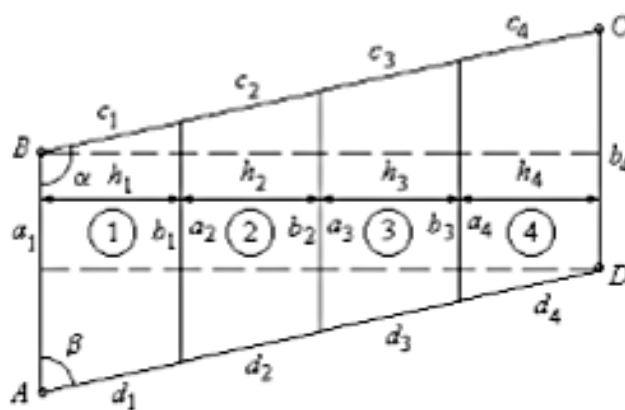


Рисунок 11 – Схема к проектированию участков равной площади линиями параллельными заданному направлению

Проектирование производится трапециями, начиная с первого участка:

$$b_1 = \sqrt{a_1^2 - 2P(\operatorname{ctg}\alpha + \operatorname{ctg}\beta)}, \quad (35)$$

$$h_1 = \frac{2P}{a_1 + b_1}, \quad (36)$$

$$c_1 = \frac{h_1}{\sin \alpha}, \quad (37)$$

$$d_1 = \frac{h_1}{\sin \beta}. \quad (38)$$

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

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

### 5.3 Графический способ проектирования 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).

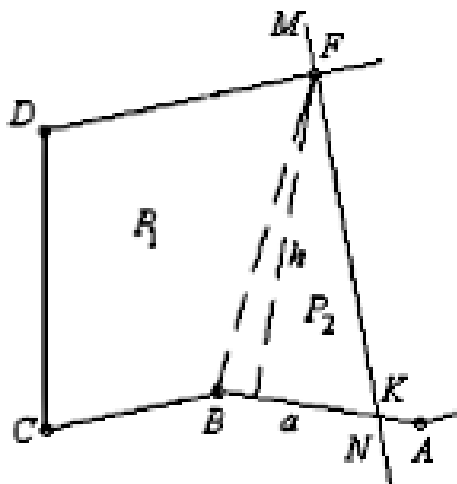


Рисунок 12 – Схема к проектированию треугольником

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.

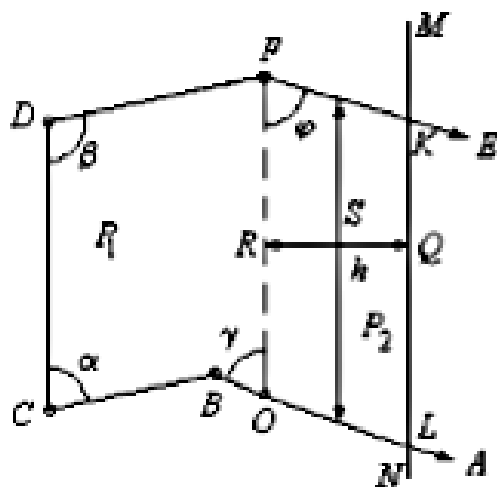


Рисунок 13 – Схема к проектированию трапецией

По заданной площади 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

$$h' - h'' \leq \frac{0,3(\text{мм}) \cdot h}{s} \rightarrow \frac{0,6(\text{мм}) \cdot h}{a+b} \quad (39)$$

Поля, усадебные участки, имеющие длинные параллельные стороны, при графическом способе проектируют, как правило, трапециями.

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. Заданную площадь каждого участка делят на свою среднюю линию или на полусумму оснований трапеции.

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

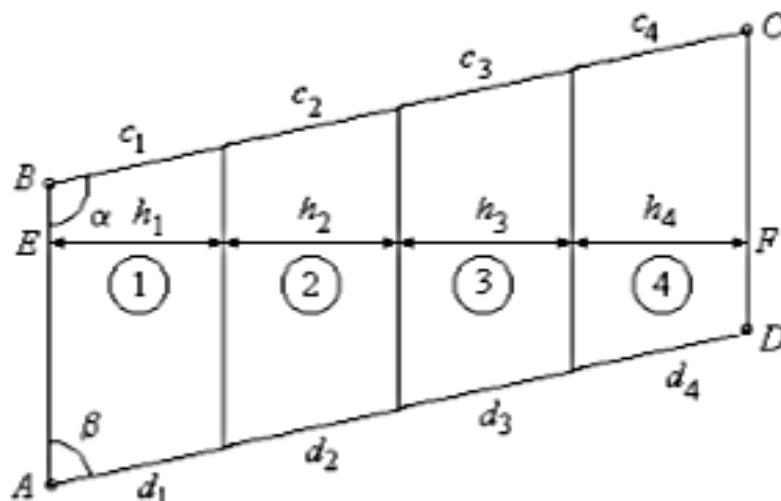


Рисунок 14 – Схема к проектированию трапециями, когда гон или квартал имеет форму трапеции

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.

#### 5.4 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 двухкратным обводом.

## **5.5 Спрявление границ участков**

Необходимость спрявления границы чаще всего возникает при уничтожении вклинивания в границы землепользования. При этом

новую границу проводят с таким расчетом, чтобы площади землевладений не изменились.

В зависимости от наличия геодезических данных по границам, требуемой точности и конфигурации границ спрямление может производиться следующими способами:

- Аналитический - имеются координаты поворотных точек границы;
- Графический - границы изображены на плане и по форме являются прямыми отрезками;
- Механический - границы изображены на плане и являются сильно изломанными по форме;
- Комбинированный - совмещение графического и механического методов.

Варианты спрямления:

*Проектная граница проходит через заданную точку - аналитический метод.*

Имеются два смежных участка с общей границей в точках ABCDEF. Требуется удалить изломы в точках BCDE.

1. По координатам определяется площадь фигуры

$$2P = \sum x_k(y_{k+1} - y_{k-1})$$

2. В результате вычислений получим  $P_\delta$

3. При выполнении условия  $P_1 + P_3 = P_2$

$P_\delta$  будет равна нулю и спрямлённая граница примет вид прямой АЕ.

4. Если  $P_\delta \neq 0$ , то необходимо найти положение проектной линии АК, для этого при помощи ОГЗ находим  $S_{AE}$  и  $\alpha_{AE}$ .

$$\beta = \alpha_{EA} - \alpha_{FE}$$

5. EK определяется как сторона  $\Delta AЕК$  с площадью  $P_\delta$ . Если  $S_{ЕК}$  намного меньше  $S_{AB}$ , то можно совмещать аналитический способ с графическим. В этом случае  $S_{ЕК} = \frac{2P_\delta}{h}$ .  $h$  определяется по плану.

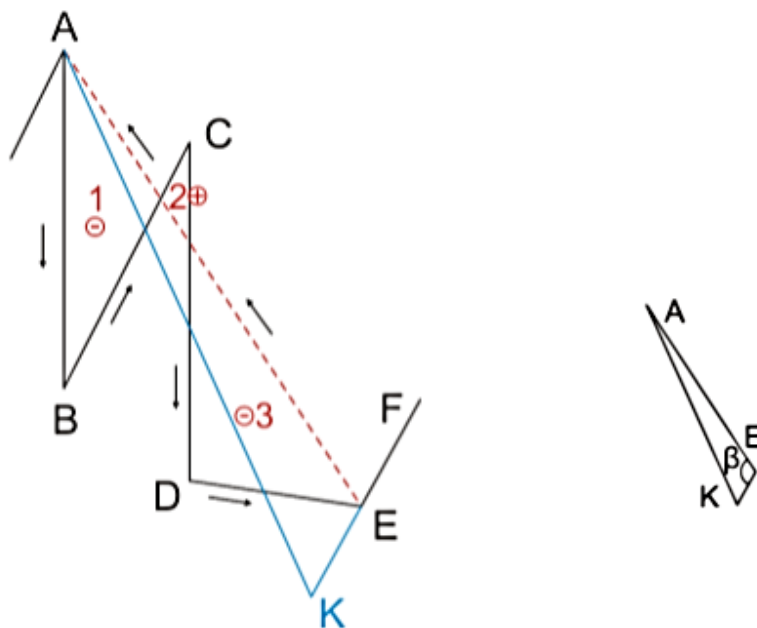


Рисунок 15 – Схемы к проектированию границы аналитическим способом

*Проектная граница проходит через заданную точку - графический метод.*

Способ применим, если неизвестны координаты ABCDEF.

Если  $P_\delta = 0$ , то спрямлённая граница примет вид прямой АЕ.

Если  $P_\delta \neq 0$ , то необходимо определить отрезок ЕК, для этого аналогично строим  $\Delta AЕК = P_\delta$ , проводим перпендикуляр  $h$  и определяем

ЕК по формуле  $S_{ЕК} = \frac{2P_\delta}{h}$

Проектная граница проходит через заданную точку - механический метод.

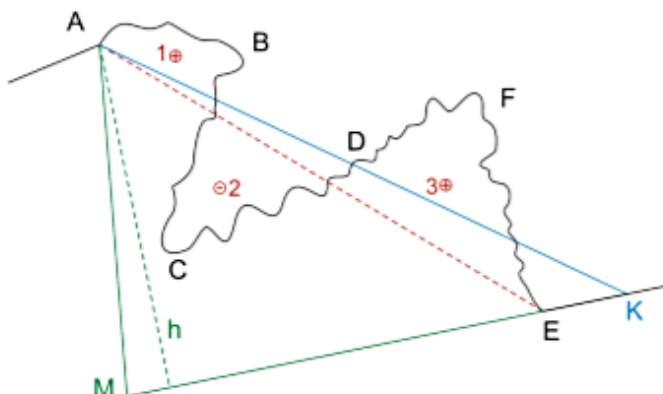


Рисунок 16 - Схема к проектированию границы механическим способом

Способ аналогичен графическому, только PAB CDEF измеряется планиметром. Затем опускаем перпендикуляр на основание EM и определяем

$$S_{MK} = \frac{2P_{FDCDEF}}{h}$$

На плане измеряем отрезок МК, а для выноса в натуру точки К измеряем отрезок ЕК.

Проектная граница проходит через 2 заданные точки.

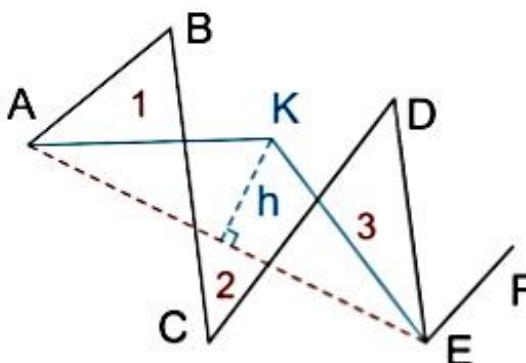


Рисунок 17 - Схема к проектированию границы через 2 заданные точки

Задача решается в зависимости от наличия исходных данных. При аналитическом способе  $S_{AE}$  вычисляется по координатам, а при графическом и механическом  $S_{AE}$  измеряется по плану.

$$P_1 + P_3 - P_2 = P_\delta$$

Если  $P_\delta = 0$ , то АЕ является линией спрямления.

Если  $P_\delta \neq 0$ , то необходимо решение свести к определению высоты  $h$  в треугольнике с основанием АЕ. В зависимости от величины  $P_\delta$  вычисляется длина высоты  $h$ , полученная точка К является точкой новой границы.

Высота  $h$  строится в любом месте перпендикулярно к линии АЕ в зависимости от хозяйственной целесообразности (как удобно землепользователям).

*Спрямление границы линией заданного направления.*

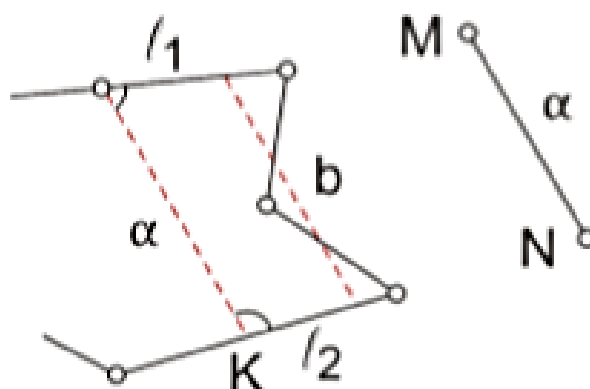


Рисунок 18 - Схемы к спрямлению границы линией заданного направления

Получаем положение точки К, вычисляем площадь ломанной фигуры, далее определяем необходимые проектные элементы трапеции –  $l_1, l_2, b$ .

*Спрявление границы путем графических построений.*

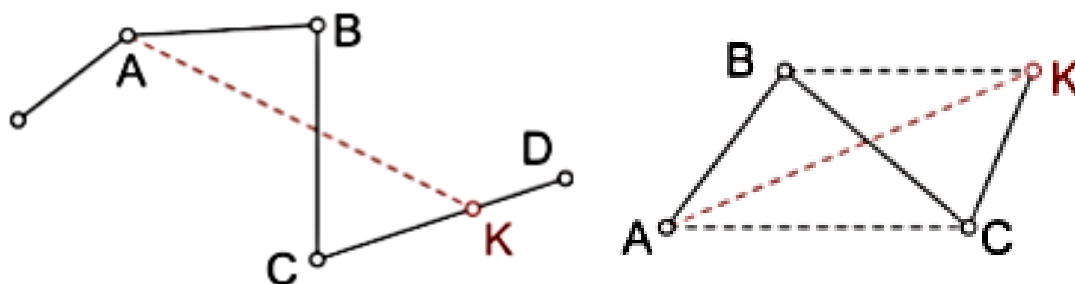


Рисунок 19 - Схемы к спрявлению границы путем графических построений

Проводим линию BK параллельно AC. Треугольники ABC и BCK равновеликие, как треугольники в составе трапеции, которые имеют общее основание и одинаковые высоты.

### **Вопросы для самостоятельного изучения**

22. Влияние погрешностей съемки, составления плана, графического и механического способов проектирования участков на точность их площадей.
23. Стадии составления проектов землеустройства. Способы и правила составления проектов.
24. Требования к точности площадей, расположения границ проектируемых участков и определения уклонов



## **6 ПЕРЕНЕСЕНИЕ ПРОЕКТА В НАТУРУ**

### **6.1 Сущность и методы переноса проектов в натуру**

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

Технически перенесение проекта в натуру представляет действие, обратное съемке: в процессе съемки и составления плана контуры угодий и участков местности наносят на план, при перенесении же проекта в натуру границы участков с плана переносят на местность. Следовательно, 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 при проектировании 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 способами), то на точность перенесенных в натуру участков, помимо погрешностей полевых измерений, будут влиять и погрешности графического определения величин углов и длин линий по плану.

От перенесения проекта в натуру как завершающей стадии землеустроительных работ в большой степени зависит точность расположения на местности участков, параллельность и перпендикулярность их сторон, расхождение действительных площадей участков на местности с площадями, указанными в экспликациях. Неправильно выбранным методом перенесения землеустроительного проекта в натуру можно свести на нет точность, полученную в процессе проектирования. Поэтому три геодезических процесса: съемка, проектирование и перенесение проекта в натуру должны производиться по точности согласованно. При допущенной неточности в одном из процессов нельзя достичь требуемой точности к проекту в целом.

Перенесение проекта в натуру производится следующими методами:

промеров — мерным прибором (лентой, электронным тахеометром, светодальномером);

угломерным — теодолитом с мерным прибором, электронным тахеометром;

графическим — мензулой.

Целесообразность применения того или иного метода зависит от:

1) технических требований к параллельности и перпендикулярности сторон проектируемых участков;

2) способа проектирования, который применялся при составлении проекта землеустройства;

3) топографических условий местности (ровная, с ясно выраженным рельефом, открытая, закрытая);

4) вида проектных линий (прямые или ломаные);

5) вида планово-картографического материала, использованного при проектировании (планы теодолитной, мензульной съемки, аэрофотосъемки и др.).

Перенесению проекта мерным прибором следует всегда отдавать предпочтение перед другими методами, особенно в тех случаях, когда: местность открытая, т. е. проложению проектной линии на местности не препятствуют древесные насаждения, постройки, рельеф; 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 видов 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  $40^\circ$  и не более  $140^\circ$ .

Перенесение проекта в натуру теодолитом и мерным прибором производится в случаях, когда: условия местности ввиду залесенности, закустаренности, наличия древесных насаждений, застроенности или всхолмленности, закрывающих видимость в нужных направлениях, не позволяют осуществить перенесение проекта только методом промеров; проектные границы представляют ломаные линии и при проложении их возникает необходимость строить углы; 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.

Методы и приемы перенесения проекта должны соответствовать способам съемочных и проектировочных работ.

## 6.2 Подготовительные работы при переносе проектов в натуру

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

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

Подготовительные работы состоят из следующего:

1. осмотра местности;
2. установления методов перенесения проекта в натуру;
3. сгущения пунктов геодезического обоснования;
4. определения величин промеров и углов (подписывания их на проектном плане);
5. 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:

$$dS = -\frac{Sy^2}{2R^2}, \quad (40)$$

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

$$\Delta S = +\frac{h^2}{2S}, \quad (41)$$

где h – превышение конца проектной линии над ее началом;

или

$$\Delta S = +\frac{i^2}{2}S, \quad (42)$$

если на плане нет горизонталей, а задан уклон i;

или

$$\Delta S = +2S\sin^2\frac{\nu}{2} \quad (43)$$

если задан угол наклона  $\nu$ .

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  $q_{\text{доп}}=q \cdot 2=2,0$  мм. Тогда допустимая невязка в сумме отрезков, мм,

$$f_{\text{доп}} = 0,2\sqrt{n + 5}, \quad (44)$$

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 для переноса проекта в натуру**

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:

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

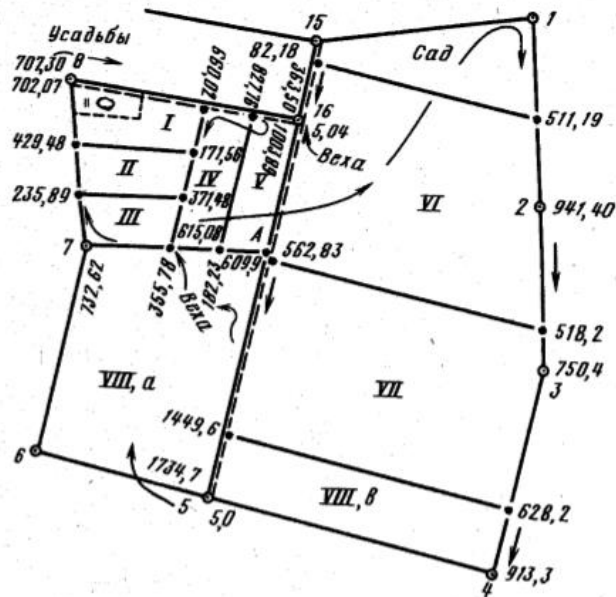


Рисунок 20 - Фрагмент разбивочного чертежа

На разбивочном чертеже показывают:

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

Промеры до границ участков на разбивочном чертеже (рис. 20) записывают нарастающим итогом по ходу, начиная от одной опорной точки до следующей, возле проектных и конечных опорных точек. Это удобно при выносе линии на местность. Во-первых, избавляет от ошибок при суммировании отрезков линии. Во-вторых, делает непрерывным процесс измерения от исходной точки мерной лентой или электронным дальномером (тахеометром) когда вдоль линии перемещают отражатель. В-третьих – получение контрольного отсчета



в конце опорной линии, равного ее длине, что именно по этой линии переносится проект в натуру.

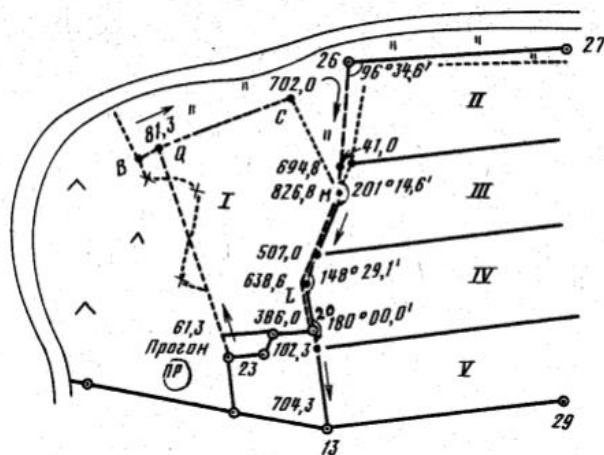


Рисунок 21 - Пример записей в разбивочном чертеже

Составляя разбивочный чертеж, продумывают маршрут движения при выполнении полевых работ и отмечают его указательными стрелками (рис. 20 и 21). Одновременно с этим отмечают точки, в которых будут установлены вехи для ориентирования при проложении боковых ходов и линий, служащих опорными для разбивки других участков.

Маршрут движения отмечают стрелками.

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

#### 6.4 Способы перенесения проектов в натуру

Основные методы перенесения в натуру планового положения проектных точек

1. Промеры по створу опорной линии
2. Метод перпендикуляров

3. Метод полярных координат

4. Метод теодолитного хода

### *Метод промеров*

Метод применяют когда проектные точки  $P_1, P_2, \dots, P_n$  находятся в створе линии АВ.

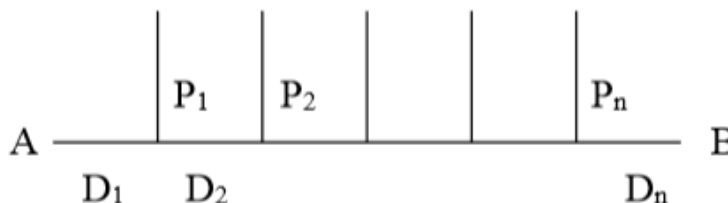


Рисунок 22 - Схема к перенесению в натуру методом промеров

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°. 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.

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

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.

### *Метод перпендикуляров*

Используют когда проектные точки  $P_1$ - $P_n$  находятся вблизи опорной линии АВ, что позволяет строить перпендикуляры длиной до 20 м с помощью рулетки и на глаз.



Рисунок 23 - Схема к перенесению в натуру методом перпендикуляров

### *Метод полярных координат*

Этот метод используют при перенесении в натуру проектных точек  $P_1, P_2, \dots, P_n$  путем построения полярных углов  $\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_n$  и полярных расстояний  $D_1, D_2, \dots, D_n$  с помощью теодолита, мерной ленты или других приборов, позволяющих выполнять указанные построения.

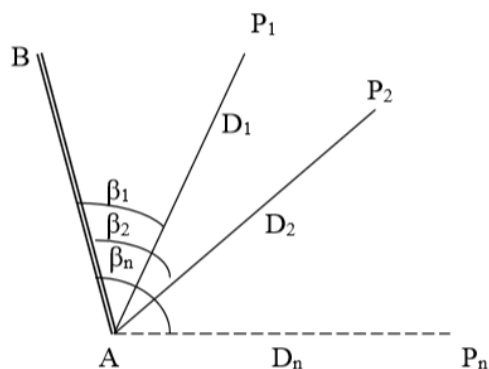


Рисунок 24 - Схема к перенесению в натуру методом полярных координат

### *Метод теодолитного хода*

Этот метод применяют для перенесения в натуру проектных точек, которые не находятся в створе опорной линии, но между ними есть взаимная видимость и возможность измерения расстояния лентой или рулеткой.

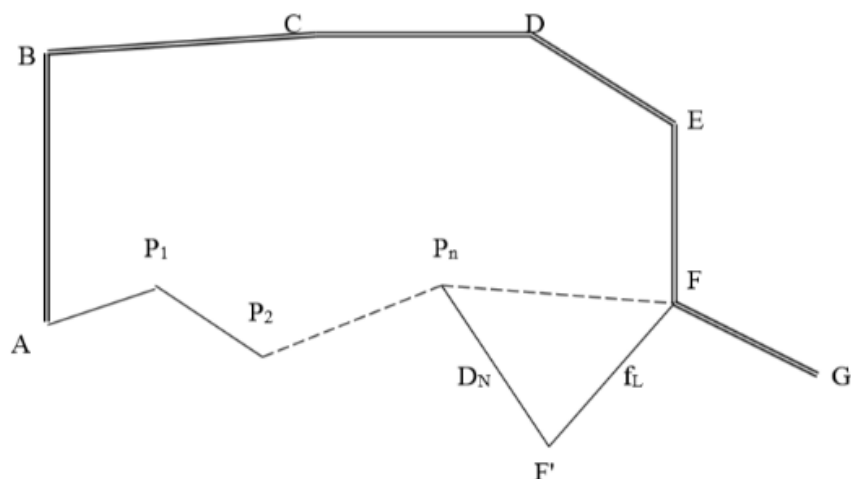


Рисунок 25 - Схема к перенесению в натуру методом теодолитного хода

Исходными данными для построения проектного теодолитного хода являются углы  $\beta_A, \beta_1, \beta_n$  и стороны  $D_1, D_n$ . Если проектирование выполнено на плане или карте, то эти данные получают путем решения обратных геодезических задач по результатам измерения графических координат  $P_1, P_2, P_n$  и известных координат опорных пунктов  $A$  и  $F$ . После построения проектных углов и отрезков линии на местности может возникнуть невязка  $f_L$  – это когда конец последнего отрезка хода  $F'$  не совпадает с положением опорного пункта  $F$ . Если фактическая невязка

$$f_L < f_L^{\text{доп}}, \quad (45)$$

то намеченные проектные точки перемещают на величину поправок:

$$\delta_{PK} = - \sum D_i (-f_L / L) \quad (46)$$

методом параллельных прямых линий по направлению противоположному линии невязки  $f_L$ .

### 6.5 Внесение уточнений в проект и его оформление

При перенесении проектных данных на местность появляются различного рода поправки и изменения из-за несовпадений и

появившихся в процессе перенесения новых контуров. В этом процессе используется разбивочный чертеж. Он является техническим документом (наравне с абрисом, составляемым при съемках). Записи в этом документе невязок, расхождений результатов полевых измерений линий (несовпадающих с данными, записанными на разбивочном чертеже), результатов до съемок появившихся контуров, результатов контрольных определений положения опорных точек на местности и их проектными координатами и т. д.

Все эти записи используют для исправления проектного плана. Ненужное зачеркивают. Наносят и записывают новые данные. Уточняют площади перенесенных в натуру участков на проектном плане и в ведомостях вычисления площадей, если изменения их превышают удвоенные средние квадратические погрешности определения площадей соответствующим способом.

По окончании проектирования и перенесения проекта в натуру подлинники всех расчетных материалов, таблиц, графических схем отдельных фрагментов проекта землеустройства оформляют в дело и хранят в архиве проектной организации. При этом графический проект (проектный план) в подлиннике оставляют в карандаше в достаточно четком и ясном оформлении.

На втором чертеже графического проекта, который предъявляют при рассмотрении, согласовании и после завершения всех работ выдают заказчику, производят окраску всех земельных угодий соответствующими цветами.

### **Вопросы для самостоятельного изучения**

25. Вынос проекта в натуру способом промеров (включая способы прямоугольных координат и линейных засечек). Камеральная подготовка, полевые работы.

26. Вынос проекта в натуру полярным способом, и способом угловых засечек. Камеральная подготовка, полевые работы.
27. Закрепление границ, исполнительная съёмка.
28. Точность площадей участков, перенесенных в натуру.
29. Внесение уточнений на основе данных перенесения проекта в натуру и оформление проекта.
30. Точность площадей участков, спроектированных аналитическим способом и перенесенных в натуру методом промеров или угломерным методом.
31. Особенности перенесения проекта в натуру по материалам аэрофотосъёмки.

## Список использованной литературы

1. Лысов А.В. Геодезические работы при землеустройстве: учеб. пособие /А.В. Лысов, А.С. Шиганов; ФГОУ ВПО «Саратовский ГАУ им. Н.И. Вавилова».- Саратов, 2007. – 147 с.
- 2.Инженерная геодезия. Землеустройство: учеб. пособие / В.С. Ермаков [и др.]. - СПб.: Изд-во СПбГТУ, 2001. - 104 с.
3. Инструкция по межеванию земельных участков. – М.: Недра, 2002.
4. Инструкция по межеванию земель/ Комитет Российской Федерации поземельным ресурсам и землеустройству. – М.: Роскомзем, 1996. – 30 с.
5. Инструкция по топографической съемке в масштабах 1:5000, 1:2000, 1:1000 и 1:500. – М.: Недра, 1985.
6. Инструкция по топографической съемке в масштабах 1:10000 и 1:25000. Полевые работы. – М.: Недра, 1978.
7. Маслов А.В. Геодезия: учебник для вузов/ А.В. Маслов, А.В. Гордеев, Ю.Г. Батраков. –6-е изд., перераб. и доп. – М.: КолосС, 2006. – 598 с.
8. Маслов А.В. Геодезические работы при землеустройстве / А.В. Маслов, А.Г. Юнусов, Г.И. Горохов.- 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Недра, 1990.
9. Методические рекомендации по проведению межевания объектов землеустройства. – М.: Росземкадастр, 2003. – 18с.
10. Неумывакин, Ю.К. Земельно-кадастровые геодезические работы/ Ю.К. Неумывакин, М.И. Перский.– М.: КолосС, 2008.
11. Поклад Г.Г. Геодезия: учебное пособие для вузов / Г.Г. Поклад, С.П. Гриднев. – М.: Академический Проект, 2007. – 592 с.



12. Условные знаки для топографических планов масштабов 1:5000, 1:2000, 1:1000 и 1:500. – М.: Недра, 1989.

13. Условные знаки для топографической карты масштаба 1:10000 – М.: Недра, 1989.

Пшеничная Надежда Николаевна

Геодезические работы при землеустройстве: учебное пособие для обучающихся направлений подготовки направлению подготовки 21.03.02 Землеустройство и кадастры ФГБОУ ВО Приморская ГСХА

Подписано в печать \_\_\_\_\_ 2015 г. Формат 60x90 1/16. Бумага писчая.

Печать офсетная. Уч.-изд.л. 6,1. Тираж \_\_\_\_\_ экз. Заказ \_\_\_\_\_

ФГБОУ ВО Приморская ГСХА

Адрес: 692510, г. Уссурийск, пр-т. Блюхера, 44

Участок оперативной полиграфии ФГБОУ ВО Приморская ГСХА

692500, г. Уссурийск, ул. Раздольная,