

**А.Н. СОЛОВЬЁВ, М.М. ОРЕХОВ,
О.М. МАТЭР, В.Е. БОЖБОВ**



ПРИКЛАДНАЯ ГЕОДЕЗИЯ

Учебное пособие

Санкт-Петербург

2021

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования «Санкт-Петербургский государственный
лесотехнический университет имени С.М.Кирова»
(СПбГЛТУ)

Кафедра Геодезии, землеустройства и кадастров
А.Н. Соловьев, М.М. Орехов, О.М. Матэр, В.Е. Божбов

ПРИКЛАДНАЯ ГЕОДЕЗИЯ

Учебное пособие
для студентов, обучающихся по направлению подготовки
21.03.02 «Землеустройство и кадастры»

САНКТ-ПЕТЕРБУРГ
2021

Рассмотрено и рекомендовано к изданию:

Кафедрой геодезии, землеустройства и кадастров института леса и природопользования
Санкт-Петербургского государственного лесотехнического университета протокол №13
от 02 марта 2021 года.

Учебно методической комиссией Санкт-Петербургского государственного
лесотехнического университета Протокол №7 от 09 марта 2021 года.

Составители:

Соловьев А.Н., Орехов М.М., Матэр О.М., Божбов В.Е.

Рецензенты:

Ректор АНО ДПО «АПР», д.т.н. Е.П. Тарелкин

ООО «Единый центр кадастра и геодезии». Ген. директор Д.К. Иванов

Учебное пособие по прикладной геодезии для студентов, обучающихся по
направлению подготовки 21.03.02 « Землеустройство и кадастры»: учебное
пособие / А.Н. Соловьев, М.М. Орехов, О.М. Матэр, В.Е. Божбов – СПб.:
СПбГЛТУ, 2021. – 86с.

Представлено кафедрой геодезии, землеустройства и кадастров

Учебное пособие предназначено для студентов направления «Землеустройство и кадастры». В пособии рассматриваются основные задачи геодезического обеспечения землеустроительных и кадастровых работ, основные системы координат, применяемые в кадастровой деятельности, освещаются вопросы проектирования геодезического обоснования для выполнения работ по межеванию земель и выполнению кадастровых съемок, геодезические работы по вынесению на местность проекта межевания, восстановлению утраченных межевых знаков, оценка точности геодезических работ.

Пособие предназначено для студентов, обучающихся по направлению подготовки 21.03.02 « Землеустройство и кадастры». Пособие может быть также полезно студентам, обучающимся по направлениям подготовки 08.03.01 "Строительство", 23.03.01 "Технология транспортных процессов", 35.03.02 "Технология лесозаготовительных и деревоперерабатывающих производств.

Библиогр. 15 назв.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	4
Глава 1. Системы координат для геодезического обеспечения кадастровых работ.....	7
Глава 2. Геодезическая основа кадастровой деятельности.....	13
2.1. Государственная геодезическая сеть.....	13
2.2. Геодезические сети специального назначения.....	20
2.3. Современные аппаратура и методы построения геодезических сетей.....	26
2.4 Глобальная навигационная спутниковая система.....	27
Глава 3. Создание геодезического съемочного обоснования.....	36
3.1. Создание пункта съемочного обоснования методом прямой угловой засечки.....	36
3.2. Создание пункта съемочного обоснования методом обратной угловой засечки.....	39
3.3. Создание съемочной сети системой теодолитных ходов с одной узловоей точкой.....	43
3.4. Привязка теодолитных ходов к стенным знакам.....	52
3.5. Проектирование съемочного обоснования для выполнения кадастровых работ.....	55
Глава 4. Геодезическое обеспечение межевания.....	56
4.1. Содержание межевания земель.....	57
4.2. Геодезическая основа межевания земель.....	63
4.3. Требования к закреплению на местности границ земельного участка.....	63
Глава 5. Кадастровая съемка участка.....	65
5.1 Точность измерений на топографическом плане.....	66
5.2. Вынос на местность проекта межевания.....	67
5.3. Элементы разбивочных работ.....	70
Литература.....	86

ВВЕДЕНИЕ

Практическое решение многих задач землеустройства и кадастров базируется на данных, содержащих помимо многих других сведений информацию о местоположении граничных точек участков и их площадях. Получение указанных параметров невозможно без проведения соответствующих геодезических измерений как непосредственно на местности, так и на топографических планах и картах.

Геодезические работы, выполняемые для целей землеустройства и кадастров, имеют много общего с традиционными методами геодезических измерений на местности. В тоже время они характеризуются определенными специфическими особенностями, которые оказывают влияние на методы проведения измерений, обработку и представление их результатов. Например, имеют специфику расчеты, связанные с обоснованием необходимой точности измерений при межевании земель и определении площади участков, выборе оптимального масштаба топографического плана.

Перечисленные обстоятельства определяют роль и место геодезии в практике кадастровой деятельности. Поэтому цель и задачи изучения дисциплины заключаются в обеспечении будущего специалиста необходимыми знаниями по геодезии в различных условиях с учетом специфических запросов кадастровых съемок и других видов кадастровых работ.

Решение задач землеустройства и кадастров должно базироваться на достоверной информации об участках местности и их площадях и рельефе местности, учете инфраструктуры объекта, наличия в нем подземных коммуникаций и других объектов – водных, лесных и прочих. Поэтому содержание геодезических работ при ведении кадастровой деятельности связано, прежде всего, с крупномасштабной топографической съемкой участков местности и определении их площадей.

Съемку местности для составления кадастровых планов можно проводить различными методами, в том числе наземными и аэрофототопографическим, а также способами, базирующимися на современных технических средствах, например таких, как электронные тахеометры и сканеры, глобальные спутниковые навигационные системы. Это же можно отнести и к обработке результатов измерений, представлению и хранению информации.

Определение площадей участков также является весьма актуальной задачей в связи с кадастровой оценкой земель или при их аренде и купле-

продаже. В этом случае предъявляют повышенные требования к точности определения площадей, так как погрешность в оценке площади участка может весьма ощутимо сказаться на определении его стоимости.

Таким образом, геодезическое обеспечение кадастровой деятельности связано с решением ряда актуальных проблем.

Обоснование информативности и точности топографических планов и карт, используемых в кадастрах. Точность геодезических работ в кадастровой деятельности имеет специфические особенности, которые обусловлены тем, что информационную базу кадастра составляют данные межевания земель, координаты межевых знаков, направления и расстояния между ними, площадь земельного участка. Поэтому в первую очередь должны быть обоснованы допустимые погрешности положения межевых знаков и точность определения площадей участков, технологии определения координат межевых знаков и поддержания материалов межевания земель на современном уровне.

С технологией определения координат межевых знаков тесно связаны вопросы их закрепления на местности, поскольку достигнутая точность геодезических работ может быть сохранена лишь при условии неизменности их положения, и бесспорной идентификации на местности.

Современные задачи, возникающие при выполнении кадастровых работ, выдвигают новые требования к созданию опорных геодезических сетей, расчетам их точности. При этом могут развиваться нетрадиционные схемы геодезических сетей и методы их построения. В частности, вместо традиционных методов построения геодезических сетей (триангуляции, полигонометрии) все чаще практикуется применение глобальных навигационных спутниковых систем.

Решение современных задач земельного кадастра возможно при широком использовании аэрофототопографического метода съемки с применением дистанционно пилотируемых летательных аппаратов. В связи с этим обеспечивается внедрение автоматизированных систем обработки аэрофотоснимков с использованием цифровых технологий.

Одним из важнейших является вопрос поддержания данных кадастрового учета на современном уровне, так как при изменении границ собственности или ее переоформлении возникает необходимость быстрого внесения изменений в тематическую базу кадастровых данных. Для оперативного решения вопросов регистрации прав на участок земли перспективным является использование мобильных информационно-измерительных комплексов, которые размещают на автомобиле и включают в себя спутниковую приемную аппаратуру и электронный тахеометр, а также

автоматизированное рабочее место на базе персонального компьютера с набором периферийных устройств.

1.СИСТЕМЫ КООРДИНАТ ДЛЯ ГЕОДЕЗИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ КАДАСТРОВЫХ РАБОТ

Геодезические работы для обеспечения кадастровой деятельности выполняются на физической поверхности Земли, которая не может быть строго описана математически. Поэтому для корректной математической обработки результатов измерений при создании геодезического обоснования все длины линий на физической поверхности Земли необходимо перенести на поверхность математической модели земли.

Физическая поверхность Земли наиболее близка к поверхности эллипсоида вращения, поэтому в практике геодезических работ используют общеземные (глобальные) эллипсоиды WGS-84, ГСК- 2011 или референц-эллипсоид Красовского. Рис. 1

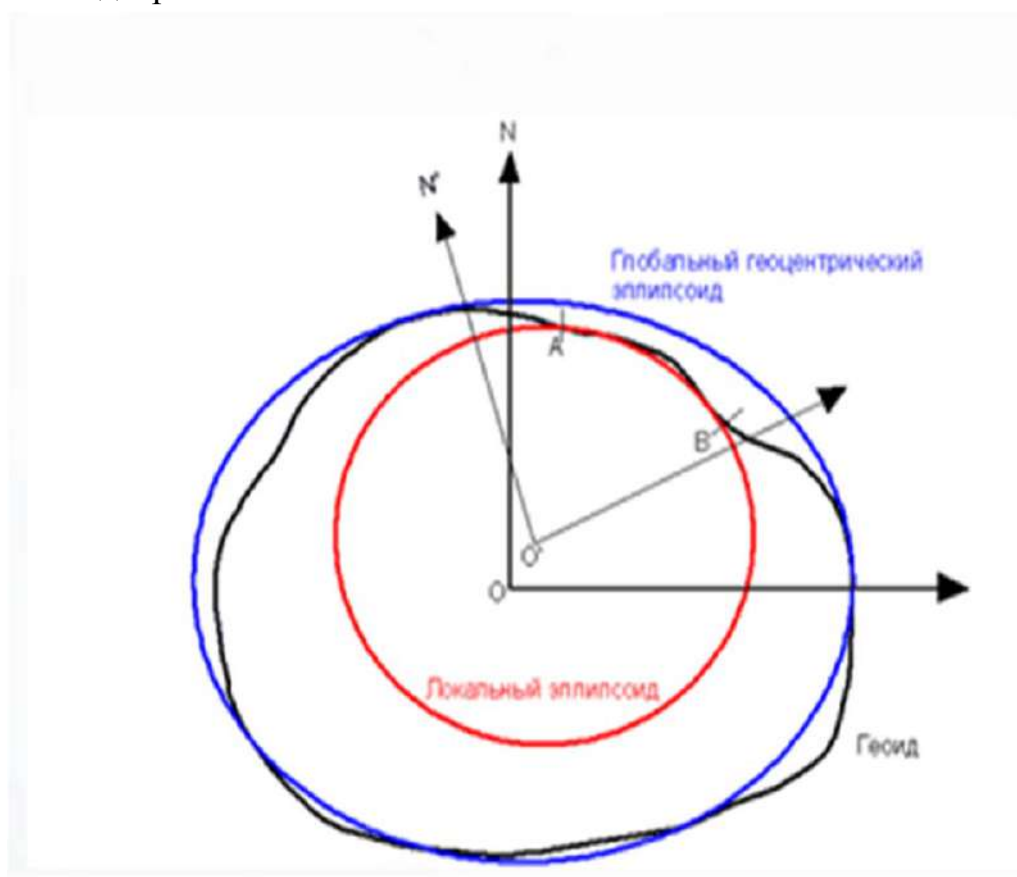


Рис. 1. Модели земной поверхности

В России до 1 июля 2002 г. использовалась референсная система 1942 г. – СК-42. В качестве координатной поверхности в этой системе была принята поверхность эллипсоида Красовского. Работы по его ориентированию в теле Земли (установление исходных геодезических дат) были закончены в 1942 г.

Центр эллипсоида Красовского совмещен с центром референцной пространственной системы координат. На время создания СК-42 это обеспечивалось реализацией двух условий: параллельность оси Z референцной системы координат средней оси вращения Земли и параллельность плоскостей начальных астрономического и геодезического меридианов.

На смену СК-42 была принята референцная система координат СК-95 и новая общеземная система ПЗ-90 (Параметры земли на период 90-го года). СК-95 применялась для выполнения геодезических и картографических работ, ПЗ-90 – для геодезического обеспечения орбитальных полетов. В СК-95 был использован референц-эллипсоид Красовского, который ориентирован таким образом, чтобы пространственные координаты начального пункта (Пулково) были одинаковы в СК-42 и СК-95. Оси системы координат СК-95 были установлены при условии параллельности осей общеземной системы координат ПЗ-90. Пространственная прямоугольная система координат ПЗ-90 закреплена сетью опорных пунктов. Точность установления геоцентрической системы координат ПЗ-90 по отношению к центру масс Земли характеризуется средней квадратической погрешностью на уровне 0,05 м, а для направления осей системы координат на уровне 0,001". Средняя квадратическая погрешность взаимного положения пунктов составляет 0,005 – 0,01 м.

Постановлением Правительства Российской Федерации от 28 декабря 2012 г. № 1463 установлена геодезическая система координат ГСК-2011 в качестве государственной при осуществлении геодезических и картографических работ. С 1 января 2017 года все геодезические и картографические работы должны выполняться только в ГСК-2011.

Целесообразность введения системы координат ГСК-2011, которая является геоцентрической, состояла в повышении эффективности использования спутниковых технологий координатных определений, что в свою очередь должно повысить точность и оперативность решения задач геодезического обеспечения, отвечающего современным требованиям экономики, науки и обороны страны. Кроме того, введение системы координат ГСК-2011 повысит эффективность использования системы ГЛОНАСС и осуществления мониторинга деформаций земной поверхности, целого ряда научных задач.

В этой системе решена задача, поставленная ООН перед мировым геодезическим сообществом., суть задачи заключается в необходимости

скоординированного подхода в создании национальных и глобальной координатных основ. ГСК-2011 по своим принципам построения соответствует Международной земной опорной системе координат – International Terrestrial Reference System (ITRS), а ее эллипсоид по параметрам практически совпадает с применяемым международным эллипсоидом (ITRF 2008). Геодезическая система координат ГСК-2011 является земной пространственной системой координат с началом в центре масс Земли. Ось Z направлена к Условному земному полюсу, как определено рекомендациями Международной службы вращения Земли, ось X – в точку пересечения плоскости экватора и начального меридиана, ось Y дополняет систему до правой. Начало системы координат служит в качестве геометрического центра общеземного эллипсоида. Система координат ГСК-2011 закреплена системой пунктов Государственной геодезической сети.

Параметры применяемых земных эллипсоидов приведены в табл.1.

Таблица 1.

Параметры используемых эллипсоидов

Система координат (используемый эллипсоид)	Большая полуось (м)	Сжатие
ПЗ-90 , ГСК-2011	6 378136,5	1 : 298,256 4151
СК-42, СК-95 (референц-эллипсоид Красовского)	6 378245,0	1 : 298,3
WGS-84	6 378137,0	1 :298,25722356
ITRF 2008	6 378136,6	1:298,25642

Основными параметрами любого эллипсоида являются: большая полуось; сжатие (отношение малой полуоси к большой); начальный меридиан, проходящий через Гринвич; плоскость экватора. Использование этих параметров приводит к следующим координатным системам, которые наиболее часто используются в геодезических, картографических и кадастровых работах:

- 1) геодезическая система координат;
- 2) пространственная прямоугольная система координат;
- 3) плоская прямоугольная система координат.

Геодезическая система координат приведена на рис. 2.

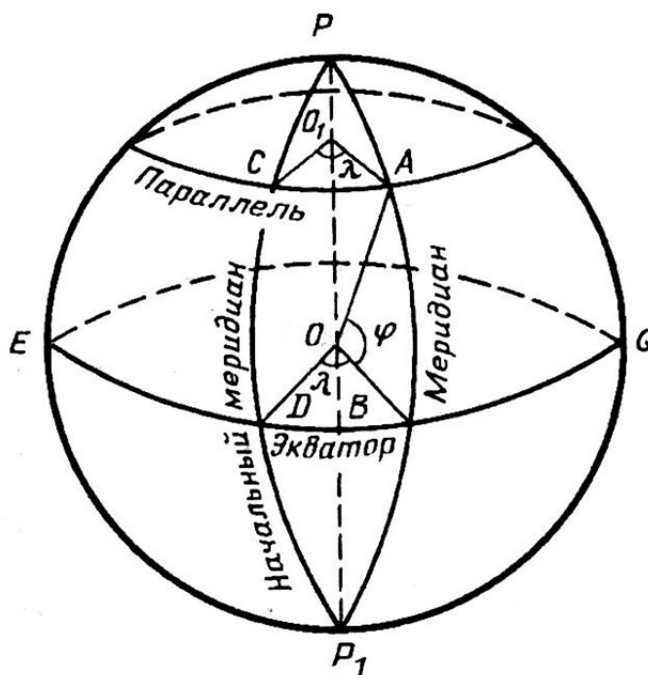


Рис. 2. Геодезическая система координат

Основой данной координатной системы является любой приведенный в табл. 1 эллипсоид вращения.

Эта координатная система объединяет в общей системе для всей земной поверхности геодезические, съемочные и картографические материалы. В этой координатной системе *геодезической широтой* B точки A называется острый угол φ , образованный нормалью к поверхности эллипсоида в данной точке и плоскостью экватора (диапазон изменения геодезической широты – от -90° до $+90^\circ$); *геодезической долготой* L точки A называется двугранный угол λ , образованный плоскостью начального меридиана и плоскостью меридиана данной точки (диапазон изменения – от 0° до 360°). *Геодезической высотой* называется расстояние по нормали от поверхности эллипсоида до точки на физической поверхности Земли.

Недостатком этой системы являются очень сложные и громоздкие вычисления на поверхности эллипсоида.

Прямоугольная пространственная система координат приведена на рис.3. За начало координат в этой системе принимается центр эллипсоида O . Ось OZ располагается по полярной оси эллипсоида; ось OX – в плоскости экватора по большой полуоси от центра эллипсоида до пересечения с Гринвичским меридианом; ось OY – в плоскости, перпендикулярной плоскости Гринвичского меридиана. Таким образом, положение точки M поверхности эллипсоида определяется координатами X, Y, Z (размерности

Система прямоугольных пространственных координат характеризуется достаточно простыми формулами для математической обработки результатов измерений. Ее применение не зависит от удаления точек от поверхности используемого эллипсоида. Поэтому данная координатная система широко используется в спутниковом позиционировании и при изучении физической поверхности Земли. Однако ее применение при картографировании является весьма проблематичным, поскольку длины линий между точками на физической поверхности Земли вычисляются без учета ее кривизны.



11

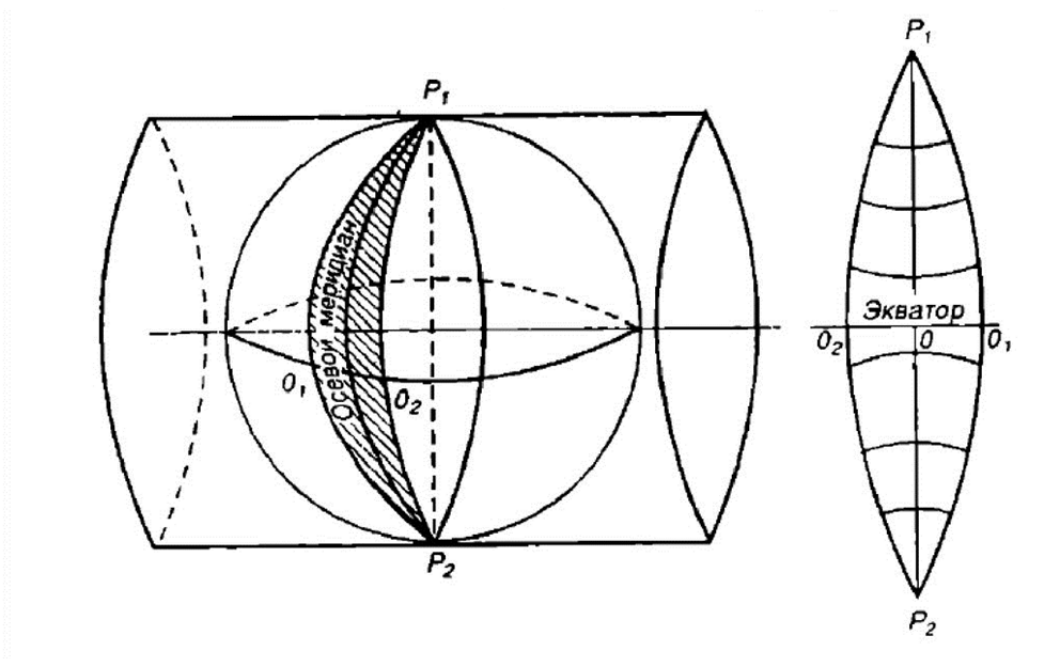


Рис. 4. Поверхность эллипсоида, развернутая на плоскость
в зональной проекции Гаусса – Крюгера

В качестве линии абсцисс в данной координатной системе используется линия осевого меридиана, в качестве линии ординат – проекция экватора. Первая или две первых цифры ординаты определяют номер зоны, в которой располагается заданная точка на физической поверхности Земли.

Достоинствами данной координатной системы являются простота формул, используемых для математической обработки результатов измерений, и удобство проекции для составления планов и карт.

При использовании зональной проекции Гаусса – Крюгера различают государственную, местную и условную систему координат.

Государственной называется система координат, в которой любая точка на математической поверхности определяется плоскими прямоугольными координатами относительно как мирового, так и зонального начала системы координат. Для развития и закрепления на местности государственной системы координат строятся государственные геодезические сети (ГГС).

Если осевой меридиан зоны перенести в любой пункт государственной геодезической сети и задать этому пункту произвольные координаты, то будет создана местная прямоугольная система координат. Разница между координатами выбранного исходного пункта ГГС и произвольно заданными значениями, а также долгота перенесенного осевого меридиана (L_0) служат параметрами перехода от местной к государственной координатной системе. Для ориентирования местной системы координат с исходного пункта должна

быть видимость еще на два пункта ГГС. При этом исходный пункт, определяющий начало местной системы координат, выбирают, по возможности, в центральной части той территории, на которой создается данная координатная система.

В том случае, когда начальной является произвольная точка на земной поверхности, создается условная система координат. Однако такая система может использоваться для геодезического обеспечения только небольших территорий.

Поскольку во всех рассмотренных координатных системах используются одни и те же параметры, возможен переход от одной координатной системы к другой.

2. ГЕОДЕЗИЧЕСКАЯ ОСНОВА ОБЕСПЕЧЕНИЯ КАДАСТРОВОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

2.1. Государственная геодезическая сеть

Государственная геодезическая сеть (ГГС) представляет собой совокупность геодезических пунктов, расположенных равномерно по всей территории и закрепленных на местности специальными центрами, обеспечивающими их сохранность и устойчивость в плане и по высоте в течение длительного времени. ГГС включает в себя также пункты с постоянно действующими наземными станциями спутникового автономного определения координат на основе использования спутниковых навигационных систем с целью обеспечения возможностей определения координат потребителями в режиме, близком к реальному времени. В состав государственной геодезической сети входят:

- фундаментальная астрономо-геодезическая сеть (ФАГС);
- высокоточная геодезическая сеть (ВГС);
- спутниковая геодезическая сеть 1-го класса (СГС-1);
- астрономо-геодезическая сеть 1-го и 2-го классов,
- геодезические сети сгущения 3-го и 4-го классов.

Фундаментальная астрономо-геодезическая сеть устанавливает государственную систему координат (ПЗ-90, ГСК-2011) и является основой создания высокоточной геодезической сети и спутниковой геодезической сети 1-го класса.

Фундаментальная астрономо-геодезическая сеть состоит из постоянно действующих и периодически определяемых пунктов (64 пункта). При создании пунктов фундаментальной астрономо-геодезической сети их пространственное положение определено спутниковыми методами определения координат в ГСК-2011. Погрешность взаимного положения любых пунктов фундаментальной астрономо-геодезической сети не должна превышать 1 - 2 см по каждой из координат и 2 - 3 см по высоте.

Высокоточная геодезическая сеть (343 пункта), обеспечивает распространение на территорию Российской Федерации государственной системы координат. Пункты высокоточной геодезической сети создаются на следующем расстоянии один от другого:

от 150 до 300 км - в районах с плотностью населения 35 и более человек на один квадратный километр и районах активных геодинамических явлений;

от 300 до 500 км - на территориях с плотностью населения менее 35 человек на один квадратный километр.

Местоположение пунктов высокоточной геодезической сети при их создании определяется относительными спутниковыми методами определения координат, обеспечивающими точность взаимного положения пунктов со средними квадратическими ошибками, не превышающими $3 \text{ мм} + 5 \times 10^{-8} D$ (по каждой из координат) и $5 \text{ мм} + 7 \times 10^{-8} D$ по высоте, где D - расстояние между пунктами в миллиметрах.

Основными задачами **спутниковой геодезической сети 1-го класса** (4574 пункта) являются распространение на территорию Российской Федерации государственной системы координат и обеспечение возможности выполнения геодезических работ с использованием глобальных навигационных спутниковых систем.

При создании пунктов спутниковой геодезической сети 1-го класса расстояния между такими пунктами составляют:

15 - 20 км - в районах с плотностью населения 35 и более человек на один кв. километр и районах активных геодинамических явлений;

40 - 50 км - на территориях с плотностью населения менее 35 человек на один кв. километр.

Средняя квадратическая погрешность определения положения пунктов спутниковой геодезической сети 1-го класса относительно ближайших пунктов ВГС и ФАГС не должна превышать 1 - 2 см по каждой из координат

в районах с сейсмической активностью 7 и более баллов и 2 - 3 см по каждой из координат в остальных регионах Российской Федерации.

В структуру государственной геодезической сети также входят **сети триангуляции, полигонометрии и трилатерации 1–4 классов** (примерно 283 000 пунктов), уравненные с опорой на пункты ФАГС, ВГС и СГС-1, что обеспечивает возможность использования в системе координат ГСК-2011 огромного количества геодезических, топографических и картографических материалов, созданных ранее на основе традиционных методов и технологий.

Масштаб государственной геодезической сети задается Единым государственным эталоном времени-частоты-длины. Длина метра принимается в соответствии с резолюцией XVII Генеральной конференции по мерам и весам (октябрь 1983 г.) как расстояние, проходимое светом в вакууме за $1 / 299\,792\,458$ -ую долю секунды. В работах по развитию ГГС используются шкалы атомного ТА (SU) и координированного UTC (SU) времени, задаваемые существующей эталонной базой Российской Федерации, а также параметры вращения Земли и поправки для перехода к международным шкалам времени, периодически публикуемые Госстандартом России в специальных бюллетенях Государственной службы времени и частоты (ГСВЧ).

Высотная геодезическая сеть

На всей территории России вычисление высот производится в системе нормальных высот, где за начало отсчета принят средний уровень Балтийского моря. Единую систему нормальных высот на всю территорию страны распространяет Главная высотная основа Российской Федерации. Главную высотную основу РФ составляют 169 замкнутых полигонов линий нивелирования I класса с протяженностью линий 148 тыс. км и 860 полигонов линий нивелирования II класса с протяженностью линий 173 тыс. км. Средний периметр полигона I класса для территории России составляет 1640 км, полигоны II класса имеют периметры от 400 до 1000 км. На сегодняшний день государственная нивелирная сеть I класса состоит из 97 547 нивелирных пунктов, государственная нивелирная сеть II класса – из 124 931 пункта. Высотная государственная геодезическая сеть создается методом геометрического нивелирования, поэтому ее называют также государственная нивелирная сеть. Государственная нивелирная сеть предназначена для распространения государственной системы высот на территорию Российской Федерации и является высотной основой

осуществления топографических работ, инженерно-геодезических работ, выполняемых для удовлетворения потребностей экономики, науки и обороны страны.

Высотные геодезические сети сгущения создаются для высотного обоснования топографических съемок в масштабах 1: 10 000 - 1: 25 000, а также для выполнения инженерных геодезических задач.

Высотная съемочная сеть создается для выполнения топографических съемок (масштаб 1: 5 000 — 1: 500) и выполнения инженерно-геодезических задач. Пункты высотной съемочной сети совмещают с пунктами плановой съемочной сети.

Методы создания сети:

- геометрическое нивелирование с допуском технического нивелирования;
- тригонометрическое нивелирование.

Ошибки определения высот пунктов не должны быть более 1/10 принятой высоты сечения рельефа.

Допустимые погрешности технического нивелирования:

$$\Delta h = \pm 50 \sqrt{L \text{ (км) }}, \text{ или } \Delta h = \pm 10\sqrt{n} \text{ мм,}$$

Где: - L-длина нивелирного хода в км;

- n- число штативов (точек установки нивелира).

Закрепление и обозначение на местности пунктов геодезической сети

Пункты ФАГС

Каждый пункт ФАГС закрепляют на местности локальной сетью, состоящей из системы центров:

- основной центр, является основным носителем координат;
- рабочий центр, состоящий из двух центров, на одном из которых устанавливают спутниковую антенну и ведут непрерывные наблюдения (Рис. 5);
- контрольный центр (не менее двух) - для выполнения работ для контроля стабильности положения основного и рабочего центров;
- центр, на котором выполняются гравиметрические измерения.

Пункты ФАГС организуют на базе существующих зданий астрономических обсерваторий, научных или производственных организаций.



Рис. 5 Вид рабочего центра пункта ФАГС

Пункты ВГС закрепляются на местности группой из трех центров: основного, контрольного и рабочего центров (Рис. 6). В качестве основного и контрольного центров допускается использовать вековые, фундаментальные и грунтовые репера, а также скальные реперы линий нивелирования I и II классов. Рабочий центр пункта ВГС должен быть оборудован устройством для принудительного центрирования спутниковой антенны и стенным репером.



Рис. 6. Вид рабочего центра пункта ВГС

Пункты СГС-1 закрепляются на местности центрами, используемыми для закрепления на местности пунктов государственной геодезической сети 1-4 классов. Допускается совмещать пункты СГС-1 с фундаментальными, грунтовыми и скальными реперами нивелирной сети (Рис. 7).



Рис. 7. Внешний вид пункта СГС-1

Существующие пункты астрономо-геодезической сети 1 - 4 классов закреплены на местности подземными центрами, что обеспечивает их длительную сохранность. Тип центра зависит от физико-географических условий региона.

Подземный центр - это, как правило, железобетонный столб (пилон), закладываемый на 0,5 м ниже глубины промерзания грунта (Рис. 8.).

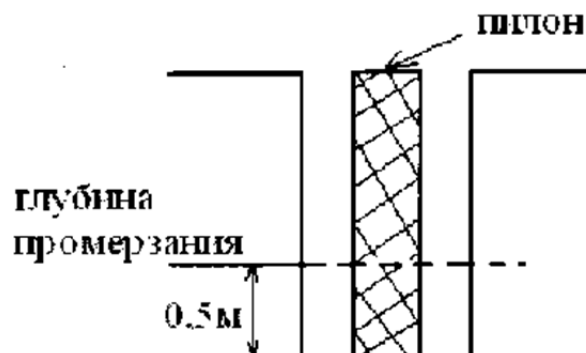


Рис. 8. Схема подземного центра пункта ГГС

В верхнюю часть центра бетонируется чугунная отливка (Рис. 9.).



Рис. 9. Вид центра пункта ГГС

Над отливкой может насыпаться грунт слоем 10-15 см. Вблизи каждого пункта на расстоянии 0,5 — 1 м устанавливаются два ориентирных пункта — два бетонных или деревянных столба.

Виды наружных знаков астрономо-геодезической сети 1-4 классов

Наружные знаки пунктов ГГС 1-4 классов представляют собой деревянные или металлические конструкции в виде простой пирамиды (Рис. 10.) либо простого или сложного сигнала (Рис. 11.)



Рис. 10. Простая пирамида



Рис. 11. Сигнал

Репер — нивелирный знак, закладываемый в грунт или здание, сооружение (грунтовый или стенной репер) (Рис. 12.).



Рис. 12. Стенной репер

2.2. ГЕОДЕЗИЧЕСКИЕ СЕТИ СПЕЦИАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ

Для решения различных инженерных задач при проектировании, строительстве и эксплуатации городских объектов, обмера и учета земель и недвижимости необходимы специальные планы городов (почвенные, охраны природы, растительности, социально-экономические, архитектурно-планировочные, транспорта и т.д.), в том числе и кадастровые.

Геодезические сети, предназначенные для создания специальных планов, не имеют строгой классификации, так как для широкого диапазона требований к показателям точности и плотности пунктов использование стандартной классификации сетей неоправданно. Это означает, что обычные геодезические сети не всегда могут быть использованы в качестве опорных сетей специальных планов городов.

К геодезическим сетям специального назначения относят, например, разбивочную сеть, предназначенную для выноса в натуру объектов генплана строительства жилого квартала. В этом случае порядок и точность построения сети рассчитывают исходя из размера объектов, этажности зданий и других показателей. Для кадастровых планов к таким показателям относят, например, требования к точности определения положения характерных точек и межевых знаков участков.

Вместе с тем, основой для построения обоснования специальных планов, в том числе кадастровых, служат городские геодезические сети. При этом руководствуются следующим правилом: если точность определения пунктов геодезических сетей специальных планов близка к точности одного из разрядов или классов городских геодезических сетей, то их построение осуществляется по программе последних.

В основу расчета точности построения плановых сетей городов принимают графическую точность масштаба 1:500, т.е. плановые сети города рассчитаны на топографическую съемку в масштабах не крупнее 1:500. Если принять в качестве графической точности среднюю квадратическую погрешность взаимного положения нанесенных на план двух пунктов обоснования равной 0,2 мм, то в масштабе 1:500 это составит 10 см.

Главной геодезической основой городов являются пункты государственной геодезической сети. Однако ввиду их малой плотности требуется сгущение пунктов, которое выполняется спутниковыми методами, а при невозможности применения – методом триангуляции, трилатерации или полигонометрии. При этом плотность пунктов опорной геодезической сети на городских территориях должна быть не менее 1 пункта на 5 км² (на незастроенных территориях 1 пункт на 15 км²), а плотность всех пунктов планового обоснования (включая пункты государственной геодезической сети и сети сгущения), не менее 4-х на 1 км² (на незастроенной территории – 1 пункт на 1 км²).

Метод триангуляции основан на построении жесткой системы из треугольников, вершины которых связаны между собой не менее, чем по трем направлениям. При этом должны быть измерены все углы в треугольниках, а также базисы, например, b (Рис. 13), от которых по теореме синусов определяют длины сторон всех треугольников. Таким образом, метод триангуляции обеспечивает возможность определения координат пунктов сети практически только по результатам угловых измерений, сводя число линейных измерений к минимуму. Однако этот метод требует видимости с каждого пункта сети по нескольким направлениям.

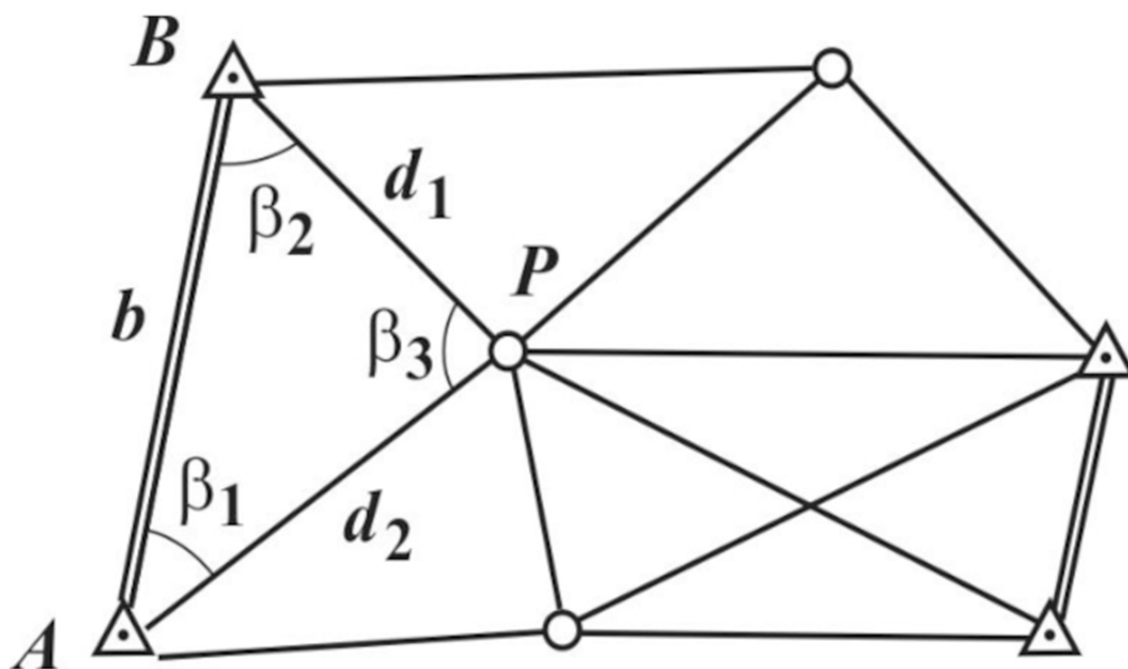


Рис. 13. Схема триангуляционной сети

В условиях города, где обеспечить видимость по нескольким направлениям довольно сложно пункты триангуляции приходится располагать на крышах высоких зданий и обозначать их в виде надстроек и пирамид. Кроме того, строительство новых зданий и сооружений, которые могут перекрывать видимость по направлениям сторон сети, выводят пункты триангуляции из строя и исключают возможность восстановления сети. Метод полигонометрии не утратил своего значения в городах до настоящего времени и широко используется для построения геодезического обоснования съемок, в том числе и специальных, при построении разбивочных сетей и других видах геодезических работ. Метод относится к линейно-угловым. Это означает, что положение точек местности в разомкнутом ходе или замкнутом полигоне определяют исходя из угловых и линейных измерений (Рис. 14).

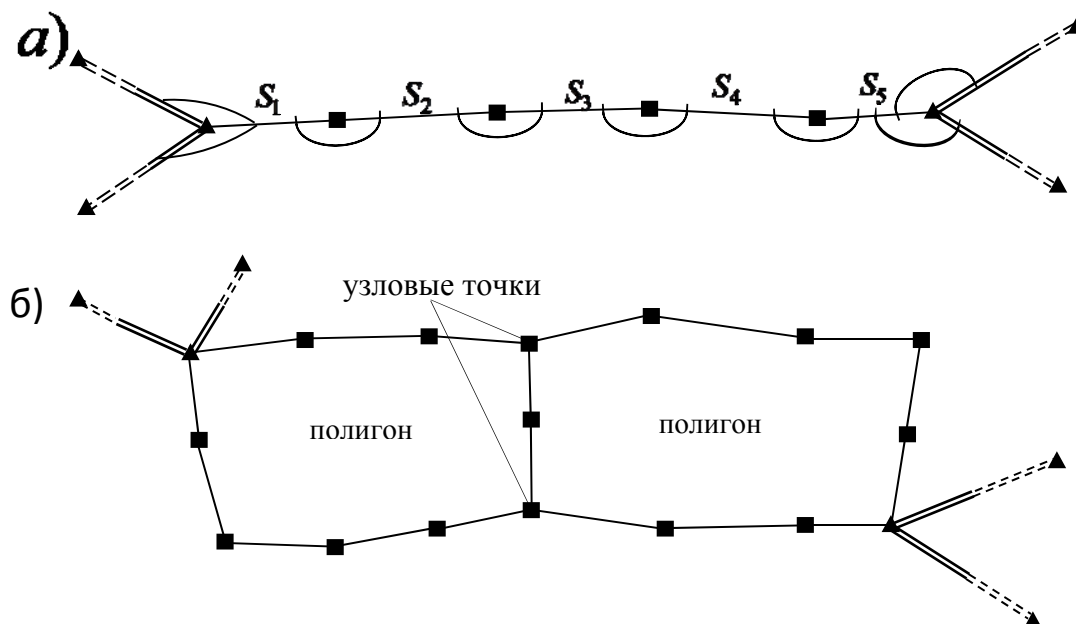


Рис. 14. Метод полигонометрии: а) разомкнутый ход; б) замкнутые полигоны

Угловые измерения в полигонометрии 4-го класса, 1-го и 2-го разрядов выполняют теодолитами типа Т-2 и Т-5 (точными), а линейные – светодальномерами или электронными тахеометрами соответствующего класса.

Основные требования к городской полигонометрии 4-го класса, 1-го и 2-го разрядов приведены в таблице 2

Таблица 2.

Показатели	4 класс	1 разряд	2 разряд
Предельные длины отдельных полигонометрических ходов при измерении линий светодальномерами или электронными тахеометрами в зависимости от числа сторон в ходе, км (n - число сторон в ходе)	8 при $n = 30$ 10 $n = 20$ 12 $n = 15$ 15 $n = 10$ 20 $n = 6$	10 при $n = 50$ 12 $n = 40$ 15 $n = 25$ 20 $n = 15$ 25 $n = 10$	6 при $n = 30$ 8 $n = 20$ 10 $n = 10$ 12 $n = 8$ 14 $n = 6$
Средняя квадратическая погрешность измеренного угла, с	3	5	10
Угловая невязка в ходах или полигонах, с (n - число ходов)	$5\sqrt{n}$	$10\sqrt{n}$	$20\sqrt{n}$
Предельная относительная погрешность хода	1:25000	1:10000	1:5000
Количество приемов при измерении углов способом круговых приемов по трехштативной системе теодолитами:			
ЗТ2КП	6	3	2
ЗТ5КП	-	-	3
Количество приемов при измерении длин линий светодальномерами или электронными тахеометрами	3	2	1
Погрешность центрирования теодолита над центром пункта, мм	2	2	2

*Примечание: при измерении длин линий светодальномерами или электронными тахеометрами предельные длины сторон не устанавливаются.

Опорная межевая сеть (ОМС) является геодезической сетью сгущения специального назначения, которую создают для координатного обеспечения Государственного кадастра недвижимости, государственного мониторинга земель, землеустройства и других мероприятий при работе с земельным фондом России. ОМС создаются по решениям федеральных органов исполнительной власти, органов государственной власти субъектов

Российской Федерации и органов местного самоуправления. Методы создания опорных межевых сетей, территория на которой они должны быть развиты, плотность пунктов опорных межевых сетей, типы центров пунктов опорных межевых сетей, точность проведения геодезических работ, используемая система координат, необходимость преобразований из одной системы координат в другую и т.д. устанавливаются в технических проектах на создание опорных межевых сетей.

В зависимости от градации обслуживаемых земель опорную межевую сеть создают двух классов, обозначаемых ОМС1 и ОМС2. Средняя квадратическая погрешность взаимного положения пунктов не должна превышать для ОМС 1 - 0,05м, для ОМС 2-0,10м. ОМС 1 создают в городах, а ОМС 2 – в прочих населенных пунктах. Плотность пунктов ОМС должна обеспечить необходимую точность последующих работ по государственному земельному кадастру, государственному мониторингу земель, землеустройству, и быть: в черте города – не менее четырех на 1 кв.км; в черте других поселений - двух на 1 кв.км; на населенный пункт площадью менее 2 кв.км должны быть четыре пункта. Координаты пунктов ОМС определяют либо спутниковыми методами, либо классическими геодезическими методами. При этом создаваемая ОМС должна быть привязана не менее, чем к двум пунктам ГГС.

Координаты пунктов ОМС определяются в местной системе координат, которая строится на основе ГСК- 2011.

Исходными данными для проектирования опорных межевых сетей являются сведения о:

- наличии и состоянии пунктов государственной геодезической сети, городской геодезической сети, опорной межевой сети, а также иных геодезических сетей сгущения, развитых на соответствующей территории;

- наличии установленных на соответствующей территории местных систем координат, характеристики качества и параметрах местных систем координат, ключах перехода от местных систем координат к государственной системе координат и каталогах координат пунктов в местных системах координат.

Результатами работ по созданию опорной межевой сети являются:

- пункты опорной межевой сети;

- технический отчет о выполненных работах;
- каталог координат и высот пунктов опорной межевой сети.

В соответствии с законом Российской Федерации «О кадастре объектов недвижимости» опорная межевая сеть является частью кадастра объектов недвижимости Российской Федерации. На пунктах ОМС закладываются центры в виде бетонных, деревянных столбов или металлических труб, закладываемых на глубину до 1м (Рис.15.). Сохранность пунктов должна быть обеспечена в течение нескольких лет (длительная сохранность).



Рис.15. Внешний вид центра пункта опорной межевой сети

2.3 СОВРЕМЕННЫЕ АППАРАТУРА И МЕТОДЫ ПОСТРОЕНИЯ ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ СЕТЕЙ

Согласно концепции, принятой Федеральной службой геодезии и картографии России, дальнейшее совершенствование геодезических сетей будет выполняться исключительно посредством спутниковых измерений.

Использование глобальных спутниковых навигационных систем (ГНСС) имеет существенные преимущества по сравнению с традиционными методами:

- исключается необходимость располагать определяемые пункты, например, опорные межевые, при условии взаимной видимости между ними;
- расстояния между определяемыми пунктами могут составлять десятки километров;
- наблюдения возможны в любую погоду и в любое время суток;

- измерения и обработка результатов почти полностью автоматизированы;
- возможно определение координат пунктов государственной сети, поворотных точек границ земельных участков, съёмочных станций, характерных точек объектов недвижимости в реальном масштабе времени, т.е. метод спутниковых измерений является универсальным.

Поэтому спутниковые методы вытесняют традиционные и становятся основными благодаря их высокой точности, автономности, скорости и простоте измерений. Нормой становится определение взаимного положения пунктов с относительной погрешностью 1 : 1 000 000.

Основой для геодезических измерений с помощью ИСЗ (искусственный спутник Земли) служат глобальные спутниковые системы, первые предложения о которых появились практически одновременно с освоением околоземного космического пространства.

Для первого этапа развития спутниковых систем, соответствующего 60-м годам XX века характерны разработка и создание космических навигационных систем (КНС), предназначенных для определения положения, главным образом, морских судов. Примером таких КНС являются «ЦИКАДО» (СССР) и «ТРАНЗИТ» (США). К сожалению, спутники этих систем были расположены на слишком низких орбитах и число их недостаточно велико, а основу системы составляли доплеровские измерения на низких частотах. Поэтому при геодезических измерениях точность определения координат отдельного пункта составляла только порядка 1 м, а взаимного положения смежных пунктов – около 0,5 м. При этом для получения результатов требовалось 2-3 дня, а стоимость комплекта аппаратуры для наблюдений составляла примерно 100 000 долларов.

Второй этап развития глобальных спутниковых систем соответствует 70-м – 80-м годам и его основными результатами стали российская глобальная навигационная спутниковая система «ГЛОНАСС» и американская глобальная система позиционирования «GPS». Эти космические навигационные системы обеспечивают глобальные непрерывные и оперативные определения координат на всей земной поверхности, в воздушном пространстве и в ближнем космосе.

В основу принципа определения положения определяемых точек с помощью современных спутниковых систем положена пространственная линейная засечка или так называемая спутниковая дальнометрия, т.е. координаты определяемой позиции определяют путем измерения дальностей нескольких спутников относительно этой позиции; при этом спутники

играют роль сходных опорных точек. Измерение дальности одного спутника дает сферическую поверхность соответствующего радиуса. Измерение дальности еще одного спутника (второго) дает еще одну сферическую поверхность, которая в пересечении с первой образует окружность (рис. 16). Измерив дальности трех спутников можно ограничить местоположение определяемого в пространстве пункта двумя точками, получившимися в результате пересечения трех сфер (рис. 17). И, наконец, измеренная дальность четвертого спутника дает однозначное решение поставленной задачи. Таким образом, с точки зрения геометрии для однозначного определения положения пункта следует иметь значения дальностей четырех спутников.

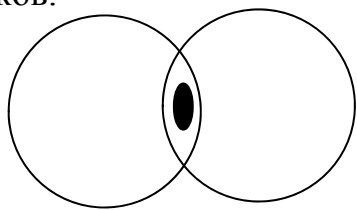


Рис. 16. Два измерения дальности

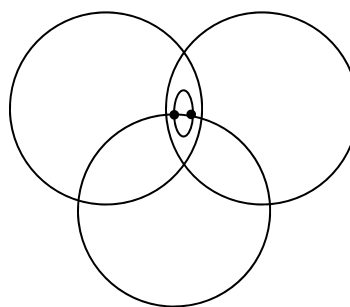


Рис. 17. Три измерения дальности

2.4 ГЛОБАЛЬНАЯ НАВИГАЦИОННАЯ СПУТНИКОВАЯ СИСТЕМА

В состав ГНСС входят три основных сегмента: наземный сегмент контроля и управления, космический и потребитель.

Сегмент контроля и управления - включает в себя главную станцию контроля, несколько станций слежения и наземные антенны, что обеспечивает прием, обработку и передачу информации, например, по уточнению параметров орбит навигационных спутников и введения поправок в часы спутников.

Космический сегмент - включает в себя навигационные искусственные спутники Земли. В глобальную навигационную спутниковую систему GPS входят 24 ИСЗ, обращающихся вокруг Земли в восьми орбитальных плоскостях наклоном орбиты 60 - 70°. Форма каждой орбиты близка к круговой с высотой над поверхностью Земли около 20183 км. Период обращения равен половине звездных суток (11 ч. 57 м. 58,3 сек). Такое количество и расположение спутников любой точке поверхности Земли в любой момент времени обеспечивает постоянную видимость не менее 4-х ИСЗ. В системе ГЛОНАСС на трех орбитальных плоскостях должны вращаться 24 спутника, т.е. по 8 на каждой орбитальной плоскости, близкой к круговой. Высота орбит 19100 км.

Спутники системы GPS передают радиосигналы на двух частотах, одна из которых закодирована и в любой момент может быть отключена для

пользователей, желающих определить точные координаты. В системе ГЛОНАСС секретное кодирование не предусмотрено. Имеется еще одна разница в системах GPS и ГЛОНАСС, которая заключается в том, что они работают в разных системах координат WGS-84 для GPS и ПЗ-90 для ГЛОНАСС. (Эти системы координат отличаются принятыми параметрами общего земного эллипсоида, положением начала координат и разворотом осей).

Сегмент потребителя - представляет собой аппаратуру, выполняющую прием информации со спутников, измерение параметров, связывающих координаты антенны потребителя и спутника и их обработку. Приемники спутниковых навигационных систем производятся в целом ряде стран: «ТРИМБЛ» (США), «ЛЕЙКА» (Швейцария), «ГЕОТРОНИКС» (Швеция), «СЕРСЕЛ» (Франция) и др. При выборе типа приемника для производства геодезических работ необходимо учитывать два фактора: количество рабочих частот (одна или две) и прием сигналов систем (только GPS или GPS и ГЛОНАСС).

ИЗМЕРЕНИЕ ДАЛЬНОСТЕЙ СПУТНИКОВ

Основной принцип определения расстояний до навигационных спутников состоит в измерении времени, за которое радиосигнал спутника достигает приемника на Земле, и в последующем вычислении по этому времени искомого расстояния.

Поскольку радиоволны распространяются с огромной скоростью, т.е. со скоростью света (около 300 000 км/с), то нужно очень точно определить момент времени выдачи сообщения спутником и момент его приема антенной приемника на Земле. При таком подходе часы в системе должны быть исключительно точными.

На каждом навигационном спутнике GPS, в связи с этим, установлен комплект из 4-х самых точных атомных часов, которые чрезвычайно дороги и громоздки. На всех приемниках GPS вынужденно устанавливают очень дешевые и компактные кварцевые часы, которые, однако, существенно уступают по точности хода атомным часам.

Для определения времени прохождения сигнала используются синхронизированные сигналы, генерируемые спутником и приемником в одно и то же время. Эти сигналы повторяются каждую миллисекунду ($1 \cdot 10^{-3}$) в специально усложненном псевдослучайном коде. Учитывая, что псевдослучайные коды на спутниках и приемниках строго синхронизированы, для определения времени распространения радиосигнала и, следовательно, расстояния до данного спутника, достаточно принять от него радиосигнал и сопоставить его с точно таким же псевдослучайным

кодом приемника. Сдвиг одного кода по отношению к другому будет соответствовать времени прохождения радиосигнала от навигационного спутника до приемника GPS.

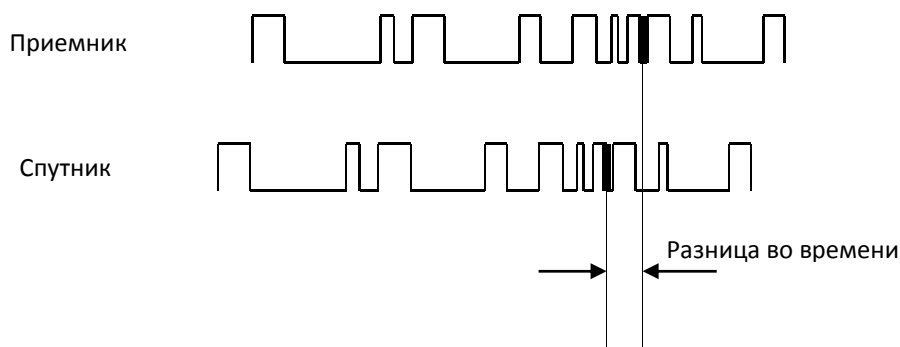


Рис. 18. Определение времени

Таким образом, решается задача по определению момента времени, в которое радиосигнал был передан со спутника, но возникает другая задача – точного измерения времени кварцевыми часами приемника, т.е. проблема устранения смещения шкалы времени приемников. Принцип решения этой задачи рассмотрим в двухмерном пространстве, т.е. на плоскости, временно исключая одно измерение. Представим себе, что мы находимся на расстоянии в 4 секундах от спутника А и в 6 секундах от спутника В. Этих двух измерений было бы достаточно для однозначного определения местоположения точки 1 на плоскости (рис. 19) Теперь представим себе, что условно часы приемника отстают на 1 секунду. Тогда расстояния будут ошибочными, и искомая точка сместится в положение 2. Если измерено расстояние до третьего спутника с той же ошибкой во времени, то будут получены три возможных варианта положения искомой точки 1 в пунктах 2, 3 и 4, что физически невозможно. Точное местоположение искомой точки можно установить, решив систему из трех уравнений с тремя неизвестными. Программное обеспечение компьютеров приемников построено таким образом, что когда в них поступают измерения, не дающие пересечения в одной точке, то в результате решения по меньшей мере четырех уравнений с четырьмя неизвестными (для трехмерного пространства) находится единственная точка, соответствующая исправленным значениям расстояний до 4-х спутников.

Таким образом, для определения точного местоположения искомой точки требуется не менее 4-х неточных измерений псевдодальностей до четырех спутников.

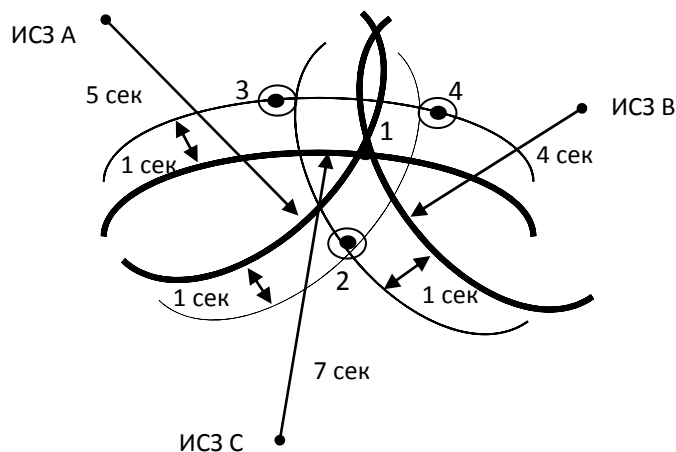


Рис. 19 Определение точного местоположения искомой точки

Существуют и другие источники погрешностей определения точного расстояния. Это, прежде всего изменение орбиты спутников под влиянием гравитационного поля Солнца и Луны, а также давления солнечного света. Поправки в орбиты спутников вводят от так называемых навигационных сообщений со спутников на систему наземного сектора. После обработки этих навигационных сообщений поправки передают обратно на спутник. И, наконец, учитываются погрешности, связанные с задержками прохождения радиосигналов через ионосферу и тропосферу Земли. Эти погрешности учитывают либо введением поправок, либо использованием двухчастотных приемников.

СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ СПУТНИКОВЫХ НАВИГАЦИОННЫХ СИСТЕМ

В настоящее время в мире, помимо глобальных навигационных спутниковых систем **ГЛОНАСС** (Россия) и **GPS** (США), работы по развертыванию ГНСС **БЭЙДОУ** и **ГАЛИЛЕО** проводят Китай и страны Европейского союза. Япония и Индия разворачивают региональные навигационные спутниковые системы **QZSS** и **IRNSS** соответственно.

Глобальные навигационные спутниковые системы



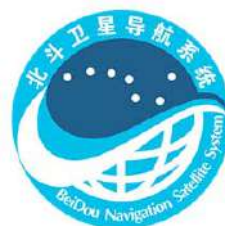
ГЛОНАСС/РОССИЯ



GPS/США



GALILEO/ЕВРОСОЮЗ



BEIDOU/КНР

Региональные навигационные спутниковые системы



QZSS/ЯПОНИЯ



NAVIC/ИНДИЯ

Глобальная навигационная спутниковая система **ГАЛИЛЕО** создается Европейским Союзом для обеспечения независимости стран членов в сфере координатно-временного и навигационного обеспечения.

Европейская программа по созданию ГНСС официально была утверждена в 1994, когда Европейский совет потребовал от Европейской комиссии предпринять шаги по развитию информационных технологий, включая и спутниковую навигацию. Было принято решение развивать два направления. Первое из них – создание систем функциональных дополнений существующих ГНСС GPS и ГЛОНАСС. Эта программа получила название European Geostationary Navigation Overlay Service (EGNOS). Второе направление заключалось в создании собственной ГНСС, предназначенной для гражданского применения и построенной на принципах государственно-

частного партнёрства. В 1999 Европейский проект по созданию ГНСС получил условное название ГАЛИЛЕО в честь итальянского астронома Галилео Галилея.

Экспериментальные спутники GIOVE-A и GIOVE-B были запущены на орбиту 28 декабря 2005 и 27 апреля 2008 соответственно. Основная задача GIOVE-A состояла в оценке точностных характеристик навигационных радиосигналов ГАЛИЛЕО во всех частотных диапазонах, а GIOVE-B - в тестировании навигационной полезной нагрузки.

Два первых навигационных космических аппарата (КА) были запущены 20 октября 2011 с помощью ракеты «Союз-СТБ» с космодрома в Куру. Технология выведения КА ГАЛИЛЕО предполагает групповые запуски по два КА на российской ракете-носителе «Союз» и по четыре КА на европейской ракете «Ариан-5».

Идея создания китайской национальной региональной навигационной системы была предложена в 1983 году. Концепция системы, использующей два геостационарных космических аппарата (рабочее название системы Twinsat), прошла экспериментальную проверку в 1989 г. Эксперимент проводился на базе двух связанных космических аппаратов DFH-2/2A, уже находившихся на орбите.

Первый этап создания системы БЭЙДОУ (Beidou – Северный Ковш – китайское название созвездия Большой Медведицы) был начат в 1994 году. В 2000 году было запущено два геостационарных спутника: космический аппарат (КА) Beidou-1A (30 октября 2000) и Beidou-1B (20 декабря 2000). Аппараты системы Beidou-1 построены на базе связанной геостационарной платформы DFH-3. 15 декабря 2003 китайская система БЭЙДОУ первого поколения была сдана в эксплуатацию. Запуск третьего геостационарного спутника Beidou-1C в 2003 году улучшил эксплуатационные характеристики системы.

Развитие системы БЭЙДОУ второго поколения БЭЙДОУ-2 началось в 2004 году. К концу 2012 года было запущено еще 14 спутников (5 геостационарных спутников, 5 спутников на наклонной геосинхронной орбите (ГСНО) и 4 спутника на средних орбитах), что позволило завершить развертывание орбитальной группировки. БЭЙДОУ-2 была разработана по принципу совместимости с БЭЙДОУ-1, с применением схемы пассивного позиционирования, что позволяло ей обеспечивать пользователей в странах Азиатско-тихоокеанского региона услугами определения местоположения, скорости, времени, широкодиапазонных дифференциальных поправок и отправки коротких сообщений.

Третий этап – это создание системы третьего поколения БЭЙДОУ-3, начат в 2009 году. Основной целью является обеспечение к 2018 году основных услуг для пользователей, находящихся на территории и акватории обоих Шелковых путей (сухопутного и водного), а также соседних регионов, и завершение развертывания орбитальной группировки из 35 КА, предназначенной для обеспечения услугами пользователей глобально к 2020 году.

Японская квазизенитная спутниковая система **QZSS** (Quazi-Zenith Satellite System (QZSS)) - это региональная навигационная спутниковая система, предназначенная для обслуживания потребителей в Тихоокеанско-Азиатском регионе.

Работы по созданию QZSS начались в 2003 г. с разработки концепции, затем в период 2004–2005 гг. было выполнено проектирование и технико-экономическое обоснование проекта. Разработка рабочей документации на составные части QZSS началась в 2006 г., а к их изготовлению японские специалисты приступили в 2008 г.

Первый космический аппарат Michibiki был успешно запущен на околоземную орбиту в сентябре 2010 г. Успешное завершение лётных испытаний позволило ввести QZSS в опытную эксплуатацию 22 июня 2011 г. с предоставлением услуг посредством навигационных радиосигналов L1C/A и L2C GPS, а 11 июля 2011 г. – услуг с помощью радиосигналов L1C и L5.

Программа развития системы QZSS предполагает создание к 2018 году группировки из 4 космических аппаратов (КА), 3 из которых (КА QZS-1,-2,-3) предполагается разместить на квазизенитных орбитах (наклонение $43^\circ \pm 4^\circ$ к экватору) в трех орбитальных плоскостях. При этом орбитальные плоскости будут разнесены на 120° . Таким образом, каждый из спутников должен находиться над территорией Японии в течение 8 часов каждые сутки (угол места составляет минимум 60°). 1 КА планируется разместить на геостационарной орбите. В проект создания системы также заложена возможность последующего расширения группировки до 7 КА.

В мае 2006 г. Индия утвердила программу создания системы региональной навигационной спутниковой системы (Indian Regional Navigation Satellite System - IRNSS), которая должна обеспечить автономное навигационно-временное обеспечение на Индийском полуострове.

Первый НКА IRNSS-1a запущен 8 июля 2013 г. Формирование штатной орбитальной группировки из 7 космических аппаратов закончено в 2016 года.

В 2016 году система получила новое название - **NavIC**.

Проектирование опорных межевых сетей с применением спутниковых технологий

Широкое использование в процессе геодезических работ спутниковых технологий позволяет существенно упростить создание опорных межевых сетей, особенно в условиях малого количества пунктов исходной геодезической сети. Возможная схема проектирования ОМС спутниковым методом при минимальном количестве пунктов опорной геодезической сети представлена на рисунке (Рис.20).

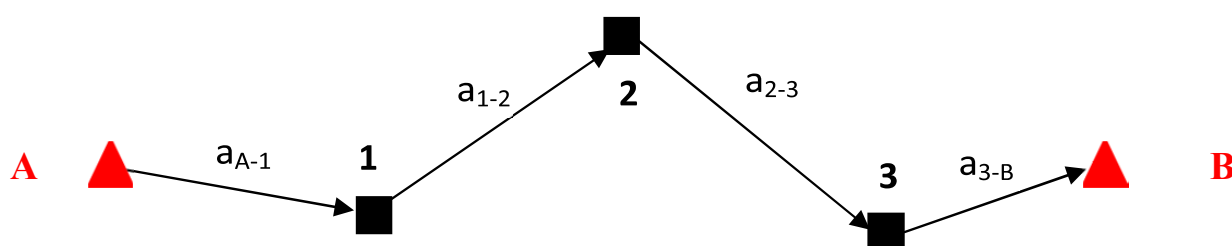


Рис.20. Схема проекта ОМС в виде разомкнутого хода векторов

Контролем качества спутниковых определений является выполнение следующих геометрических условий:

$$\Sigma_{\Delta} X - (X_B - X_A) = W_{X1}; \quad (1)$$

$$\Sigma_{\Delta} Y - (Y_B - Y_A) = W_{Y1}. \quad (2)$$

Следует иметь в виду, что величины невязок при таком варианте построения сети будут обусловлены как ошибками спутниковых определений, так и ошибками исходных данных (иногда ошибки исходных данных могут превосходить ошибки спутниковых определений).

Для получения возможности контроля точности пунктов исходной сети, следует создавать замкнутую цепочку векторов (Рис 21.).

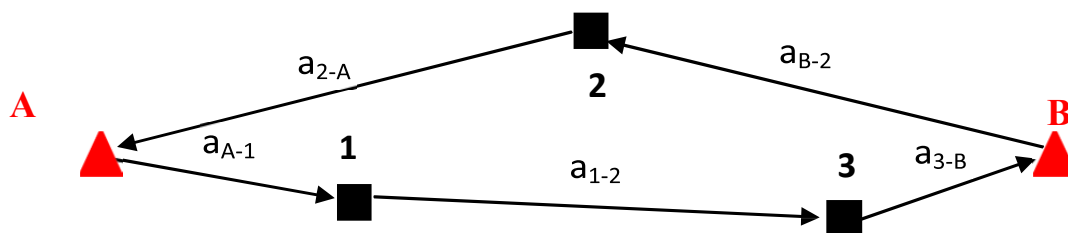


Рис. 21. Схема проекта ОМС в виде замкнутого полигона векторов

Геометрические условия такого варианта построения ОМС могут быть представлены в виде следующих уравнений:

$$(S_{a-1} \cos \alpha_{a-1} + S_{1-3} \cos \alpha_{1-3} + S_{3-B} \cos \alpha_{3-B} + S_{B-2} \cos \alpha_{B-2} + S_{2-A} \cos \alpha_{2-A}) = W_X; \quad (3)$$

$$(S_{a-1} \sin \alpha_{a-1} + S_{1-3} \sin \alpha_{1-3} + S_{3-B} \sin \alpha_{3-B} + S_{B-2} \sin \alpha_{B-2} + S_{2-A} \sin \alpha_{2-A}) = W_Y; \quad (4)$$

Допустимое значение невязки определяется по формуле:

$$W_D = 2m_{\text{ГНС}} \sqrt{n}, \quad (5)$$

где n - число базовых и определяемых векторов в ходе;

$m_{\text{ГНС}}$ - СКО спутникового приемника (из паспорта прибора).

Получение недопустимых величин невязок указывает на очень большое влияние ошибок исходных данных. Такая величина ошибок исходных данных может быть обусловлена плохим качеством построения исходной геодезической сети. В таком случае целесообразно произвести дополнительные измерения между тремя исходными пунктами.

Контроль надежности исходных пунктов заключается в поочередном принятии в качестве исходного трех пунктов геодезического обоснования и сравнении полученных координат с их первоначальными значениями.

После выявления нестабильного исходного пункта он принимается в качестве определяемого.

3. СОЗДАНИЕ ГЕОДЕЗИЧЕСКОГО СЪЕМОЧНОГО ОБОСНОВАНИЯ

3.1. Создание пункта съемочного обоснования методом прямой угловой засечки

Сущность прямой засечки состоит в определении координат третьего пункта по координатам двух исходных пунктов, двум исходным дирекционным углам (в случае отсутствия видимости) и двум измеренным углам при исходных пунктах.

Для контроля правильности определения координат измеряют еще угол при 3-м исходном пункте.

Рассмотрим сущность прямой засечки (Рис.22.).

Пусть исходными пунктами являются **A, B, C**, определяемым является пункт **P**.

На исходных пунктах измеряют горизонтальные углы $\beta_1, \beta_2, \beta_3$ по которым вычисляют дирекционные углы α_1 и α_2 по формулам:

$$\begin{aligned}\alpha_1 &= \alpha_{1н} - \beta_1 + 180^\circ \\ \alpha_2 &= \alpha_{2н} - \beta_2 + 180^\circ\end{aligned}\quad (6)$$

Координаты пункта P вычисляют по формулам Гаусса:

$$\begin{aligned}X_P &= \frac{X_A \operatorname{tg} \alpha_1 - Y_A - X_B \operatorname{tg} \alpha_2 + Y_B}{\operatorname{tg} \alpha_1 - \operatorname{tg} \alpha_2} \\ Y_P &= (X_P - X_A) \operatorname{tg} \alpha_1 + Y_A\end{aligned}\quad (7)$$

Контроль вычислений:

$$Y_P = (X_P - X_B) \operatorname{tg} \alpha_2 + Y_B \quad (8)$$

Контроль измерений:

$$\begin{aligned}\delta X &= X_{\text{вар}1} - X_{\text{вар}2} \\ \delta Y &= Y_{\text{вар}1} - Y_{\text{вар}2}\end{aligned}\quad (9)$$

Погрешность определения координат пункта P :

$$\delta P = \sqrt{\delta X^2 + \delta Y^2} \quad (10)$$

Допустимая величина $\delta P_{\text{дон}}$ зависит от масштаба съемки и равна 0,15 мм на плане, точность определения координат пункта P должна удовлетворять точности планово-высотной съемочной сети. Средняя квадратическая погрешность определения координат пункта M_P определяется по формулам:

$$\begin{aligned}S &= \sqrt{\Delta_x^2 + \Delta_y^2} \\ M_P &= \frac{m_\beta \sqrt{S_1^2 + S_2^2}}{\rho'' \sin \gamma}, \text{ где}\end{aligned}\quad (11)$$

Δ_x, Δ_y - приращения координат x и y между пунктами A и P , B и P соответственно;

S_1, S_2 - расстояния между A и P , B и P :

m_β - СКО измерения углов на пунктах A, B, C .

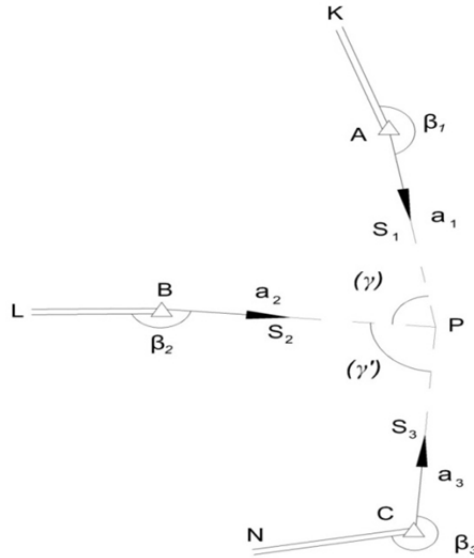


Рис.22. Схема прямой угловой засечки

Если один из дирекционных углов α_1 или α_2 близок к 90° или 270° , то применяют формулы котангенсов этих углов:

$$Y_P = \frac{Y_A \operatorname{ctg} \alpha_1 - X_A - Y_B \operatorname{ctg} \alpha_2 + X_B}{\operatorname{ctg} \alpha_1 - \operatorname{ctg} \alpha_2} \quad (12)$$

$$X_P = (Y_P - Y_A) \operatorname{ctg} \alpha_1 + X_A$$

Контроль вычислений:

$$X_P = (Y_P - Y_B) \operatorname{ctg} \alpha_2 + X_B \quad (13)$$

Если между исходными пунктами A и B имеется видимость и при них измерены углы β_1, β_2 , то применяют формулы Юнга.

Координаты определяемого пункта P определяют по формулам:

$$X_P = \frac{X_A \operatorname{ctg} \beta_2 - Y_A + X_B \operatorname{ctg} \beta_1 + Y_B}{\operatorname{ctg} \beta_1 + \operatorname{ctg} \beta_2} \quad (14)$$

$$Y_P = \frac{Y_A \operatorname{ctg} \beta_2 + X_A + Y_B \operatorname{ctg} \beta_1 - X_B}{\operatorname{ctg} \beta_1 + \operatorname{ctg} \beta_2}$$

Порядок вычисления:

1. Вычислить дирекционные углы направлений с исходных на определяемый пункт P (рис. 22).

Дирекционные углы направлений вычисляются по формулам:

$$\begin{aligned} \alpha_1 &= (AP) = (AK) + \beta_1; \\ \alpha_2 &= (BP) = (BL) + \beta_2; \\ \alpha_3 &= (CP) = (CN) - \beta_3. \end{aligned} \quad (15)$$

2. Произвести вычисление координат пункта P (табл. 3)

3. Выполнить оценку точности определения координат пункта P .

Таблица 3.

Вычисление координат пункта, определяемого прямой засечкой по формулам Гаусса

последовательность вычислений	Обозначения	1(A)	2(B)	1(B)	2(C)
1	X_p	+1186,67	+1477,35	+1477,35	+1181,96
2	$\Delta x = X_B - X_A$	+290,68		-295,39	
3	α_i	67°52,8'	187°01,0'	187°01,0'	304°30,5'
4	$tg\alpha_i$	+2,46024	+0,12308	+0,12308	-1,45456
5	$tg\alpha_1 - tg\alpha_2$	+2,33716		+1,57764	
6	Y_p	+918,16	+1122,65	+1122,65	+1207,50
7	$\Delta y = Y_B - Y_A$	+204,49		+84,85	
8	$X_A tg\alpha_1$	+2919,49		181,83	
9	$-X_B tg\alpha_2$		-181,83		1719,23
10	(7)+(8)+(9)	2942,15		1985,91	
11	$X_P = (10)/(5), м$	1258,86		1258,79	
12	$X_P - X_A$	+72,19		-218,56	
13	$(X_P - X_A)tg\alpha_1$	+177,60		-26,90	
14	$Y_P = (13) + Y_A, м$	1095,76		1095,75	
15 контроль Y_P	$X_P - X_B$		-218,49		76,83
16	$(X_P - X_B)tg\alpha_2$		-26,89		-111,75
17	(16) + Y_B		1095,76		1095,75
18	$\delta_x = X_P^{(1)} - X_P^{(2)}, м$	+0,07			
19	$\delta_y = Y_P^{(1)} - Y_P^{(2)}, м$		+0,01		
20	$\delta_P = \sqrt{\delta_x^2 + \delta_y^2}, м$	+0,07			
21	$S = \sqrt{\Delta x^2 + \Delta y^2}$ $M_s = \frac{m_\beta \sqrt{S_1^2 + S_2^2}}{\rho'' \sin \gamma}$ $\frac{M_s}{S}$	355,40, м $\pm 0,04 м$ $\frac{1}{8875}$	191,6, м $\frac{1}{4790}$	191,6, м $\frac{1}{4790}$	135,61,м $\frac{1}{3390}$

3.2. Создание пункта съёмочного обоснования методом обратной угловой засечки

Для определения координат пункта Р съёмочной сети обратной угловой засечкой необходимо иметь четыре исходных пункта : **A, B, C, D** (Рис 23.).

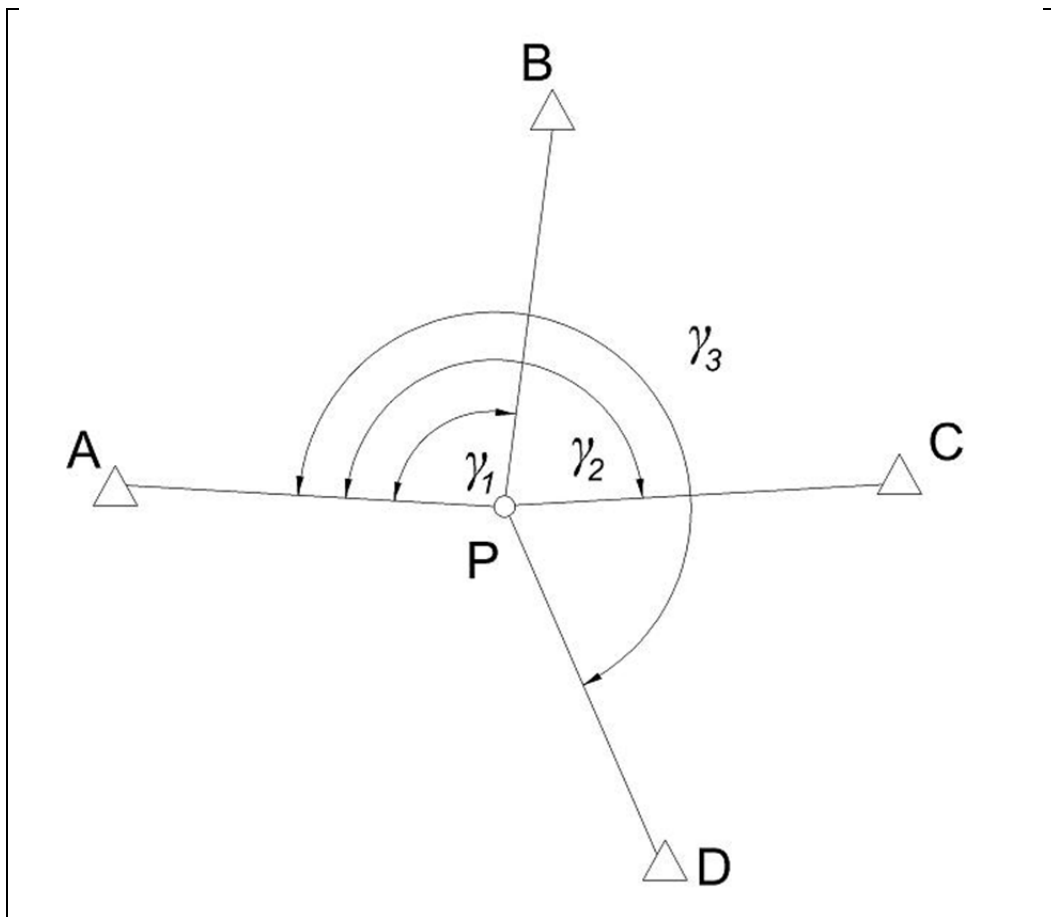


Рис.23. Схема обратной засечки

На определяемом пункте **P** измеряют углы $\gamma_1, \gamma_2, \gamma_3$. Для решения задачи могут быть использованы многочисленные методы (известны более 100 способов решения задачи Потенота).

Рассмотрим вариант решения с применением формул Кнейсса:

Введем обозначения:

$$\begin{aligned} 1. \quad a &= \operatorname{ctg} \gamma_1 \\ b &= \operatorname{ctg} \gamma_2 \end{aligned} \quad (16)$$

$$\begin{aligned} 2. \quad X_B' &= X_B - X_A \\ Y_B' &= Y_B - Y_A \\ X_C' &= X_C - X_A \\ Y_C' &= Y_C - Y_A \end{aligned} \quad (17)$$

Контроль:

$$X_B' - X_C' = X_B - X_C \quad (18)$$

$$\begin{aligned} 3. \quad k_1 &= aY_B' - X_B' \\ k_2 &= aX_B' + Y_B' \\ k_3 &= bY_C' - X_C' \\ k_4 &= bX_C' + Y_C' \end{aligned} \quad (19)$$

$$4. \quad c = \frac{k_2 - k_4}{k_1 - k_3} = \operatorname{ctg} \alpha_{AP} \quad (20)$$

$$5. \quad k_2 - ck_1 = k_4 - ck_3 \text{ (контроль вычислений)} \quad (21)$$

$$6. \Delta y = \frac{k_2 - ck_1}{c^2 + 1}$$

$$\Delta x = c\Delta y \quad (22)$$

$$7. \begin{matrix} Y_P = Y_A + \Delta y \\ X_P = Y_A + \Delta y \end{matrix} \quad (23)$$

Контроль вычислений в данном способе является неполным, для контроля измерений необходимо иметь 4-й исходный пункт и решить еще раз обратную засечку. Допустимое значение величины $\delta P_{дон}$ зависит от масштаба съемки и равна 0,15 мм на плане, точность определения координат пункта P должна удовлетворять точности планово-высотной съемочной сети.

Вычисление координат определяемого пункта может быть выполнено в следующей последовательности (Табл.4)

Таблица 4.

Схема решения обратной засечки по формулам Кнейсса

№ п/п	Обозначения	Результаты вычислений	№ п/п	Обозначения	Результаты вычислений
1	γ_1	110°04'57"	3	k_1	+1603,34
	γ_2	226°44'18"		k_3	-3958,73
	$a = ctg\gamma_1$	-0,365602		$k_1 - k_3$	+5562,07
	$b = ctg\gamma_2$	+0,941090		k_2	-2089,94
				k_4	-700,29
				$k_2 - k_4$	-1389,65
2	X_B	+5654,41	4	c	-0,249845
	X_C	+8143,61		c^2	+0,62428
	X_A	+6393,71	5	$k_2 - ck_1$	-1689,36
	$X_B' = X_B - X_A$	-740,30		$k_4 - ck_3$	-1689,36
	$X_C' = X_C - X_A$	+1749,90	6	Δy	-1590,10
	Y_B	+1264,09		Y_A	+3624,69
	Y_C	+1277,59	7	Y_P	+2034,59
	Y_A	+3624,69		Δx	+397,28
	$Y_B' = Y_B - Y_A$	-2360,60		X_A	+6393,71
	$Y_C' = Y_C - Y_A$	-2347,10		X_P	+6790,99
			8	$\delta_P = 0,07m$	1639м 1374 м 0,05 м

				$S = \sqrt{\Delta_x^2 + \Delta_y^2}$ $M_s = \frac{m_\beta \sqrt{S_1^2 + S_2^2}}{\rho'' \sin \gamma}$ $\frac{M_s}{S}$	$\frac{1}{6556}; \frac{1}{5496}$
--	--	--	--	--	----------------------------------

Для контроля измерений необходимо иметь четвертый исходный пункт и решить еще раз обратную засечку с пунктом D . Допустимое значение $\delta_p^{дон}$ на плане равно 0,15 мм. Средняя квадратическая погрешность определения координат пункта определяется по формуле:

$$\begin{aligned}
 S &= \sqrt{\Delta_x^2 + \Delta_y^2} \\
 M_s &= \frac{m_\beta \sqrt{S_1^2 + S_2^2}}{\rho'' \sin \gamma} \\
 \frac{M_s}{S}
 \end{aligned}
 \tag{24}$$

где S -расстояния от пункта P до пунктов A, B, C, D ;
 m_β – СКП измерения углов γ_i .

По найденным координатам пункта P и координатам пункта D вычисляют дирекционный угол α_{PD} . Затем определяют $\gamma_3^{6ыч} = \alpha_{PD} - \alpha_{PA}$ и сравнивают его с измеренным значением $\gamma_3^{изм}$, должно выполняться неравенство:

$$\left| \gamma_3^{6ыч} - \gamma_3^{изм} \right| < 6m_\beta,
 \tag{25}$$

где: m_β – СКП измерения углов γ_i .

3.3. Создание съемочной сети системой теодолитных ходов с одной узловой точкой

Система теодолитных ходов с одной узловой точкой (Рис.24.), опирается на пункты и стороны ранее построенной сети более высокого класса, координаты пунктов **B, D, F**, дирекционные углы сторон **AB, CD, EF**. известны, измерены углы и длины сторон теодолитных ходов. Системы теодолитных ходов являются плановым съемочным обоснованием топографической съемки крупных масштабов на застроенной территории.

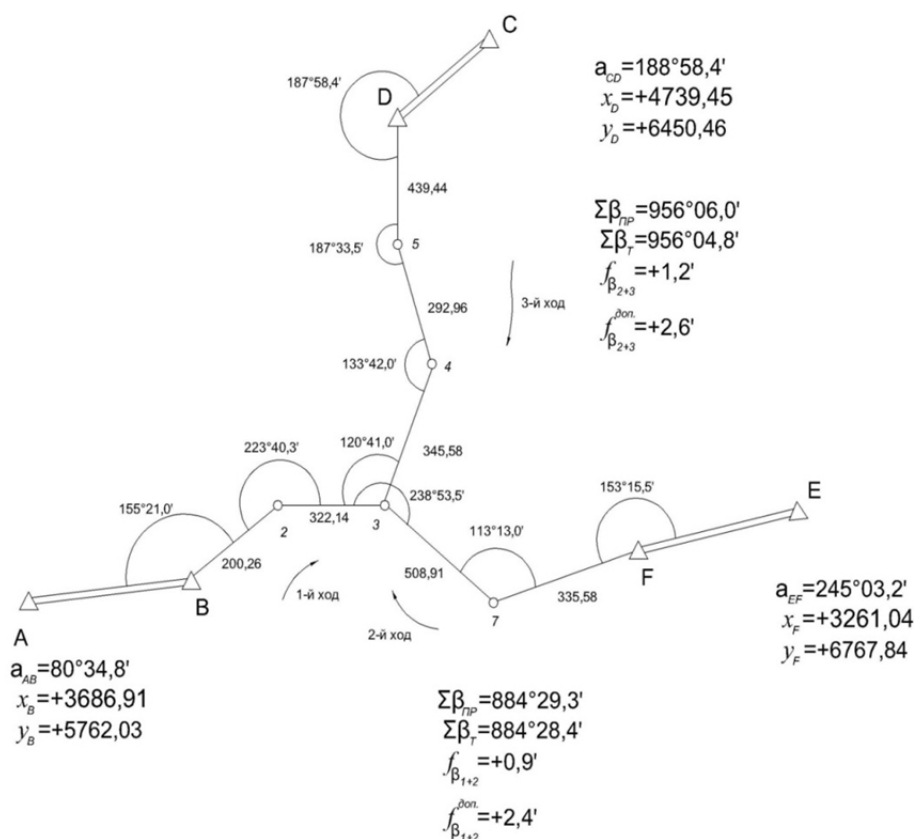


Рис.24. Схема теодолитных ходов с одной узловой точкой

Вычисление координат пунктов отдельного теодолитного хода было рассмотрено в курсе изучения геодезии. Рассмотрим уравнивание системы ходов.

Уравнивание углов начинают с выбора узловой линии, одной из сторон, примыкающей к узловой точке **3**. В нашем случае, сторона 2-3. Найдем значения дирекционных углов этой линии по каждому ходу (табл.5).

а) по первому ходу:

$$\alpha_1 = \alpha_{AB} + (\sum \lambda)_{1\text{хода}} - 180^\circ \cdot n_1, \quad (26)$$

где λ_i - правые измеренные углы;

n_1 - число измеренных углов в 1-м ходе;

$$\alpha_1 = 80^\circ 34,8' + 379^\circ 01,0' - 180^\circ \cdot 2 = 99^\circ 35,8';$$

б) по второму ходу:

$$\alpha_2 = \alpha_{EF} - (\sum \beta)_{2\text{хода}} + 180^\circ \cdot n_2 \pm 180^\circ, \quad (27)$$

где β_i - левые измеренные углы;

n_2 - число измеренных углов во 2-м ходе;

$$\alpha_2 = 245^\circ 03,2' - 505^\circ 28,0' + 180^\circ \cdot 3 - 180^\circ = 99^\circ 35,2';$$

в) по третьему ходу:

$$\alpha_3 = \alpha_{CD} - (\sum \beta)_{3\text{хода}} + 180^\circ \cdot n_3 \pm 180^\circ, \quad (28)$$

где β_i - левые измеренные углы;

n_3 - число измеренных углов в 3-м ходе;

$$\alpha_3 = 188^\circ 58,4' - 629^\circ 22,0' + 180^\circ \cdot 4 - 180^\circ = 99^\circ 36,4';$$

Вычисленные значения α_{2-3} возможно при условии допустимости невязок по ходам:

$$\begin{aligned} f_{\beta_{1+2}} &= \alpha_2 - \alpha_1, f_{\beta_{1+2}}^{\text{дон}} = 1' \sqrt{n_1 + n_2} ; \\ f_{\beta_{2+3}} &= \alpha_3 - \alpha_2, f_{\beta_{2+3}}^{\text{дон}} = 1' \sqrt{n_2 + n_3} . \end{aligned} \quad (29)$$

Найденные значения дирекционных углов по каждому ходу выписывают в табл. 3.3, в которую вписывают значения невязок по ходам, вычисленные по формулам:

$$\begin{aligned} f_{\lambda_i} &= \alpha_i - \alpha_{2-3}^{\text{ок}} - (\text{для левых углов}); \\ f_{\beta_i} &= \alpha_{2-3}^{\text{ок}} - \alpha_i - (\text{для правых углов}). \end{aligned}$$

Убедившись в допустимости невязок, определяют веса значений $\alpha_1, \alpha_2, \alpha$ по формуле:

$$p_i = \frac{k}{n_i} \quad (30)$$

Находят среднее весовое значение дирекционного угла узловой линии (табл. 6):

$$\alpha_{2-3} = \frac{\alpha_1 p_1 + \alpha_2 p_2 + \alpha_3 p_3}{p_1 + p_2 + p_3} = \frac{\sum_{i=1}^3 \alpha_i p_i}{\sum_{i=1}^3 p_i} = \alpha_0 + \frac{\sum_{i=1}^3 \xi_i p_i}{\sum_{i=1}^3 p_i} \quad (31)$$

где ξ_i - остаток вычисленный по формуле:

$$\xi_i = \alpha_i - \alpha_0 (i = 1, 2, 3)$$

Вычисления контролируют равенством:

$$\sum_{i=1}^3 p_i f_{\beta_i} = 0 \text{ или } \sum_{i=1}^3 p_i f_{\lambda_i} = 0.$$

Так как окончательное значение α_{2-3} округлено (более точное значение $\alpha_{2-3} = 99^\circ 35,854'$, а погрешность округления (более точное значение $\omega = 99^\circ 35,8' - 99^\circ 35,854' = -0,054'$), то

$$\sum_{i=1}^3 p_i f_{\beta_i} = \omega \sum_{i=1}^3 p_i.$$

Выяснив, что все невязки допустимы, их распределяют с противоположным знаком в соответствующих ходах поровну на каждый угол и вычисляют дирекционные углы сторон.

Средняя квадратическая погрешность измерения угла может быть вычислена по формуле:

$$m_{\beta} = \frac{\mu}{\sqrt{k}},$$

$$\text{где } \mu = \sqrt{\frac{[pf_{\beta}^2]}{N-1}} - \text{ср. квадратическая погрешность единицы веса.}$$

По вычисленным дирекционным углам и длинам сторон вычисляют приращения координат и их суммы по ходам.

Уравнивание приращений координат производят так же, как и уравнивание углов.

По каждому ходу вычисляют координаты узловой точки:

$$\begin{aligned} x_i &= x_{иис} + [\Delta x]_i \\ y_i &= y_{иис} + [\Delta y]_i \quad (i = 1, 2, 3). \end{aligned} \quad (32)$$

Проверяют невязки по 2-м наиболее коротким ходам, если невязки допустимы, вычисляют веса координат узловой точки:

$$p_i = \frac{k}{L_i}.$$

После этого находят среднее весовое (окончательное значение координат узловой точки:

$$\begin{aligned} x_3^{ок} &= \frac{\sum_{i=1}^3 x_i p_i}{\sum_{i=1}^3 p_i} = x_0 + \frac{\sum_{i=1}^3 \xi_x p_i}{\sum_{i=1}^3 p_i}; \\ y_3^{ок} &= \frac{\sum_{i=1}^3 y_i p_i}{\sum_{i=1}^3 p_i} = y_0 + \frac{\sum_{i=1}^3 \xi_y p_i}{\sum_{i=1}^3 p_i}, \end{aligned} \quad (33)$$

где $x_3^{ок}, y_3^{ок}$ - окончательные значения координат узловой точки 3;
 x_0 и y_0 - приближенные значения координат;

$\xi_{xi} = x_i - x_0$ и $\xi_{yi} = y_i - y_0$ (остатки); $i=1,2,3$ (номер хода);

x_i, y_i - координаты узлового пункта 3, полученные по каждому i -му ходу;

$$p_i = \frac{k}{L_i} \text{ (веса координат);}$$

L_i - длина i -го хода.

Вычисления координат x_3 и y_3 возможно при условии допустимости абсолютных невязок по ходам, вычисленных по формулам:

$$\begin{aligned} f_{x1+2} &= x_2 - x_1, f_{y1+2} = y_2 - y_1; f_{L1+2} = \sqrt{f_{x1+2}^2 + f_{y1+2}^2}; \frac{f_{L1+2}}{L_{1+2}}; \\ f_{x2+3} &= x_3 - x_2, f_{y2+3} = y_3 - y_2; f_{L2+3} = \sqrt{f_{x2+3}^2 + f_{y2+3}^2}; \frac{f_{L2+3}}{L_{2+3}}. \end{aligned} \quad (34)$$

Результаты вычислений абсолютных невязок и проверку допустимости оформляют в виде табл. 7.

Координаты узловой линии, рассчитанные по каждому из ходов, значения невязок составляют и выписывают в табл. 8.

$$f_{xi} = x_i - x_3^{ок}, f_{yi} = y_i - y_3^{ок}.$$

Контролем вычисления служит равенство:

$$\sum_{i=1}^3 p_i f_{xi} = \sum_{i=1}^3 p_i f_{yi} = 0.$$

Так как окончательные значения $x_3^{ок}, y_3^{ок}$ округлены ($\omega_x = +0,003, \omega_y = +0,004$), то

$$\begin{aligned} \sum p_i f_{xi} &= \omega_x \sum p_i \\ \sum p_i f_{yi} &= \omega_y \sum p_i. \end{aligned} \quad (35)$$

Полученные невязки с противоположным знаком распределяют в приращения пропорционально длинам сторон и вычисляют координаты точек теодолитных ходов и выполняют оценку точности получения координат по каждому ходу (табл. 8.).

Ведомость вычисления уравненных координат

Таблица 5

	Углы			$Li, м$	Приращения координат, м				Координаты, м	
	измерен.	исправл.	α_i						$X, м$	$Y, м$
					$\pm \Delta x, м$	$\pm \Delta y, м$	$\pm \Delta x, м$	$\pm \Delta y, м$		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
				Ход 1						
A	(левые)									
B			80°34,8'	200,26	− 7	+ 6			+ 3686,91	+ 5762,03
2	155°21,0'	155°21,0'			+ 112,19	165,88	+ 112,12	+ 165,94		
			55°55,8'		− 12	+ 10			+ 3799,03	+ 5927,97
3	223°40,0'	223°40,0'		322,14	− 53,69	+ 317,63	− 53,81	+ 317,73		
			99°35,8'						+ 3745,22	+ 6245,70
$\sum \lambda_{лев}$	379°01,0'	379°01,0'		522,36	+ 58,50	+ 483,51	+ 58,31	+ 483,67		
α_1	99°35,8'				+ 58,31	+ 483,67				
$\sum \lambda_i$	379°01,0'				$f_x = +0,19$	$f_y = -0,16$				
f_λ	0,0				$f_{abc} = 0,25$					
$f_\lambda^{дон}$	1,4'				$f_{отн} = \frac{0,25}{522} = \frac{1}{1100}$					
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11

				Ход 2						
E F 7 3 2	(правые) – 2 153°15,5' – 2 113°19,0' – 2 238°53,5'	153°15,3' 113°18,8' 238°53,3'	245°03,2' 271°47,9' 338°29,1' 279°35,8'	335,58 508,91	+ 8 10,53 + 12 473,45	– 4 – 335,41 – 5 – 186,64	+ 10,61 + 473,57	– 335,45 – 186,69	+ 3261,04 + 3371,65 + 3745,22	+ 6766,84 + 6432,39 + 6245,70
$\sum \beta_{np}$ α_1 $\sum \beta_t$ f_β $f_\beta^{\partial on}$	505°28,0' 279°35,2' 505°27,4' + 0,6 1,7	505°27,4'		844,49	+ 483,98 + 484,18 $f_x = -0,20$ $f_{a\bar{b}c} = 0,22$ $f_{omn} = \frac{0,22}{844} = \frac{1}{3800}$	– 522,05 – 522,14 $f_y = +0,09$	+ 484,18	– 522,14		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11

				Ход 3						
C	(правые)									
D	+ 2				+ 5	– 8			+ 4739,45	+ 6450,46
5	187°25,5'	187°25,7'	188°58,4'	439,44	– 439,36	– 11,84	– 439,31	– 11,92		
4	+ 2				+ 3	– 5			+ 4300,14	+ 6438,54
4	187°33,5'	187°33,7'	181°32,7'	292,96	– 291,35	+ 30,70	– 291,32	+ 30,65		
3	+ 1				+ 4	– 7			+ 4008,82	+ 6469,19
3	133°42,0'	133°42,1'	173°59,0'	345,58	– 263,64	– 223,42	– 263,60	– 223,49		
2	+ 1								3745,22	+ 6245,70
2	120°41,0'	120°41,1'	220°16,9'							
			279°35,8'							
$\sum \beta_{np}$	629°22,0'	639°22,6'		1077,98	– 994,35	– 204,56	– 994,23	– 204,76		
α_1	279°36,4'				– 994,23	– 204,76				
$\sum \beta_t$	639°22,6'				$f_x = -0,12$	$f_y = +0,20$				
f_β	– 0,6				$f_{abc} = 0,23$					
f_β^{don}	2,0				$f_{omn} = \frac{0,23}{1078} = \frac{1}{4600}$					

Таблица 6

Вычисление средне весового значения α_{2-3}

№ хода	α_i	ε_{ai}	n_i	$p_i = \frac{k}{n_i}$ ($k = 6$)	$p_i \varepsilon_{ai}$	$f_{\beta i}$	$p_i f_{\beta i}$	Проверка допустимости невязок
1	99°35,8	+0,6'	3	2,0	+1,2	0	0	$f_{\beta 1+2} = -0,6'$
2	99°35,2'	0,0	3	2,0	0	+0,6	+1,2	$f_{\beta 1+2}^{don} = 2,4'$
3	99°36,4'	+1,2'	4	1,5	+1,8	-0,6	-0,9	$f_{\beta 2+3} = -1,2'$
	$\alpha_0 = 99°35,2$			$\sum p_i = 5,5$	$\sum p_i \varepsilon_{ai} = 3,0$		+0,3	$f_{\beta 2+3}^{don} = 2,6'$

$$\alpha_{2-3} = 99°35,2' + \frac{3,0}{5,5} = 99°35,8'; \omega = +0,054.$$

$$\text{Контроль: } \omega \sum p_i = +0,3'.$$

Так как окончательное значение α_{2-3} округлено (более точное значение $\alpha_{2-3} = 99°35,745'$, а погрешность округления составит $\omega = 99°35,8' - 99°35,745' = +0,055'$, то

$$\sum_{i=1}^3 p_i f_{\beta i} = \omega \sum_{i=1}^3 p_i.$$

Таблица 7

Результаты абсолютных и допустимых невязок

Ход	Длина хода, км	Невязка, м			Допустимая невязка
		f_x	f_y	f_{abc}	
1-2	1,36	-0,39	+0,25	0,47	1,0
2-3	1,92	+0,08	+0,11	0,14	1,0

Примечание: Допустимая абсолютная невязка хода для масштаба топографической съемки 1:2000 (застроенная территория), что следует из условия решения задачи.

Координаты узловой линии, рассчитанные по каждому из ходов, составляют:

$$\begin{aligned} x_1 &= x_B + (\sum \Delta x_1)_{1\text{хода}} = +3686,91 + 58,50 = 3745,41\text{м}; \\ y_1 &= y_B + (\sum \Delta y_1)_{1\text{хода}} = +5762,03 + 483,51 = 6245,54\text{м}; \\ x_2 &= x_F + (\sum \Delta x_2)_{2\text{хода}} = +3261,04 + 483,98 = 3745,02\text{м}; \\ y_2 &= y_F + (\sum \Delta y_2)_{2\text{хода}} = +6767,84 + (-522,05) = 6245,79\text{м}; \\ x_3 &= x_D + (\sum \Delta x_3)_{3\text{хода}} = +4739,45 + (-994,35) = 3745,10\text{м}; \\ y_3 &= y_D + (\sum \Delta y_3)_{3\text{хода}} = +6450,46 + (-204,56) = 6245,90\text{м}; \end{aligned}$$

их выписывают в табл. 8.

Там же приводят значения невязок по каждому из 3 ходов:

$$f_{xi} = x_i - x_3^{ок}, f_{yi} = y_i - y_3^{ок}.$$

Таблица 8

Вычисление средне весовых значений координат узловой т.3

№ п/ п	$x_3, м$	$\varepsilon_{xi}, с$	$p_i \varepsilon_x, с$	$f_{xi}, с$	$p_i f_{xi}, с$	$L_i, к$	$p_i = \frac{k}{L_i}$ ($k=1$)	$p_i f_{yi}, с$	$f_{yi}, с$	$p_i \varepsilon_y, см$	$\varepsilon_{yi}, с$	$y_3, м$
1	+3745, 41	+3 9	174,1	+1 9	+36	0,5 2	1,9	-30	-16	0	0	+6245, 54
2	+3745, 02	0	0	-20	-24	0,8 4	1,2	+11	+9	+30	+2 5	+6245, 79
3	+3745, 10	+8	7,2	-12	-11	1,0 8	0,9	+18	+2 0	+32,4	+3 6	+6245, 90
	$x_0 = +37$		$\sum = +$		$\sum = -$		$\sum p_i =$	$\sum = +$		$\sum = +$		$y_0 = +62$

$$x_0^{ок} = +3745,02 + \frac{0,813}{4} = +3745,22 м;$$

$$y_0^{ок} = +6245,54 + \frac{0,624}{4} = +6245,70 м;$$

$$\omega_x = +0,003 м$$

$$\omega_y = +0,004 м$$

Контролем вычисления служит равенство: $\sum_{i=1}^3 p_i f_{xi} = \sum_{i=1}^3 p_i f_{yi} = 0$, так как

окончательные значения $x_3^{ок}, y_3^{ок}$ округлены

($\omega_x = +0,003, \omega_y = +0,004$), то выполняется контроль:

$$\omega_x \sum_{i=1}^3 p_i = +0,01 м$$

$$\omega_y \sum_{i=1}^3 p_i = +0,01 м$$

Оценка точности планового положения узловой точки 3 определяется по следующим формулам:

- вычисляют СКП единицы веса:

$$\mu_x = \sqrt{\frac{[pf_x^2]}{N-1}}; \mu_y = \sqrt{\frac{[pf_y^2]}{N-1}}; \quad (36)$$

- вычисляют СКП абсцисс и ординат:

$$m_x = \frac{\mu_x}{\sqrt{[p]}}; m_y = \frac{\mu_y}{\sqrt{[p]}}; \quad (37)$$

- вычисляют СКП планового положения узловой точки:

$$M = \sqrt{m_x^2 + m_y^2} \dots (38)$$

3.4. Привязка теодолитных ходов к стенным знакам

При создании геодезического съемочного обоснования могут иметь место случаи, когда пункты закреплены на землях поселений одинарными или парными стенными знаками. Стенные знаки закрепляют на основных несущих элементах (стенах, надстройках и т.д.) кирпичных, бетонных зданий и сооружений на высоте от цокольной части 0,0 - 1,2 м. Установить геодезический прибор над центром невозможно. Поэтому требуется привязка к пунктам.

Привязка к одинарному стенному знаку.

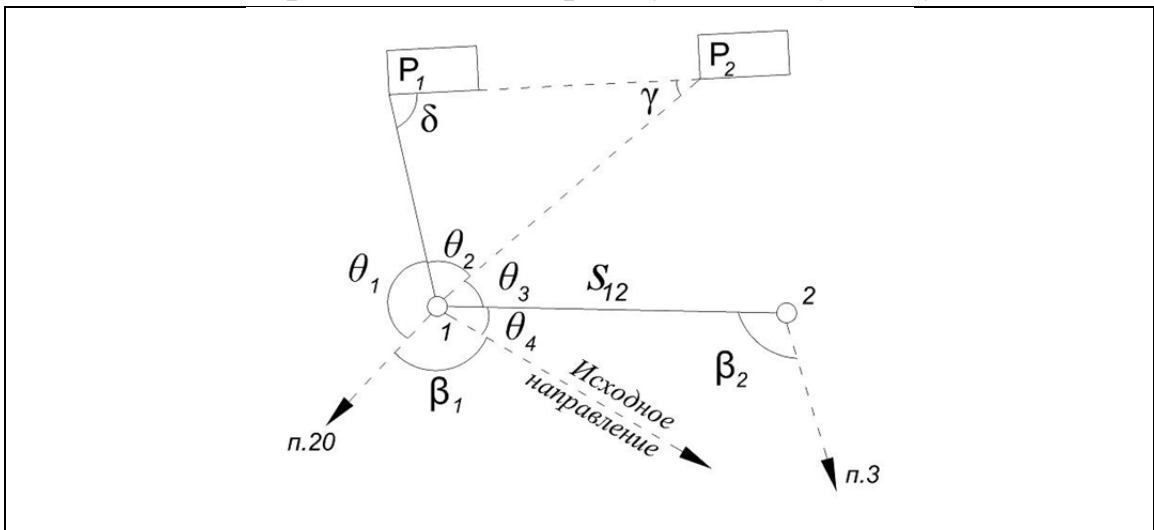


Рис.25. Схема привязки полигонометрического хода к одинарному стенному знаку

Для привязки на местности (рис.25.) измеряют горизонтальное проложение $1P_1=l$ с погрешностью, не превышающей 2 мм, а также горизонтальные углы $\theta_1, \theta_2, \theta_3, \theta_4$ со средней квадратической погрешностью не превышающей 5". Дирекционный угол стороны 1-2 вычисляют следующим образом.

$$x_1 = x_{P_1} + l \cos(\alpha_{P_1 P_2} + \delta); \quad (39)$$

$$y_1 = y_{P_1} + l \sin(\alpha_{P_1 P_2} + \delta);$$

$$\alpha_{1,2} = \alpha_{1P2} + \theta_3.$$

Дирекционный угол $\alpha_{P_1P_2}$ и горизонтальное проложение $S_{P_1P_2}$ находят из решения обратной геодезической задачи по координатам центров ственных знаков:

$$\begin{aligned} \operatorname{tg} \alpha_{P_1P_2} &= \frac{y_{P_2} - y_{P_1}}{x_{P_2} - x_{P_1}}; \\ S_{P_1P_2} &= \frac{y_{P_2} - y_{P_1}}{\sin \alpha_{P_1P_2}} = \frac{x_{P_2} - x_{P_1}}{\cos \alpha_{P_1P_2}}, \end{aligned}$$

вспомогательный угол δ вычисляют как

$$\delta = 180^\circ - (\theta_2 + \gamma).$$

Для определения угла γ используют теорему синусов

$$\sin \gamma = \frac{l}{S_{P_1P_2}} \sin \theta_2.$$

Для контроля вычислений следует решить обратную геодезическую задачу по направлению $1P_2$, а затем вычислить разность дирекционных углов, которая должна быть равна измеренному углу θ_2 , т.е.

$$\alpha_{1P_2} - \alpha_{1P_1} = \theta_2.$$

Привязка к парным стенным знакам

Для привязки на местности (рис. 26.) измеряют горизонтальные проложения $1P_1 = l_1, 1P_2 = l_2$ с погрешностью не превышающей 2 мм, а также горизонтальные углы $\theta_1, \theta_2, \theta_3, \theta_4$ с СКП не более 5 ". Дирекционный угол стороны (1-2) вычисляют следующим образом.

$$\alpha_{1P2} = \alpha_{1P1} + \theta_3.$$

$$x_1 = x_{P1} + l_1 \cos(\alpha_{1P2} + \gamma_2);$$

$$y_1 = y_{P1} + l_1 \sin(\alpha_{1P2} + \gamma_2);$$

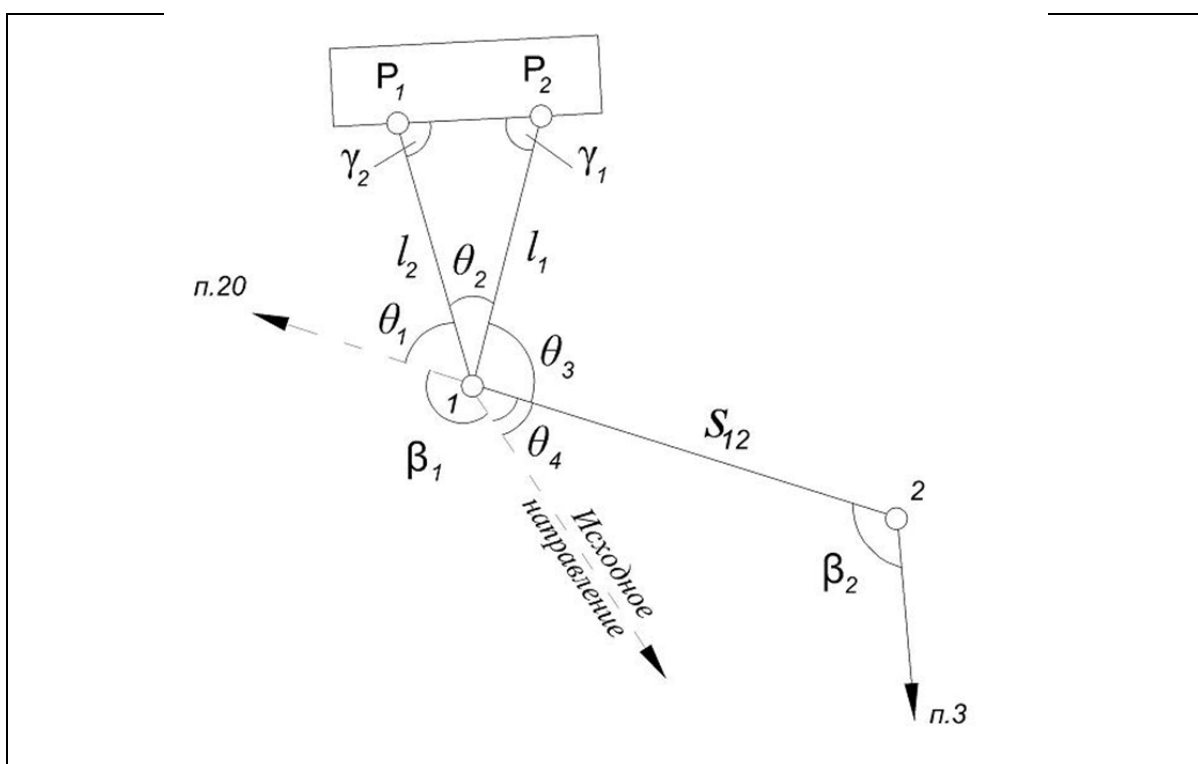


Рис.26. Схема привязки полигонометрического хода к парным стенным знакам P_1 и P_2

Выполняют контроль вычислений:

$$x_1 = x_{P2} + l_2 \cos(\alpha_{1P2} - \gamma_1 + 180^\circ)$$

$$y_1 = y_{P2} + l_2 \sin(\alpha_{1P2} - \gamma_1 + 180^\circ). \quad (40)$$

Значения углов γ_1, γ_2 находят из решения треугольников по теореме синусов:

$$\sin \gamma_1 = \frac{l_1}{S_{1P2}} \sin \theta_2,$$

$$\sin \gamma_2 = \frac{l_2}{S_{1P2}} \sin \theta_2,$$

Контроль вычислений:

$$\gamma_1 + \gamma_2 + \theta_2 = 180^\circ$$

Дирекционный угол $\alpha_{P_1P_2}$ находят из решения обратной геодезической задачи по координатам центров стенных знаков. Контроль определения положения пункта 1 выполняют путем вычисления угла θ_4 .

3.5. Проектирование съемочного обоснования для выполнения кадастровых работ

Плановое - высотное съемочное обоснование, состоящее из теодолитных ходов и ходов технического нивелирования (либо тахеометрических ходов), развивается на основе опорных геодезических сетей. На застроенной территории количество пунктов съемочного обоснования определяется по результатам рекогносцировки.

На незастроенных городских территориях вместе с пунктами опорных геодезических сетей на 1 кв. км должно быть, согласно инструкции по топографической съемке в масштабах 1:5000, 1:2000, 1:1000 и 1:500,

- 4 пункта съемочного обоснования при съемке в масштабе 1: 5000.
Для выполнения съемки в масштабе 1: 2000 -12 пунктов

и 16 пунктов в масштабе 1:1000 (при съемке в масштабе 1:500 количество пунктов определяется рекогносцировкой).

Проект теодолитных ходов составляют на планах крупных масштабов с учетом всех пунктов опорной геодезической сети. При проектировании ходов съемочного обоснования следует соблюдать следующие требования:

1. Теодолитные ходы должны опираться на пункты опорной геодезической сети.

2. Точки ходов намечаются с учетом возможной постановки геодезических инструментов и производства необходимых геодезических измерений, а также максимального обзора территории.

3. Ходы съемочного обоснования могут быть висячими, если выполняется требование Инструкции и при условии, что число сторон не более 4-х на застроенной территории и 3-х на незастроенной территории.

4. При проектировании ходов на застроенной территории необходимо предусматривать возможность определения координат углов зданий,

расположенных на поворотах кварталов, улиц, переулков и внутри кварталов, а также в районах со свободной планировкой не реже, чем через 300 метров.

5. В целях наилучшего использования точек съемочного обоснования ходы следует прокладывать по дорогам, вдоль улиц, проездов, вблизи построек и др. создавая благоприятные условия для измерений, выполняемых при съемке.

6. Нумерация точек съемочного обоснования ведется общая для всей территории.

7. Ходы могут пересекаться лишь в точках поворота, а не на линиях.

8. Предельная погрешность положения точек съемочного обоснования относительно пунктов опорной геодезической сети не должна превышать 0,3 мм в масштабе плана на закрытой растительностью местности и 0,2 мм на открытой, (застроенной) территориях. Поэтому ходы прокладываются с предельными относительными погрешностями 1/1000, 1/2000 и 1/3000. В связи с этим Инструкцией назначается допустимая длина хода. Длины сторон теодолитных ходов должны быть не менее 20 м и не более 350 м на застроенной; и не менее 40 м – на незастроенных городских территориях. Максимальная длина стороны тахеометрического хода в случае применения электронных тахеометров не регламентируется.

9. Отдельные точки съемочного обоснования могут быть определены прямой, обратной и комбинированной засечками. При прямых засечках следует задействовать не менее 3-х пунктов, а при обратной – 4-х пунктов опорной геодезической сети.

10. Пунктами съемочного обоснования могут быть центры колодцев выходов подземных коммуникаций, а также вбитые в асфальт кованые гвозди, дюбеля и металлические штыри. При создании съемочных сетей на незастроенных городских территориях для этих целей используются выступы бетонных столбов, пикеты на дорогах, сторожки подземных инженерных сетей.

4. ГЕОДЕЗИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ МЕЖЕВАНИЯ

Межевание земель представляет собой комплекс работ по установлению (восстановлению) на местности границ земельного участка с

закреплением его поворотных точек межевыми знаками и определению их плоских прямоугольных координат, а также площади земельного участка. Установление и закрепление границ на местности выполняют при получении гражданами и юридическими лицами новых земельных участков, при купле-продаже, мене, дарении всего или части земельного участка, а также по просьбе граждан и юридических лиц, если документы, удостоверяющие их права на земельный участок, были выданы без установления и закрепления границ на местности. Восстановление границ земельного участка выполняют при наличии межевых споров, а также по просьбе граждан и юридических лиц в случае полной или частичной утраты на местности межевых знаков и других признаков границ принадлежащих им земельных участков.

Межевание проводят:

- как технический этап реализации утвержденных проектных решений о месторасположении границ земельных участков при образовании новых или упорядочении существующих землевладений;

- как работы по восстановлению на местности границ земельного участка при наличии в государственном земельном кадастре сведений, позволяющих определить положение границ на местности с нормативной тонностью межевания.

Основаниями для межевания могут служить:

- постановление (решение) федеральных органов исполнительной власти, органов исполнительной власти субъектов Российской Федерации или органов местного самоуправления о проведении межевания;

- задание на межевание;

- судебные решения.

Межевание земель выполняют проектно-изыскательские организации Росреестра, а также граждане и юридические лица, получившие в установленном порядке лицензии на право выполнения этих работ. Основным документом, регламентирующим порядок выполнения работ по межеванию земель, являются «Методические рекомендации по проведению межевания объектов землеустройства».

4.1. Содержание межевания земель

Межевание земель включает:

- подготовительные работы по сбору и изучению правоустанавливающих, геодезических, картографических и других исходных документов;
- полевое обследование и оценку состояния пунктов

государственной геодезической сети (ГГС) и опорной межевой сети (ОМС), опорных межевых знаков (ОМЗ);

- полевое обследование границ размежевываемого земельного участка с оценкой состояния межевых знаков;
- составление технического проекта (задания) межевания земель;
- уведомление собственников, владельцев и пользователей размежевываемых земельных участков о производстве межевых работ;
- согласование и закрепление на местности межевыми знаками границ земельного участка с собственниками, владельцами и пользователями размежевываемых земельных участков;
- сдачу пунктов ОМС на наблюдение за сохранностью;
- определение координат пунктов ОМС и межевых знаков;
- определение площади земельного участка;
- составление чертежа границ земельного участка;
- контроль и приемку результатов межевания земель производителем работ;
- государственный контроль за установлением и сохранностью межевых знаков;
- формирование межевого дела;
- сдачу материалов в архив.

4.1.1. Подготовительные работы к межеванию

В процессе подготовительных работ к межеванию осуществляют сбор и анализируют следующие исходные материалы:

- проект землеустройства, материалы инвентаризации земель;
- постановление районной, городской (поселковой) или сельской администрации о предоставлении гражданину или юридическому лицу земельного участка;
- договоры купли-продажи и сведения о других сделках с земельным участком;
- выписки из книги регистрации земельного участка;
- сведения о наличии межевых споров по данному земельному участку;
- чертеж границ или кадастровые карты (планы) с границами земельного участка;
- топографические карты и планы;
- фотопланы и фотоснимки, приведенные к заданному масштабу;
- схемы и списки координат пунктов ГГС;
- схемы и списки координат пунктов ОМС;
- списки координат межевых знаков, затрагиваемых проектом

землеустройства, а также проектные координаты вновь образуемого или трансформируемого земельного участка;

- сведения об особом режиме использования земель.

4.1.2. Полевое обследование пунктов геодезической основы и межевых знаков

Полевое обследование производят с целью проверки сохранности геодезических опорных пунктов, выбора наиболее выгодной технологии работ и размещения пунктов опорной межевой сети.

Результаты обследования отражаются на схемах ГГС, ОМС или ранее изготовленном чертеже границ земельного участка.

В результате полевого обследования выясняют возможности применения тех или иных методов и приборов для закрепления пунктов ОМС, межевых знаков и определения их координат.

Составляется акт проверки состояния ранее установленных граничных знаков земельного участка.

4.1.3. Составление технического проекта

Межевание земель выполняют в соответствии с техническим проектом, в котором обосновывают содержание, объемы, трудовые затраты, необходимые материалы, сметную стоимость, сроки выполнения и технику безопасности работ. Технический проект межевания земель составляют на каждый населенный пункт, дачный поселок, садоводческое товарищество, на крупные сельскохозяйственные и лесохозяйственные предприятия и т.д.

Межевание земельного участка, предоставленного для ведения личного подсобного и дачного хозяйства, садоводства и индивидуального строительства, выполняют в соответствии с техническим заданием, выданным на основе технического проекта. Технический проект межевания земель утверждает районный (городской) комитет по земельным ресурсам и землеустройству.

Технический проект включает:

- текстовую часть;
- графические материалы;
- смету затрат и расчеты необходимых материалов.

В текстовой части технического проекта отражают:

- основание и цель выполнения работ;
- сведения о геодезической основе,
- сведения о ранее выполненных межевых работах;

- технологию геодезических работ и закрепления новых или восстановления утраченных границ;
- организацию и сроки межевания земельного участка;
- рекомендации по технике безопасности и охране труда;
- перечень материалов, подлежащих сдаче в комитет по земельным ресурсам и землеустройству.

К техническому проекту прикладывают разбивочный чертеж, составленный в удобном для работы масштабе, на котором отображают существующие и проектируемые:

- пункты ГГС и ОМС (ОМЗ);
- межевые знаки;
- угловые и линейные данные для геодезических измерений;
- названия и номера размежевываемого и смежных с ним земельных участков.

На разбивочном чертеже проектируемые пункты ОМС и межевые знаки и их названия показываются красным цветом.

Разбивочный чертеж может составляться на копии ранее изготовленного чертежа границ земельного участка или кадастровой карты (плана), приведенной к удобному для работы масштабу.

4.1.4. Уведомление собственников, владельцев и пользователей о межевании земель

Собственники, владельцы и пользователи размежевываемого и смежных с ним земельных участков заблаговременно, не позднее чем за 2 дня до начала работ, извещаются о времени проведения межевых работ.

Извещения вручаются под расписку с указанием времени вручения. Извещения и расписки составляются в 2-х экземплярах, один экземпляр из которых подшивается в межевое дело.

4.1.5. Установление и согласование границ земельного участка на местности

Установление границ земельного участка производят на местности в присутствии представителя районной, городской (поселковой) или сельской администрации, собственников, владельцев или пользователей размежевываемого и смежных с ним земельных участков или их представителей, полномочия которых удостоверяются доверенностями, выданными в установленном порядке.

После завершения процедуры установления и согласования границ земельного участка на местности производится закрепление его границ межевыми знаками установленного образца.

Результаты установления и согласования границ оформляются актом, который подписывается собственниками, владельцами, пользователями размежевываемого и смежных с ним земельных участков (или их представителями), городской (поселковой) или сельской администрацией и инженером-землеустроителем – производителем работ. Акт утверждается комитетом по земельным ресурсам и землеустройству района (города).

4.1.6. Определение координат межевых знаков

После закрепления на местности пунктов ОМС (ОМЗ) и межевых знаков определение их планового положения выполняют в соответствии с требованиями Инструкции по межеванию.

Для определения координат пунктов ОМС (ОМЗ) и межевых знаков используют:

- спутниковые геодезические определения;
- триангуляцию, полигонометрию, трилатерацию, прямые, обратные, комбинированные засечки, лучевые системы;
- фотограмметрические методы.

В обоснованных случаях могут использоваться и методы картометрии.

Для производства измерений применяют:

- спутниковые геодезические приемники;
- электронные тахеометры;
- теодолиты;
- фотограмметрические приборы;
- дигитайзеры, другие приборы и инструменты.

По результатам геодезических, фотограмметрических и картометрических измерений вычисляют координаты пунктов ОМС и межевых знаков.

4.1.7. Составление чертежа границ земельного участка

Чертеж границ земельного участка составляют в масштабе, равном или крупнее масштаба базовой кадастровой карты (плана), рекомендованном в таблице.

Оригинал чертежа границ земельного участка составляют на плотной чертежной бумаге, лавсане или фотоплане.

Чертеж границ земельного участка составляется инженером-землеустроителем, выполнившим межевые работы, и утверждается председателем (заместителем председателя) комитета по земельным ресурсам и землеустройству района (города).

Текущий контроль и приемку результатов межевания земель производитель работ выполняет с целью установления их соответствия требованиям Инструкции по межеванию. Результаты контроля и приемки оформляют актами установленной формы.

В целях контроля производитель работ выполняет дополнительные контрольные измерения, осматривает в натуре межевые знаки и устанавливает соответствие их оформления требованиям Инструкции (Приложение 4).

Количество дополнительных контрольных измерений обосновывается в техническом проекте.

4.1.8. Контроль и приемка материалов межевания земель производителем работ

В процессе и по завершению межевания земельных участков производитель работ осуществляет текущий контроль и приемку законченной продукции.

При выполнении работ физическим лицом, имеющим лицензию на выполнение межевых работ, текущий контроль и приемку законченной продукции, осуществляет комитет по земельным ресурсам и землеустройству или уполномоченная им проектно-изыскательская организация по землеустройству.

Текущий контроль и приемку результатов межевания земель производитель работ выполняет с целью установления их соответствия требованиям Инструкции.

Результаты контроля и приемки оформляют соответствующими актами.

В целях контроля производитель работ выполняет дополнительные контрольные измерения, осматривает в натуре межевые знаки и устанавливает соответствие их оформления требованиям настоящей Инструкции. Количество дополнительных контрольных измерений обосновывается в техническом проекте.

При приемке законченных работ проверяющий устанавливает:

- наличие списков координат пунктов ГГС, ОМС (ОМЗ) и межевых знаков;
- систему координат и схему привязки межевых знаков к опорным геодезическим пунктам;
- правильность ведения журналов геодезических измерений;
- правильность установления и закрепления границ земельного участка;
- допустимость погрешностей геодезических определений и вычисления площади земельного участка;
- соответствие вычисленной площади земельного участка площади, указанной в документе, удостоверяющем права собственника на земельный участок;
- правильность оформления чертежа границ земельного участка;
- правильность оформления кадастрового паспорта и т.д.

4.2. Геодезическая основа межевания земель. Требования к точности.

Межевание земель выполняют в местных системах координат. При этом должна быть обеспечена надежная связь местных систем координат с общегосударственной системой.

Геодезической основой межевания земель служат:

- пункты ГГС (триангуляция и полигонометрия);
- пункты ОМС (опорные межевые знаки ОМЗ).

Пункты ОМС (ОМЗ) служат в качестве исходных для:

- закрепления на местности местной системы координат;
- оперативного восстановления утраченных межевых знаков;
- решения других задач государственного земельного кадастра и землеустройства.

4.3. Требования к закреплению на местности границ земельного участка

В зависимости от назначения и типа закрепления на местности различают:

- пункты ОМС (ОМЗ), закрепляемые на долговременную (не менее 5 лет) сохранность;
- межевые знаки, закрепляемые на поворотных точках границ с использованием недорогих материалов;
- границы по «живым урочищам» (рекам, ручьям, водотокам, водоразделам и т.д.);
- границы, совпадающие с линейными сооружениями (заборами, фасадами зданий, элементами дорожной сети и т.д.);
- пропаханные линии суходольных границ.

Пункты ОМС размещают равномерно по территории населенных пунктов, дачных поселков, участков садовых товариществ, сельскохозяйственных, лесохозяйственных и других предприятий. Пункты

ОМС могут не совпадать с межевыми знаками границ земельного участка. Их следует размещать на местности с учетом:

- доступности для геодезических определений при восстановлении положения утраченных межевых знаков;
- защищенности от разрушений в результате хозяйственной деятельности и природных явлений.

Пункты ОМС следует по возможности размещать на землях, находящихся в государственной или муниципальной собственности.

Межевые знаки размещают на всех поворотных точках границы земельного участка, кроме границ, проходящих по «живым урочищам» и линейным сооружениям, совпадающим с границами земельного участка.

На пунктах ОМС в качестве знаков применяются:

- бетонный пилон размером $12 \times 12 \times 90$ см, в верхний конец которого заделывается кованый гвоздь, а в нижнюю часть для лучшего скрепления с грунтом цементируются два металлических штыря (якорь);
- бетонный монолит в виде усеченной четырехгранной пирамиды с нижним основанием 15×15 см, верхним 10×10 см и высотой 90 см с заделанным в него кованым гвоздем;
- железная труба диаметром 35...60 мм, отрезки рельса или уголкового железа $50 \times 50 \times 5$ мм, $35 \times 35 \times 4$ мм длиной 100 см с бетонным якорем в виде усеченной четырехгранной пирамиды с нижним основанием 20×20 см, верхним - 15×15 см и высотой 20 см. К верхней части трубы (рельса, уголка) приваривается металлическая пластинка для надписи, внизу металлические стержни (крестовина);
- деревянный столб диаметром не менее 15 см и высотой 115 см с крестовиной, установленный на бетонный монолит в виде усеченной четырехгранной пирамиды с нижним основанием 20×20 см, верхним 15×15 см и высотой 20 см. На верхней грани монолита делается крестообразная насечка или заделывается гвоздь. Верхнюю часть столба затесывают на конус, ниже затеса делают вырез для надписи;
- пень свежесрубленного хвойного дерева диаметром в верхней части не менее 25 см, обработанный в виде столба с вырезом для надписи, полочкой и забитым кованым гвоздем;
- марка, штырь, болт, закрепленные цементным раствором в основания различных сооружений, в т.ч. в бордюры, столбы, трубы или в скалы. Бетонные пилоны и монолиты закладываются на глубину 80 см.

Пункты ОМС окапывают в виде круглых канав с внутренним диаметром 2,0 м, глубиной 0,3 м, шириной в нижней части 0,2 м и верхней части 0,5 м. Над центром насыпается курган высотой 0,1 м.

В качестве **межевых знаков** используют деревянные колья высотой 75...80 см, диаметром 5...7 см, железные штыри и трубы, забитые в грунт на 0,4...0,6 м.

Межевые знаки на поверхности без покрытия окапываются круглой канавой с внутренним диаметром 0,8 м, глубиной 0,2 м и шириной в нижней части 0,2 м.

Границы земельных участков, проходящие по живым урочищам, закрепляются межевыми знаками только на стыках с суходольными границами.

При установке межевой знак ориентируют таким образом, чтобы его лицевая сторона (с надписями) была обращена к следующему межевому знаку при движении по границе по ходу часовой стрелки.

Пункты ОМС после закладки сдаются по акту на наблюдение за сохранностью:

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

- собственнику, владельцу, пользователю земельного участка, если они находятся на его земельном участке.

Если пункт ОМС совмещен с межевым знаком, то он сдается на наблюдение за сохранностью всем собственникам, владельцам и пользователям размежевываемых земельных участков.

5. КАДАСТРОВАЯ СЪЕМКА УЧАСТКА

Крупномасштабное картографирование городских территорий и кадастровая съемка земельных участков имеют ряд особенностей:

- застроенная территория характеризуется большим числом зданий и сооружений, значительным количеством подземных инженерных коммуникаций;
- вся городская ситуация подразделяется на основную и второстепенную.

Основная ситуация это капитальные здания и сооружения и выходы подземных коммуникаций. К второстепенной относят все остальные объекты, которые могут быть отражены в масштабе создаваемого топографического плана;

- на городскую территорию обычно уже существует созданный ранее

крупномасштабный топографический план, поэтому необходимо выполнять только обновление топографического плана.

Точность топографической съемки должна соответствовать следующим требованиям:

-предельная ошибка в положении четких контуров относительно пунктов геодезического обоснования не должна превышать 0,5 мм в масштабе создаваемого плана;

-предельная ошибка определения высот точек на местности - 2/3 принятой величины сечения рельефа.

Кадастровая съемка земельных участков в настоящее время, как правило, выполняется методом полярных координат. Использование способа полярных координат объясняется широким внедрением современных электронных тахеометров, которые позволяют не только быстро и точно выполнять измерение длин линий и углов, но и регистрировать результаты измерений, а затем переносить их на компьютер для дальнейшей математической обработки и построения цифровой модели местности.

Математическая обработка результатов кадастровой съемки способом полярных координат заключается в вычислении координат межевых знаков и построении цифровой модели местности в соответствующем программном комплексе. Точность координирования характерных точек местности и межевых знаков определяется инструментальной точностью используемого электронного тахеометра и ошибками построения исходной геодезической основы.

Формула для оценки точности определения координат будет выглядеть следующим образом:

$$m = \sqrt{m_{\text{ИСХ}}^2 + m_{\text{ИЗМ}}^2} = \sqrt{m_{\text{ИСХ}}^2 + m_L^2 + \frac{m_B^2}{\rho^2} L^2} :$$

Где: L – максимальная длина линии от исходного пункта геодезического обоснования до характерной точки местности;

m_B , m_L – соответственно инструментальные точности угловых и линейных измерений электронным тахеометром;

$m_{\text{ИСХ}}$ – средняя квадратическая погрешность взаимного положения смежных исходных пунктов.

5.1. Точность измерений на топографическом плане

Точность плана определяется средней квадратической погрешностью положения характерной точки местности. Она устанавливается нормативными документами в виде предельной погрешности 0,5 мм

положения четкого контура относительно ближайшего пункта геодезического обоснования. Если перейти к средней квадратической погрешности, то она составит $m = 0,2 \text{ мм} \times M$. Следовательно, для наиболее крупного масштаба, который используется при ведении Государственного кадастра недвижимости на застроенных территориях (1:500), нормативная средняя квадратическая погрешность (СКП) топографического плана должна составлять $m = 0.1 \text{ м}$.

В общем случае СКП создания топографического плана (m_T) зависит от точности построения геодезического обоснования (m_G), точности съемочных работ (m_C), точности создания модели местности (m_M).

$$m_T = \sqrt{m_G^2 + m_C^2 + m_M^2} = \sqrt{5^2 + 10^2 + 10^2} = 15 \text{ см}.$$

Для межевых знаков нормативная точность определения координат составляет $m_C = 0.1 \text{ м}$, для опорной межевой сети $m_G = 0.05 \text{ м}$, а графическая точность представления плана на бумажном носителе $0,2 \text{ мм} \times M$, или для наиболее крупного масштаба $1 : 500$ - $m_M = 0.1 \text{ м}$. По опытным и экспериментальным данным точность топографического плана составляет $M_T = (0,3-0,4) \text{ мм} \times M$, где M – знаменатель масштаба топографического плана. Следовательно, для наиболее крупного масштаба топографической съемки (1: 500) точность топографического плана будет составлять

$$M_T = 0,15-0,20 \text{ м}.$$

5.2. Вынос на местность проекта межевания

Исходными данными для реализации проекта межевания являются пункты геодезического обоснования и проектные координаты межевых знаков (рис.27).

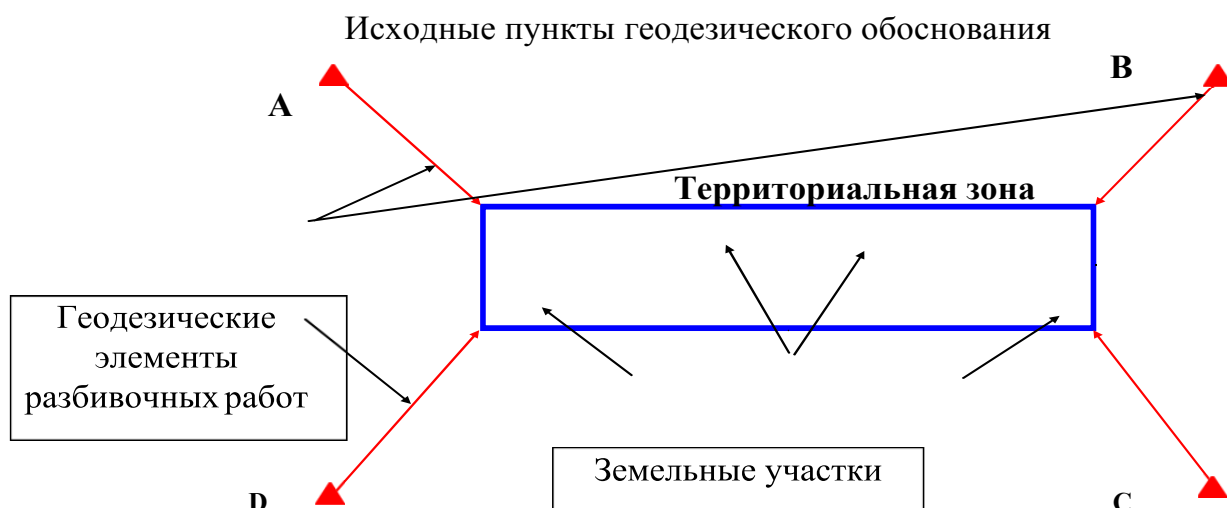


Рис. 27 Схема выноса проекта межевания на местность

Следовательно, по своему содержанию разбивочные работы противоположны съемочным работам. При съемочных работах создается модель местности путем измерения углов и длин линий от пунктов геодезического обоснования до характерных точек местности. При выполнении разбивочных работ от исходных пунктов обоснования откладываются вычисленные заранее разбивочные элементы для получения на местности характерных точек, определяющих границы земельного участка.

Проектные (аналитические) координаты межевых знаков (поворотных точек) измеряются на топографическом плане, на котором выполняется проектирование границ земельных участков или иных объектов недвижимости. Необходимая точность определения на местности выполненного проекта межевания регламентируется нормативными документами и в зависимости от категории земель приведена в табл. 9

Нормативная точность выноса на местность межевых знаков

Градация земель	СКП межевого знака (м)	Контроль межевания (м)		Масштаб топографи- ческого плана	Точность топографиче- ского плана $0,4 \text{ мм} \cdot M(\text{м})$
		ΔS	Δf		
1. Земли населенных пунктов (города)	0,10	0,20	0,30	1 : 500	0,20
				1 : 1 000	0,40
2. Земли населенных пунктов (поселки, сельские населенные пункты); земли, предоставленные для ведения личного подсобного хозяйства, садоводства, огородничества, дачного и индивидуального жилищного строительства	0,20	0,40	0,50	1 : 2 000	0,80
				1 : 5 000	2,00
3. Земли промышленности и иного специального назначения	0,50	1,00	1,50	1 : 500	0,20
				1 : 1 000	0,40
4. Земли сельскохозяйственного назначения (кроме земель, указанных в п. 2), земли особо охраняемых территорий и объектов	2,50	5,00	7,50	1 : 10 000	4,00
				1 : 25 000	10,00
5. Земли лесного фонда, земли водного фонда, земли запаса	5,00	10,0	15,0	1 : 25 000	10,00
				1 : 50 000	20,00

Таким образом, можно отметить, что в ряде случаев при выполнении проекта межевания заданная точность положения межевых знаков может не соответствовать используемому картографическому материалу. Поэтому при подготовке данных для вычисления разбивочных элементов необходимо использовать графо-аналитический метод подготовки.

Если при переносе необходимо строго выдержать внутренние элементы проекта, то графические координаты можно использовать только для первого межевого знака и ориентирования проектного участка, а координаты остальных межевых знаков следует вычислять через проектные элементы с заданной точностью.

5.3 Элементы разбивочных работ

Основными элементами разбивочных работ являются проектный (разбивочный) угол β и проектная (разбивочная) длина линии L .

Построение проектного угла

Построение проектного (разбивочного) угла заключается в отложении от пунктов геодезического обоснования предвычисленного значения разбивочного направления и закрепление его на местности.

Вычисление проектного угла выполняется по исходным координатам пунктов геодезического обоснования и проектным координатам выносимого межевого знака, которые приведены на рис. 28.

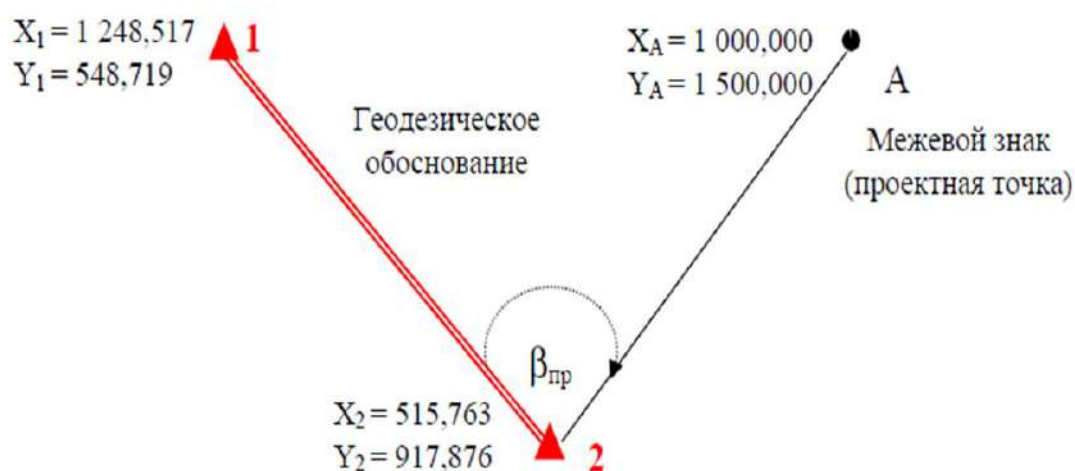


Рис.28. Схема построения проектного угла

Дирекционные углы исходного и выносимого (проектного) направлений определяются из решения обратных геодезических задач.

$$\alpha_{2-1} = \arctg \frac{Y_1 - Y_2}{X_1 - X_2} = 333^\circ 15' 40,7'', \quad \alpha_{2-A} = \arctg \frac{Y_A - Y_2}{X_A - X_2} = 50^\circ 14' 41,2'',$$

$$\beta_{\text{пр}} = \alpha_{2-A} - \alpha_{2-1} = 50^\circ 14' 41,2'' - 333^\circ 15' 40,7'' = 76^\circ 59' 00,5'';$$

Где: X_1, Y_1, X_2, Y_2 – исходные координаты пунктов геодезического обоснования;
 X_A, Y_A – проектные координаты разбиваемого межевого знака.

Методика построения на местности проектного (разбивочного) угла приведена на рис. 28 и заключается в следующем:

- над исходным пунктом геодезического обоснования (точка 2) устанавливается теодолит, а над точкой 1 – визирное приспособление;

- теодолит наводится на точку 1 и снимается отсчет по горизонтальному кругу, который, желательно, должен быть близок к нулю градусов. Например, $\beta_1 = 0^\circ 01'12''$. Затем вычисляется отсчет, который необходимо установить на горизонтальном круге теодолита: $\beta_{пр} = \beta_1 + \beta_{пр} = 0^\circ 01'12'' + 76^\circ 59'00,5'' = 77^\circ 00'12''$.

- на расстоянии L_1 (оно должно быть меньше расстояния до проектной точки) в биссектор визирной трубы теодолита вводится визирная цель, которая затем закрепляется на местности. После этого на расстоянии L_2 (оно должно быть больше расстояния до проектной точки) повторяются указанные действия и получают вторую точку. Натягивая между закрепленными точками леску или проволоку, получают искомое проектное направление.

Для повышения точности отложения проектного угла и исключения инструментальных ошибок указанные операции выполняют при другом положении горизонтального круга. За окончательное положение линии, закрепляющее на местности проектный угол, берут среднее значение.

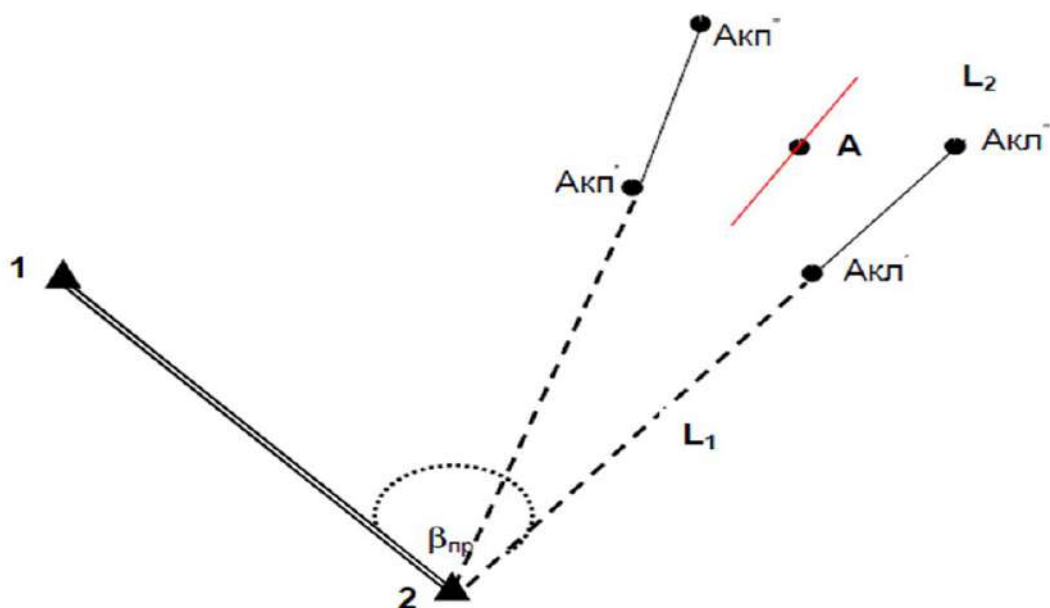


Рис. 29. Схема вынесения на местность проектного угла

Построение проектной линии

Построение проектной линии заключается в отложении от исходного пункта вычисленной заранее длины линии по заданному направлению. Горизонтальное проложение длины линии вычисляют по координатам пунктов исходной геодезической основы и проектным координатам выносимой точки.

Формулы для вычисления проектной длины линии, для варианта, изображенного на рис. 30, имеют следующий вид:

$$\begin{aligned} L &= \sqrt{(X_2 - X_A)^2 + (Y_2 - Y_A)^2} = \\ &= \sqrt{(515,763 - 1\,000,000)^2 + (917,876 - 1\,500,000)^2} = 757,201 \text{ м}; \end{aligned}$$

$$L_{2-A} = \frac{(X_2 - X_A)}{\cos \alpha_{2A}} = \frac{(515,763 - 1\,000,000)}{\cos 50^\circ 14' 41,2''} = 757,201 \text{ м};$$

$$L_{2-A} = \frac{(Y_2 - Y_A)}{\sin \alpha_{2A}} = \frac{(917,876 - 1\,500,000)}{\sin 50^\circ 14' 41,2''} = 757,201 \text{ м}.$$

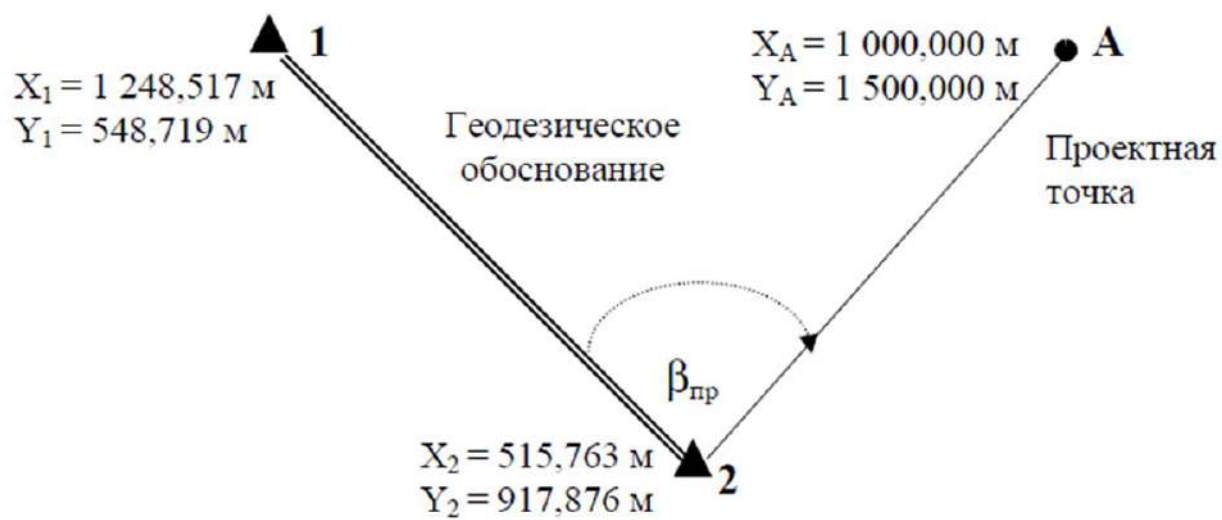


Рис. 30. Схема определения проектной длины линии

При отложении на местности проектной линии, следует учитывать поправку за наклон линии, сущность которой представлена на рис. 31.

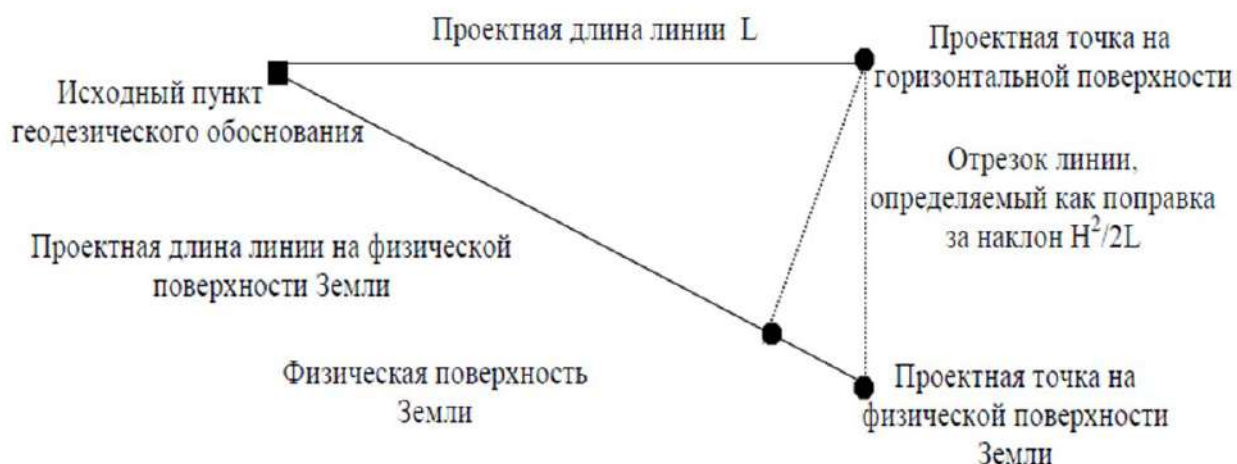


Рис.31. Схема учета поправки в проектную длину линии

При отложении длины линии мерными приборами необходимо учитывать следующие поправки: поправка за компарирование мерного инструмента; поправка за температуру; поправка за натяжение. При этом все поправки необходимо учитывать с противоположным знаком. Такая методика достаточно сложна и исключает возможность применения светодальномера. Поэтому на практике поступают следующим образом. Приблизительно откладывают проектную длину линии, а затем ее точно измеряют квантовым дальномером тахеометра. Сравнивая измеренную длину линии с ее проектным значением, определяют поправку

$$\Delta = S_{\text{изм}} - S_{\text{проект}},$$

которую откладывают по створу линии с соответствующим знаком.

Точность построения на местности проектной длины линии, так же как и проектного угла, зависит от инструментальных ошибок $m_{\text{и}}$ мерного прибора, ошибок внешних условий $m_{\text{в}}$, ошибок фиксации проектной длины линии $m_{\text{ф}}$. В этом случае можно записать:

$$m_L^2 = m_{\text{и}}^2 + m_{\text{в}}^2 + m_{\text{ф}}^2$$

Например, при необходимой точности построения проектной длины линии $m_L = 5,2$ см инструментальная точность применяемого тахеометра и

ошибка фиксации должны быть соответственно не грубее $m_{\text{И}} = m_{\text{Ф}} = 3,7$ см.

Построение на местности фигур разбивки

Целью построения фигур разбивки является получение на местности межевых знаков, закрепляющих проект межевания.

Основой для построения фигур разбивки являются пункты существующего на местности геодезического обоснования. В качестве фигур разбивки могут быть использованы следующие геодезические построения: прямая угловая засечка, способ полярных координат, линейная засечка, обратная угловая засечка и комбинированные построения, которые являются комбинацией перечисленных выше способов.

Прямая угловая засечка

Вынос межевого знака прямой угловой засечкой (рис. 32) заключается в отложении от исходных пунктов направлений геодезического обоснования проектных углов ($\beta_1, \beta_2, \beta_3$). Для контроля качества разбивки, желательно, чтобы число исходных пунктов было не менее трех.

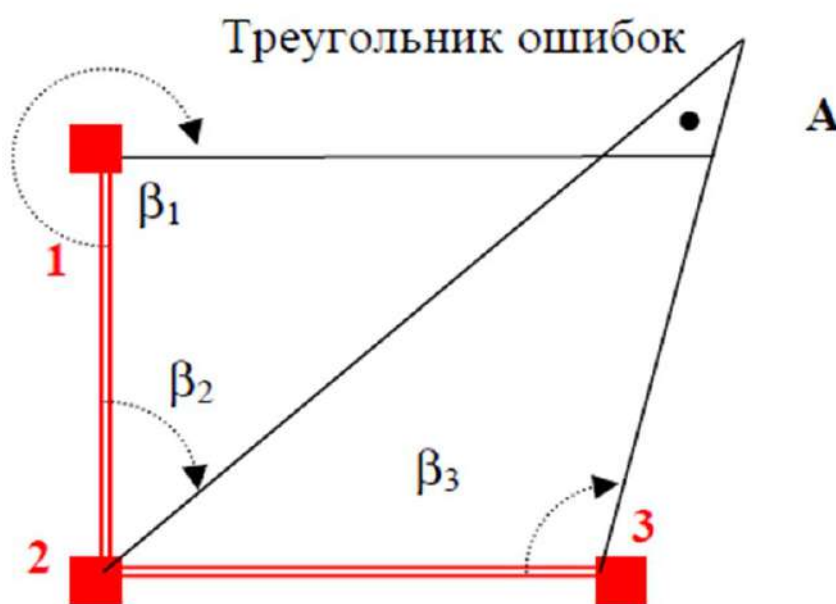


Рис. 32. Схема прямой угловой засечки

В результате пересечения трех плоскостей получается треугольник ошибок, по размерам сторон которого оценивают качество выполненных

разбивочных работ. Если сторона треугольника ошибок удовлетворяет условию:

$$S_{\text{MAX}} \leq 2m_A,$$

где m_A – заданная точность положения на местности межевого знака, то качество разбивки признают удовлетворительным и за окончательное положение межевого знака принимают среднее значение положения межевого знака в треугольнике ошибок.

Возможно применение схемы разбивки прямой угловой засечки только с двумя исходными пунктами геодезического обоснования. Однако, в этом случае, отсутствует треугольник ошибок и, как следствие, нет контроля качества выполненных разбивочных работ.

При проектировании разбивки методом прямой угловой засечки следует придерживаться следующих основных условий:

1. Исходные пункты геодезической основы необходимо выбирать таким образом, чтобы обеспечить минимальные длины линий от исходных пунктов до разбиваемой точки.

2. Углы засечки (углы между смежными направлениями на точке выноса), по возможности, должны находиться в диапазоне от 30 до 150°.

При проектировании прямой угловой засечки следует учитывать ее недостатки:

1. Сложность при закреплении разбивочных углов на больших расстояниях от исходных пунктов.

2. Большие временные затраты при организации разбивочных работ (переезды с одного исходного пункта на другой).

3. Зависимость точности вынесения проектной точки от величин углов разбивки.

Разбивка межевого знака способом полярных координат

Разбивка проектной точки способом полярных координат заключается в отложении от одного пункта и одного дирекционного угла исходного направления разбивочного угла и длины линии (рис. 33).

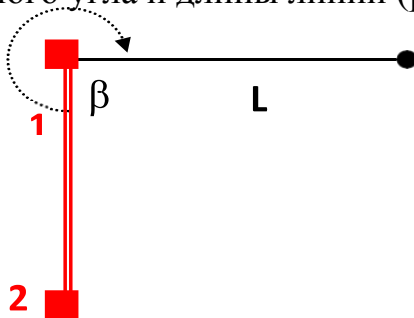


Рис. 33. Способ полярных координат

Достоинства использования этого способа разбивки проектной точки:

- конструкция фигуры разбивки не оказывает влияния на точность выносимой проектной точки;
 - для выполнения разбивки необходимы только один исходный пункт и один исходный дирекционный угол;
- простая организация работ на коротких длинах линий.

Недостатки этого способа:

- сложность при организации работ на больших длинах линий.
- отсутствует контроль качества разбивки проектной точки.

Разбивка межевого знака линейной засечкой

Разбивка межевого знака А линейной засечкой (рис. 34) заключается в отложении от исходных пунктов геодезического обоснования разбивочных длин линий (L_1 , L_2 , L_3). Отметим, что для контроля качества выполнения разбивки исходных пунктов (так же, как и в прямой угловой засечке) должно быть не менее 3.

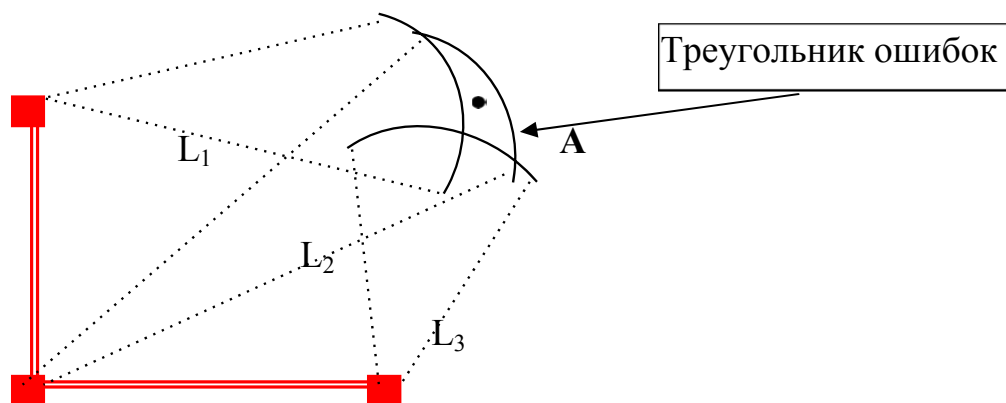


Рис. 34. Способ линейной засечки

Пересечение трех окружностей с радиусами, равными разбивочным длинам линий L_1 , L_2 , L_3 , приводит к образованию треугольника ошибок, по размерам сторон которого оценивают качество выполненных разбивочных работ (проверка качества разбивочных работ по аналогии с прямой угловой засечкой выполняется на основании сторон треугольника ошибок). Использование в такой схеме разбивки только двух исходных пунктов не оправдано, поскольку не обеспечивает контроль качества разбивки.

При проектировании такой фигуры разбивки следует соблюдать следующие условия:

1. Углы засечки (углы между смежными направлениями на разбиваемой точке), по возможности, должны находиться в диапазоне от 30° до 150° . Оптимальное значение угла засечки, при котором будет отмечаться максимальная точность разбивки, – 90° .
2. Длина разбивочных элементов не должна превышать длину мерного прибора.

Недостатки данной схемы разбивки проектной точки следующие:

1. Зависимость точности вынесения проектной точки от величин углов разбивки.
2. Сложность в использовании светодальномеров.
3. Зависимость длины разбивочных элементов от длины мерного прибора (как правило, используется металлическая рулетка длиной 50 м).
4. Очень высокая необходимая плотность пунктов исходного геодезического обоснования.

Разбивка межевого знака обратной угловой засечкой

Разбивка межевого знака обратной угловой засечкой заключается в измерении с временной точки стояния инструмента углов ($\beta_1, \beta_2, \beta_3$) на не менее чем четыре исходных пункта геодезического обоснования, а затем, перемещения временной точки в проектное положение (β, L). Принципиальная схема данного способа изображена на рис.35.

Разбивку проектной точки (межевого знака) способом обратной угловой засечки выполняют в следующей последовательности:

1. Устанавливают теодолит на временную точку А' и измеряют углы на исходные пункты геодезического обоснования 1, 2, 3, 4. При этом желательно расположение временной точки А' вблизи проектного положения А.
2. Выполняют математическую обработку результатов геодезических измерений и вычисляют уравненные координаты временной точки стояния инструмента $X_{A'}$, $Y_{A'}$ (в современных тахеометрах, как правило, присутствует опция вычисления координат из решения обратной угловой засечки).

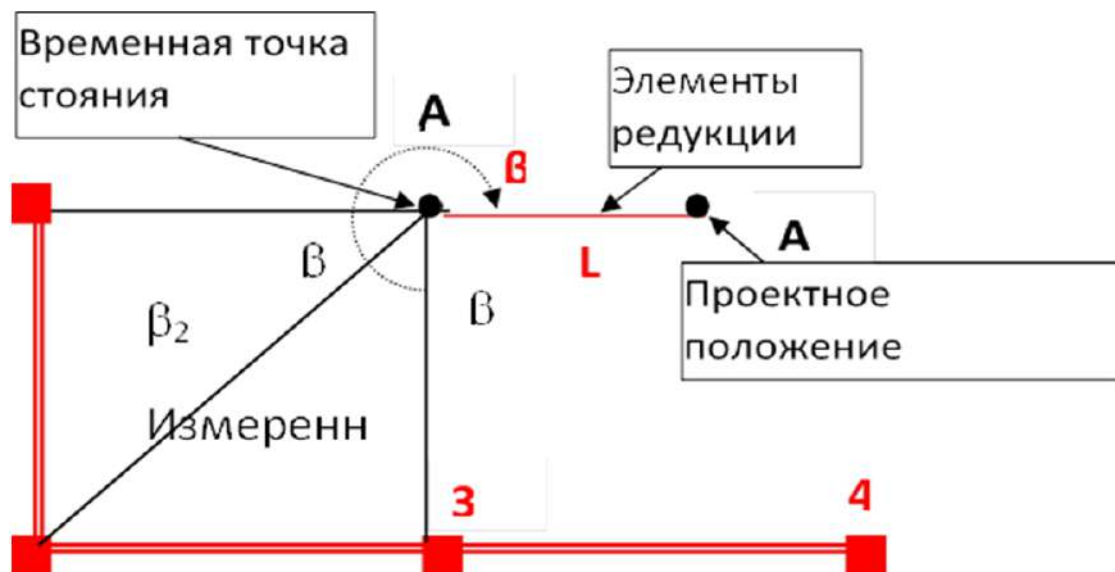


Рис. 35. Схема разбивки точки обратной угловой засечкой

3. По разностям проектных координат межевого знака и уравненных координат временной точки стояния инструмента вычисляют угловой β и линейный элемент L для редуцирования временной точки в проектное положение A (способ полярных координат, формулы для вычисления элементов редуцирования).
4. Откладывают элементы редуцирования и с полученного в натуре проектного положения измеряют углы на исходные пункты геодезического

обоснования. По разности координат, полученных из уравнивания и их проектных значений, делают заключение о качестве выполненной разбивки.

5. В том случае, когда расхождение между проектными и полученными координатами межевого знака превосходит заданную точность (m_A), выполняют повторные редуцирование и контроль качества разбивки.

При проектировании разбивки способом обратной угловой засечки следует учитывать следующие моменты:

1. Простая организация работ. Углы измеряются, а не откладываются только на одной точке.

2. В полевых условиях необходимо выполнять уравнивание результатов геодезических измерений и вычислять элементы для уточнения временной точки стояния инструмента A' (это недостаток данного способа, поскольку во всех остальных способах разбивки разбивочные элементы вычисляются в камеральных условиях до начала разбивочных работ).

3. Точность разбивки точки способом обратной угловой засечки зависит от ее расположения относительно «опасного круга» («опасным кругом» называют окружность, проходящую через исходные пункты и выносимую точку). Чем ближе выносимая точка к «опасному кругу», тем ниже ее точность, и наоборот.

4. Необходимо достаточно большое количество исходных пунктов.

Разбивка межевых знаков с использованием теодолитного хода

Вынесение в натуру проекта межевания с использованием теодолитного хода – наиболее трудоемкий способ построения фигур разбивки. Этот способ целесообразно использовать в том случае, когда недостаточно пунктов геодезического обоснования, или они расположены на большом удалении от выносимого в натуру проекта межевания земельного участка. Возможная схема проектирования данного способа разбивки приведена на рис. 36.

Точки теодолитного хода целесообразно намечать в непосредственной близости от выносимого в натуру проекта межевания земельного участка или объекта землеустройства. В результате выполнения измерений и их математической обработки получают уравненные координаты всех точек теодолитного хода ($X_4, Y_4, \dots$). Используя эти значения и аналитические координаты межевых знаков ($X_A, Y_A, \dots$), вычисляют элементы (β, L) для переноса точек теодолитного хода в проектное положение межевых знаков.

Для контроля качества выполненной разбивки выполняют контрольные измерения по границам земельного участка (S_{A-B}). На основании сравнения

измеренных длин линий и их проектных значений делают заключение о качестве выполненных работ.

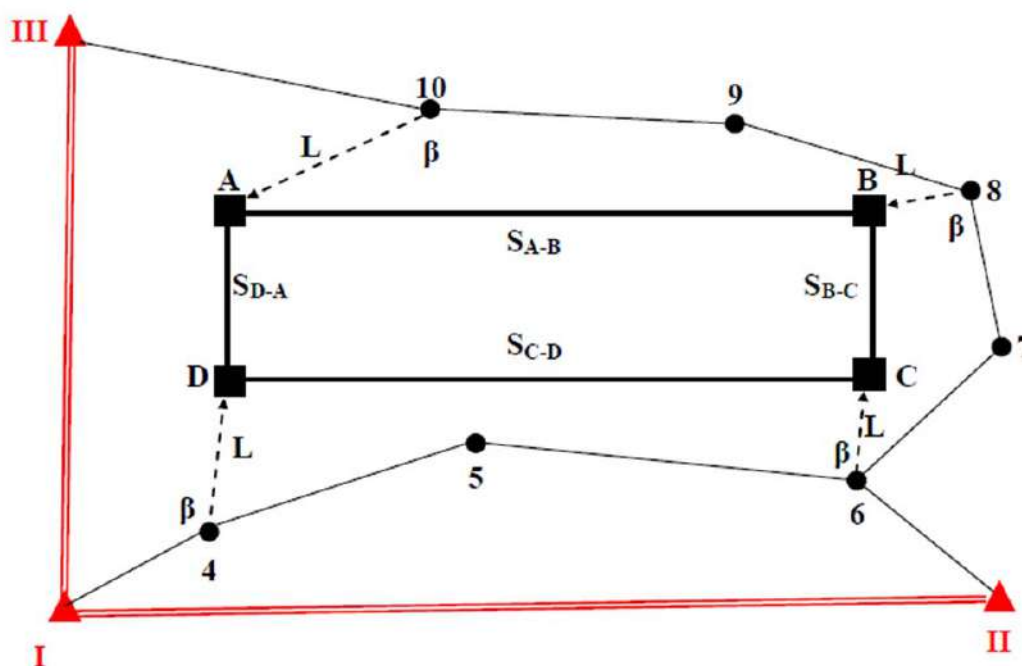


Рис. 36. Вынесение в натуру проекта межевания

с использованием теодолитного хода:

- ▲ – исходные пункты геодезического обоснования;
- – определяемые точки теодолитного хода;
- ⋯ – разбивочные элементы, откладываемые от точек теодолитного хода для получения на местности проектного положения межевых знаков;
- – запроектированные межевые знаки;
- S_{A-B} – измеренные длины линий для контроля качества выполненной разбивки

Составление разбивочного чертежа для выноса в натуру проекта межевания

Заключительным этапом проектирования фигур разбивки является составление разбивочного чертежа (рис. 37). На чертеже в произвольном масштабе показываются расположение исходных пунктов геодезического обоснования и межевые знаки, закрепляющие проект межевания объекта недвижимости или проект территориального землеустройства.

На разбивочном чертеже условными знаками показываются запроектированные фигуры разбивки со всеми разбивочными элементами, а их численные значения приведены в табл. 10.

После выноса в натуру проекта межевания выполняется контроль качества разбивочных работ и составляется исполнительный чертеж, который, в ряде случаев, согласовывается с Заказчиком. На исполнительном чертеже показываются контрольные измерения и их расхождения с эталонными значениями.

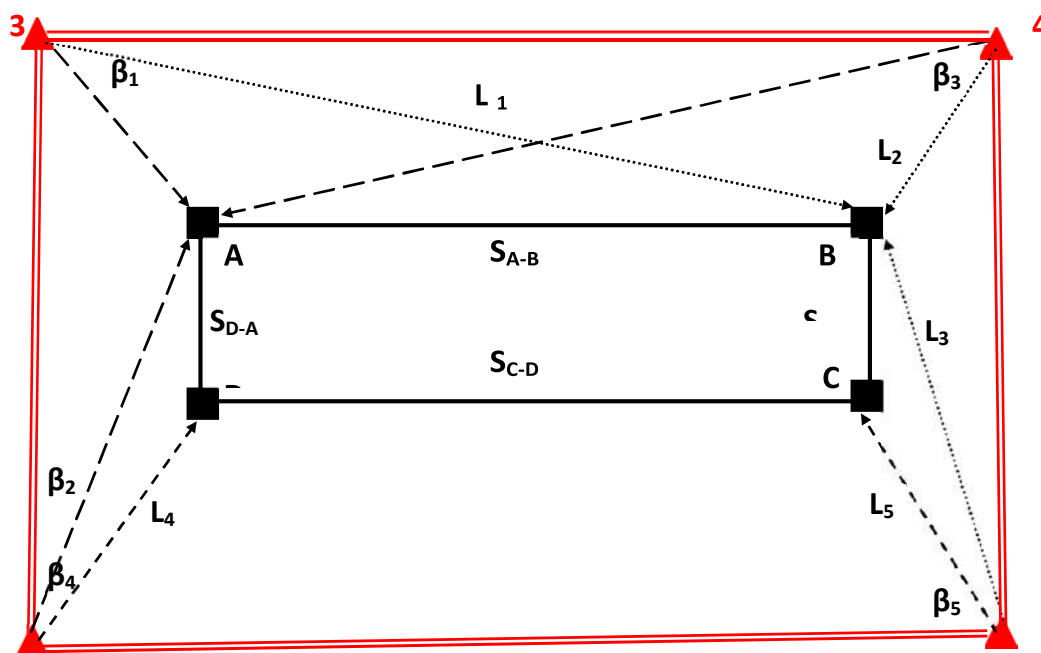


Рис. 37. Разбивочный чертеж для выноса в натуру проекта межевания:

-  разбивочные углы для прямой угловой засечки (межевой знак А);
-  разбивочные линии для линейной засечки (межевой знак В);
-  разбивочные углы и линии для способа полярных координат (межевые знаки С и D)

Значения разбивочных элементов и точность их отложения

Название фигуры разбивки	Исходный пункт	Наблюдения на пункт	Значение разбивочного элемента	Точность отложения элементов
Прямая угловая засечка (межевой знак А)	3	4	0°00'00"	$m_{\beta} = 30''$
		A	76°15'16"	
	1	3	0°00'00"	
		A	96°39'19"	
	4	2	0°00'00"	
		A	76°15'16"	
Линейная засечка (межевой знак В)	3	B	42,815 м	$m_L = 8,2 \text{ см}$
	4	B	4,587 м	
	2	B	39,514 м	
Способ полярных координат (межевой знак С)	2	1	0°00'00"	$m_{\beta} = 10''$ $m_L = 7,1 \text{ см}$
		C	76°15'16"	
	2	C	29,514 м	
Способ полярных координат (межевой знак D)	1	3	0°00'00"	
		D	76°15'16"	
	1	D	29,437 м	

В качестве эталонных величин используются длины линий между межевыми знаками и их аналитические координаты, которые получаются при графоаналитической подготовке данных для выноса проекта межевания на местность.

Соответствие требованиям нормативных документов (табл. 9) оценивается по расхождениям между длинами линий и координатами межевых знаков. Расхождения между контрольными длинами линий и их эталонными значениями показываются непосредственно на исполнительном чертеже (рис. 38), а расхождения между координатами – в таблице (табл. 11).

Контроль качества разбивочных работ

Название межевого знака	Координаты				Расхождения (м)			
	аналитические		контрольные		полученные			допустимые
	X (м)	Y (м)	X (м)	Y (м)	Δ_x	Δ_y	Δ	Δ_f
A	1 000,000	1 000,000	1 000,013	1 000,034	0,013	0,034	0,036	0,30
C	950,000	1 125,000	950,054	1 124,989	0,054	0,011	0,055	

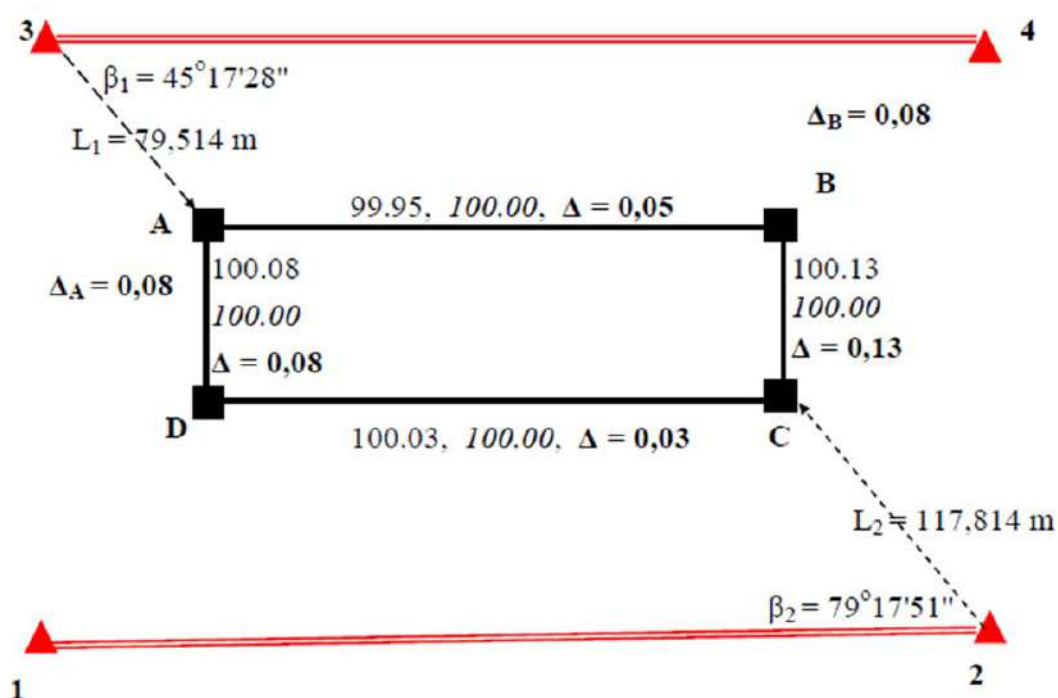


Рис. 38. Исполнительный чертеж вынесенного в натуру проекта межевания объекта недвижимости:

100.08 – измеренное значение контролируемого элемента;

100.00 – эталонное значение контролируемого элемента;

$\Delta = 0,08$ – расхождение между измеренным и эталонным значением контролируемого элемента;

$\beta_2 = 79^\circ 17' 51''$; $L_2 = 117,814 \text{ м}$ – измеренные значения для контроля качества положения межевого знака в методе полярных координат;

$\Delta_A = 0,08$ – наибольшая сторона треугольника ошибок для прямой угловой или линейной засечки

Анализируя результаты контрольных измерений для длин линий и координат межевых знаков, следует отметить, что проект межевания объекта недвижимости перенесен на местность с точностью, соответствующей требованиям нормативных документов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Большаков В.Д. Практикум по теории математической обработки геодезических измерений/Маркузе Ю.И.-М.:Недра,1984.-350с.
2. Волков В.И. Геодезия. Теория математической обработки результатов геодезических измерений. Часть 1: Методические указания к выполнению вычислительных расчетно-графических работ по уравниванию геодезических построений / Волкова Т.Н. – Вологда: ВоПИ, 1997.-40с.
3. 8. Маслов А.В. Геодезия./ Гордеев А.В., Батраков Ю.Г. - М.:КолосС, 2006.-598с.
4. Концепция развития отрасли геодезии и картографии до 2020 года, утвержденная распоряжением Правительства Российской Федерации от 17.12.2010 №2378-р.
5. . Методические указания по построению государственных геодезических сетей с применением глобальных навигационных спутниковых систем, Москва, 1997 г.
6. Постановление Правительства Российской Федерации от 24.11.2016 №1240 «Об установлении государственных систем координат, государственной системы высот и государственной гравиметрической системы».
- 7.Распоряжение Правительства Российской Федерации от 03.11.2016 № 2347-р «Об утверждении норм плотности размещения на территории Российской Федерации геодезических пунктов государственной геодезической сети, нивелирных пунктов государственной нивелирной сети и гравиметрических пунктов государственной гравиметрической сети».
- 8.Концепция развития отрасли геодезии и картографии до 2020 года, утвержденная распоряжением Правительства Российской Федерации от 17.12.2010 №2378-р.
9. Инструкция по топографической съемке в масштабах 1:5000, 1:2000, 1:1000 и 1:500.- М.: Недра, 1982.-160с.
10. Условные знаки для топографических планов масштабов 1:500, 1:2000, 1:1000, 1:500.-М.: ФГУП «Картгеоцентр», 2004.-286с.