

«ГЕОДЕЗИЧЕСКАЯ И КАРТОГРАФИЧЕСКАЯ ОСНОВА КАДАСТРОВ»

Геодезическая основа кадастров

Геодезической основой земельно-кадастровых планов и работ по установлению (восстановлению) границ земельных участков являются [10]:

– государственная геодезическая сеть (ГГС) в виде пунктов триангуляции, полигонометрии, трилатерации 1, 2, 3 и 4 классов, развиваемая и реконструируемая в соответствии с требованиями "Основных положений о государственной геодезической сети" (ОП-ГГС) и "Инструкции о построении государственной геодезической сети Союза ССР", и приравненные к ним по точности пункты спутниковых определений;

- геодезические сети сгущения в виде пунктов триангуляции, полигонометрии и трилатерации 1 и 2 разрядов;
- пункты сгущения планово-высотного обоснования в сельских населенных пунктах, созданные для целей землеустройства;
- закрепленные на местности межевые знаки, пункты плановой привязки аэроснимков и съемочной основы, в том числе точки поворота границ земельных участков, совмещенные с капитальными заборами, ограждениями и колодцами.

Государственная геодезическая сеть (ГГС), создаётся в соответствии с основными положениями о ГГС.

ГГС, созданная на 1995 год, объединяет в одно целое:

- Астрономо-геодезические пункты космической геодезической сети (АГП КГС) на территории бывшего СССР;
- Доплеровскую геодезическую сеть (ДГС);
- Астрономо-геодезическую сеть (АГС) 1 и 2 классов;
- Геодезические сети сгущения (ГСС) 3 и 4 классов.

По состоянию на конец 80-х годов государственная плановая геодезическая сеть Беларуси включала 6793 пункта, в том числе 2509 пунктов триангуляции 1 и 2 классов и 4284 пункта триангуляции 3 и 4 классов [8].

Средняя плотность пунктов ГГС в то время составляла один пункт на $30,3 \text{ км}^2$, что при условии её сохранности и небольшого сгущения удовлетворяло требованиям, предъявляемым к топографическим съемкам в масштабе 1:5000 и мельче.

Точность сети позволяла использовать её для обоснования топографических съемок до масштаба 1:2000 включительно.

Государственная высотная геодезическая сеть включала 2500 км линий нивелирования I класса, 2000 км линий нивелирования II класса и более 10000 км нивелирования III и IV классов. Общее число нивелирных знаков, заложенных на территории страны, составляло более 40000.

Однако планово-высотная ГГС Республики Беларусь неравномерно охватывала всю страну. Высокая плотность сгущения пунктов ГГС, созданная для стратегических целей ещё во времена СССР, наблюдалась в западной части республики, а на остальной части территории страны было недостаточное количество пунктов. Также большие утраты пунктов, произошедшие с конца 80-х годов и повсеместное внедрение новых технологий (спутниковых методов автономных координатных определений) привели к необходимости модернизации государственной геодезической сети. В период с 1999 г. по 2001 г. было предложено несколько концепций мо-

дернизации ГГС [16, 22, 24]. Затем была разработана программа перехода топографо-геодезического производства РБ на автономные методы спутниковых координатных определений, в основу которых положен принцип сохранения единства геодезических сетей Беларуси и России (рис. 1.1)

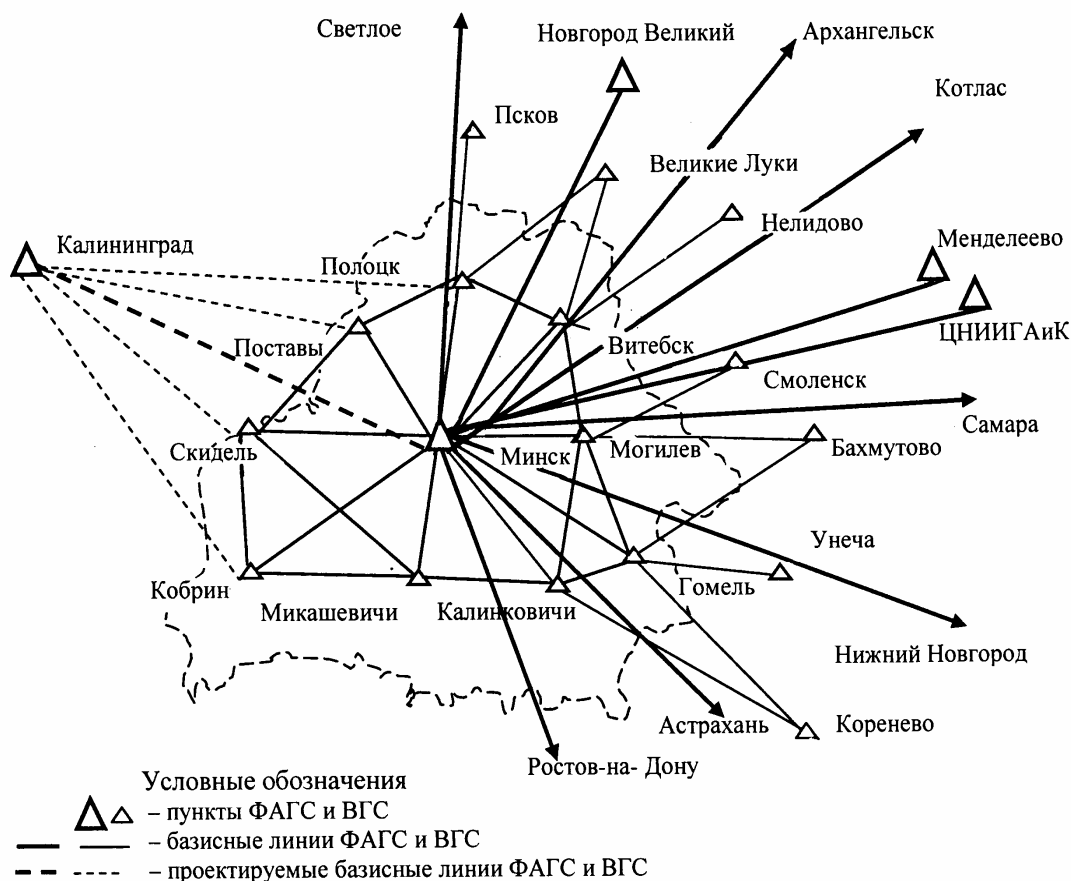


Рис. 1.1. Схема связи государственной геодезической сети Беларуси и России

В настоящее время государственная геодезическая сеть структурно формируется также по принципу от общего к частному и включает в себя геодезические построения различных классов точности [4].

ГГС Республики Беларусь подразделяется на:

- фундаментальную астрономо-геодезическую сеть (ФАГС);
- высокоточную геодезическую сеть (ВГС);
- спутниковую геодезическую сеть 1-го класса (СГС-1);
- астрономо-геодезическую сеть (АГС);
- геодезические сети сгущения (ГСС).

На первом этапе развития и модернизации ГГС [18] в течение 2000 г. создан пункт фундаментальной астрономо-геодезической сети «Минск»,

являющийся составной частью созданной ФАГС на территории Союзного государства России и Беларуси.

Следующим этапом модернизации стало создание высокоточной геодезической сети (ВГС), представленной пунктами Поставы, Полоцк, Витебск, Могилев, Гомель, Калинковичи, Микашевичи, Кобрин и Скидель (см. рис. 1.1).

ФАГС уравнена в системе координат WGS-84, полученная точность взаимного положения пунктов не более 0,5 см по каждой из плановых координат и 1-2 см по геодезической высоте. Средние квадратические погрешности взаимного положения ВГС по каждой из плановых координат не превышают величин 1,5 см и по геодезической высоте 2-3 см.

С сентября 2001 г. на пункте ФАГС «Минск» установлена совмещенная GPS/ГЛОНАСС базовая станция Legasi E GGD, и с этого времени она работает в режиме постоянно действующей (перманентной) станции.

Дальнейшее развитие ГГС на всю территорию Республики Беларусь выполняется специалистами РУП «Белаэрокосмогеодезия» [18]. Модернизированные геодезические сети будут служить надежной основой для обороны, научных исследований, обновления карт, проведения землеустроительных, земельно-кадастровых работ и создания геоинформационных систем.

Плотность пунктов ГГС для обеспечения землеустроительных работ и работ для создания кадастровых планов и карт, а также их цифровых моделей, зависит от масштаба планов и карт и должна быть следующей [9,10]:

1:10000 – один пункт плановой основы на 50-60 км² и один репер при сечении рельефа через 2 метра;

1:5000 – один пункт на 20-30 км² и один репер на 10-15 км²;

1:2000 и крупнее – один пункт на 5-15 км² и один репер на 5-7 км².

На застроенных территориях городов и участках, подлежащих застройке в ближайшие годы, а также на площадках крупных предприятий и объединений плотность пунктов государственной геодезической сети должна быть не менее одного пункта на 5 км².

При недостаточной плотности пунктов ГГС развивают сети сгущения. Плотность геодезических сетей вне населенных пунктов должна быть доведена до 1 пункта на 7-10 км² для съемки в М 1:5000, а для М 1:2000 – 1 пункт на 2 км². В городах и населенных пунктах общая плотность пунктов (ГГС и сети сгущения) должна быть не менее:

- на застроенных территориях – 4 пункта на 1 км², но не менее 3-х на один сельский населённый пункт;

- на незастроенных территориях – один пункт на 1 км².

Геодезическая *сеть сгущения* развивается на основе пунктов геодезической сети более точной ступени. На территориях сельскохозяйственных предприятий, населенных пунктов, строительных объектов и т.д. создается геодезическая сеть сгущения специального назначения. Плановые сети сгущения подразделяют на 1 и 2 разряды и создают методами триангуляции, полигонометрии, трилатерации и их сочетаниями [9, 11, 14]. Высотные (нивелирные) сети развиваются методом геометрического нивелирования III и IV классов.

Пункты сетей сгущения, как и пункты государственных геодезических сетей, закрепляют на местности постоянными знаками.

Следующей ступенью сети сгущения является *съёмочная сеть*, отличающаяся меньшей точностью (в 2-3 раза) и большим количеством геодезических пунктов (точек) на единицу площади (в 3-10 раз). Съёмочная сеть используется не только для топографических съёмок, но и для других работ, например:

- перенесения на местность проектов междоусобного и внутрихозяйственного землеустройства, мелиоративных систем,
- отводов земельных участков и др.

На территории колхозов, совхозов и других землепользователей в качестве пунктов съёмочной сети могут служить межевые знаки по границам землепользования с известными координатами. Определение положения пунктов съёмочных сетей выполняют проложением теодолитных ходов или построением микротриангуляции, прямыми, обратными и комбинированными засечками, либо графическими методами при мензульной съёмке. Высоты этих пунктов определяют геометрическим или тригонометрическим нивелированием.

Выбор метода создания съёмочных сетей зависит от топографических, технико-экономических условий местности и др.

Средние погрешности положения точек плановой съёмочной сети, в том числе межевых знаков, закреплённых на местности точек поворота границ земельных участков, а также плановых опознаков относительно ближайших пунктов опорной геодезической сети не должны быть [10] больше 0,10 мм в масштабе создаваемого плана и плана границ землеустройства на застроенной территории и в открытой местности и 0,15 мм – в закрытой местности, а их средние квадратические значения могут быть на 25 % большими.

Построение геодезических сетей сгущения в комплексе с разреженной привязкой границ землепользований [1]

Осуществление мероприятий по развитию агропромышленного комплекса неразрывно связано с необходимостью построения специальных геодезических сетей сгущения и составления сельскохозяйственных топографических карт. Известно, что между уровнем развития сельскохозяйственного производства и требованиями, предъявляемыми к топографо-геодезическим работам, имеется определенная зависимость: чем выше уровень, тем более высокие требования предъявляются. Вместе с тем, если проанализировать состояние топографо-геодезических работ, выполняемых для сельского хозяйства, то можно отметить ряд существенных недостатков [1]:

- плотность геодезических сетей сгущения определяют, не учитывая возможностей использования их для целей землеустройства (перенесения проектов в натуру, восстановления границ землепользований, корректировки картографических материалов и др.), планировки и застройки сельских населенных пунктов, мелиорации земель и других целей;
- пункты геодезических сетей сгущения недостаточно надежно закрепляются и поэтому вскоре утрачиваются; их охрана, как правило, отсутствует;
- в ряде случаев геодезические пункты устанавливают на пашне, что мешает работе сельскохозяйственных машин, способствует распространению сорняков и выводит из севооборота часть плодородных земель, а также приводит к утрате самих пунктов в процессе пахоты.

Отсутствие геодезических сетей сгущения необходимой плотности отрицательно сказывается на учете площадей землепользований и усложняет выдачу новых государственных актов на право пользования землей, затрудняет проведение геодезических работ. Вынужденное использование контурных точек как исходных пунктов, например, при выносе проектов в натуру, приводит к значительному снижению качества инженерных работ.

При построении геодезических сетей сгущения на территориях сельскохозяйственных предприятий с интенсивным ведением сельского хозяйства учитывают, что пункты таких сетей должны обеспечить выполнение текущих и перспективных работ для землеустройства, мелиорации, сельского строительства. В частности, пункты геодезических сетей сгущения должны обеспечить проведение следующих мероприятий:

- учет земель сельскохозяйственных предприятий, административных районов и областей;
- выдачу новых государственных актов на право пользования землей;
- восстановление утраченных и проложение новых границ землепользований в порядке межхозяйственного землеустройства;
- отвод земель предприятиям и организациям для создания подсобных и садовых хозяйств;
- топографическую съемку участков местности в крупных масштабах для проектирования мелиоративных, культуртехнических, противоэрозионных и других мероприятий;
- перенесение в натуру проектов землеустройства и мелиорации;
- обновление и корректировку картографических материалов наземными методами;
- привязку опознаков при периодических аэросъемках местности.

Сущность технологии создания геодезических сетей сгущения в комплексе с разреженной привязкой границ землепользований состоит: **в закреплении и геодезическом определении планового положения опорных межевых знаков, располагаемых на стыках землепользований с учетом каждого ответвления границ, в характерных изгибах границ через каждые 3-5 км и на обособленных участках (в местах предстоящего мелиоративного, сельского и другого строительства).**

Опорные межевые знаки устанавливают группами по три-четыре знака (рис.1.2) и определяют с точностью, соответствующей геодезическим сетям сгущения. Целесообразность установки групп из трех-четырех знаков обусловлена тем, что в случае утраты одного-двух из них, оставшиеся могут быть использованы в качестве исходных пунктов для проложения теодолитных ходов с целью решения различных геодезических задач.

Расположение геодезических пунктов на границах, преимущественно на стыках землепользований, **целесообразно** по следующим соображениям:

во-первых, в этих местах обычно не выполняется механизированная обработка земли, поэтому обеспечивается их долговременная сохранность;

во-вторых, такое расположение пунктов наиболее экономично, так как обеспечивает геодезической опорой несколько смежных хозяйств;

в-третьих, они являются юридическими знаками, обозначающими в натуре границы нескольких смежных хозяйств.

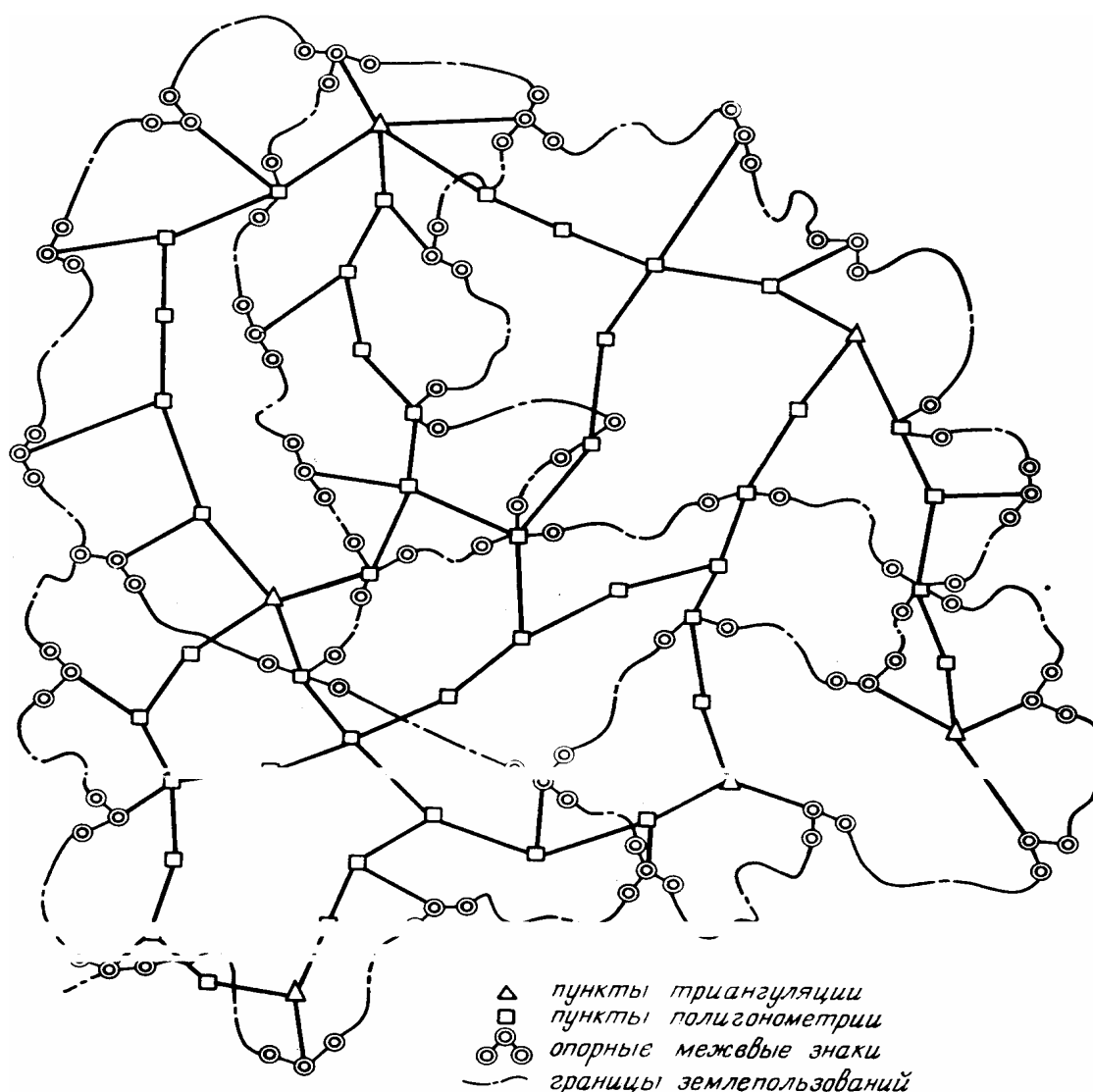


Рис.1.2. Схема создания геодезических сетей сгущения в комплексе с разреженной привязкой границ землепользований.

Положение опорных межевых знаков, в зависимости от физико-географических условий местности и наличия в районе работ пунктов государственной геодезической сети, может быть определено с применением светодальномеров, электронных тахеометров:

полигонометрическими ходами 4 класса (1:25000) – 1 разряда (1:10000), непосредственно прокладываемыми по границам землепользований, включая в ходы только опорные межевые знаки (если обеспечивается видимость на расстоянии 1-1,5 км), являющиеся оптимальными для применения топографических светодальномеров (рис. 1.3, а);

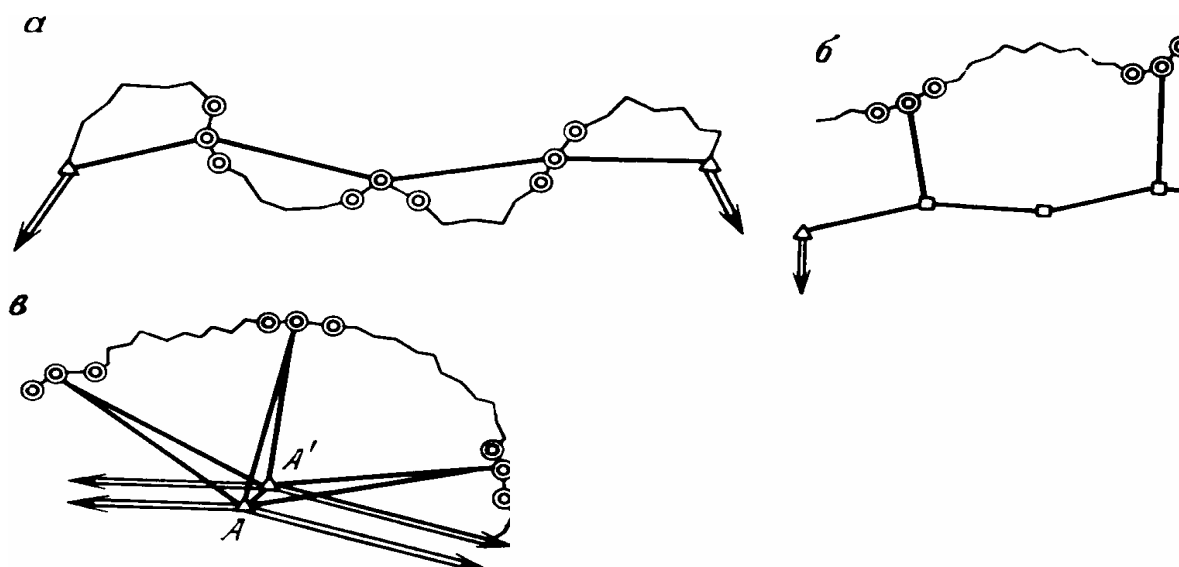


Рис. 1.3. Схемы определения положения опорных межевых знаков:

а – проложением полигонометрического хода; *б* – полярным способом с пунктов полигометрии; *в* – лучевым способом с пунктов триангуляции

– **полярным или лучевым** способами с пунктов полигометрии 4 класса – 1 разряда, прокладываемой вдоль границ землепользований между пунктами триангуляции (рис. 1.3, б);

– теми же способами **с пунктов триангуляции**, расположенных поблизости (1-3 км) от границ землепользований в открытых всхолмленных районах (рис. 1.3, в);

– **комбинациями** построений из перечисленных способов.

Остальные межевые знаки (звенья границ) в промежутках между опорными определяют тремя методами:

– **графически**, путем вставки звеньев границ, определяемых по фотопланам и государственным актам на право пользования землей, между опорными межевыми знаками, если геодезические данные по границам отсутствуют;

– **аналитически**, путем перевычисления геодезических данных прошлых лет в единую систему координат с использованием координат опорных межевых знаков в качестве исходных;

– **инструментально**, проложением теодолитных ходов между опорными межевыми знаками, если возникает необходимость восстановления в натуре межевых знаков (например, в спорных случаях, при проложении новых границ), а также при выдаче государственных актов хозяйствам с особо ценными сельскохозяйственными угодьями.

В [1] указывается, что «точность измерений для определения планового положения опорных межевых знаков должна быть такой, чтобы предельные погрешности положения этих знаков относительно пунктов государственной геодезической сети не превышали **0,4 м**.

Предельные погрешности взаимного положения опорных межевых знаков, расположенных на расстояниях 3-5 км друг от друга, не должны превышать **0,5 м**. Смежные (два-три) опорные межевые знаки должны быть определены относительно исходного с предельной погрешностью не более **0,1 м**.

Мероприятия по восстановлению границ землепользований желательно проводить по принципу от общего к частному.

Это означает, что сначала целесообразно восстановить границы районов, а затем – землепользований сельскохозяйственных, промышленных и других предприятий.

При обосновании точности планового положения боковых пунктов (опорных межевых знаков), определяемых с полигонометрических ходов, в [1] имеют в виду районы сельскохозяйственного производства, для которых, согласно инструкции [9, 10], при составлении проектов землеустройства и земельного кадастра применяются топографические планы масштаба 1:5000.

Кроме того, учитывалось, что боковые пункты устанавливаются на границах через каждые 3-5 км и с точки зрения точности взаимного положения должны обеспечить проложение между ними теодолитных ходов. Указанные расстояния между боковыми пунктами удовлетворяют и требованиям той же инструкции для масштаба 1:5000».

Известно, что средняя квадратическая погрешность положения любого пункта плановой геодезической сети может быть определена по формуле

$$M = \sqrt{m_x^2 + m_y^2}, \quad (1.1)$$

где m_x, m_y – средние квадратические погрешности его координат.

Для вытянутого полигонометрического хода формулу (1.1) удобно представить в виде

$$M = \sqrt{m_t^2 + m_u^2}, \quad (1.2)$$

где m_t, m_u – средние квадратические погрешности положения пункта по направлению хода и перпендикулярно к нему (продольный и попе-

речный сдвиг). Оценку точности полигонометрического хода, уравненного по методу наименьших квадратов, приближенно выполним по формулам для вытянутого равностороннего хода. Известно, что самым слабым в отношении точности пунктом в вытянутом равностороннем ходе является средний пункт, когда число сторон n четное или два средних пункта, когда n – нечетное. Для средней (или двух средних) вершин полигонометрического хода формулы средних квадратических погрешностей имеют вид:

при n – четном

$$m_{t_{cp}} = \frac{l}{2} m_s \sqrt{n} ; \quad (1.3)$$

$$m_{u_{cp}} = L \frac{m_\beta}{\rho} \sqrt{\frac{(n+2)(n^2+2n+4)}{192n(n+1)}} ; \quad (1.4)$$

при n – нечётном

$$m_{t_{cp}} = \frac{l}{2} m_s \sqrt{n - \frac{1}{n}} ; \quad (1.5)$$

$$m_{u_{cp}} = L \frac{m_\beta}{\rho} \sqrt{\frac{(n^2-1)(n+3)(n^2+2n+3)}{192n^3(n+2)}} , \quad (1.6)$$

где L – длина полигонометрического хода.

По найденным значениям $m_{t_{cp}}$ и $m_{u_{cp}}$ вычисляют положение среднего пункта C (двух средних пунктов) полигонометрического хода (рис. 1.4)

$$M_C = \sqrt{m_{t_{cp}}^2 + m_{u_{cp}}^2} . \quad (1.7)$$

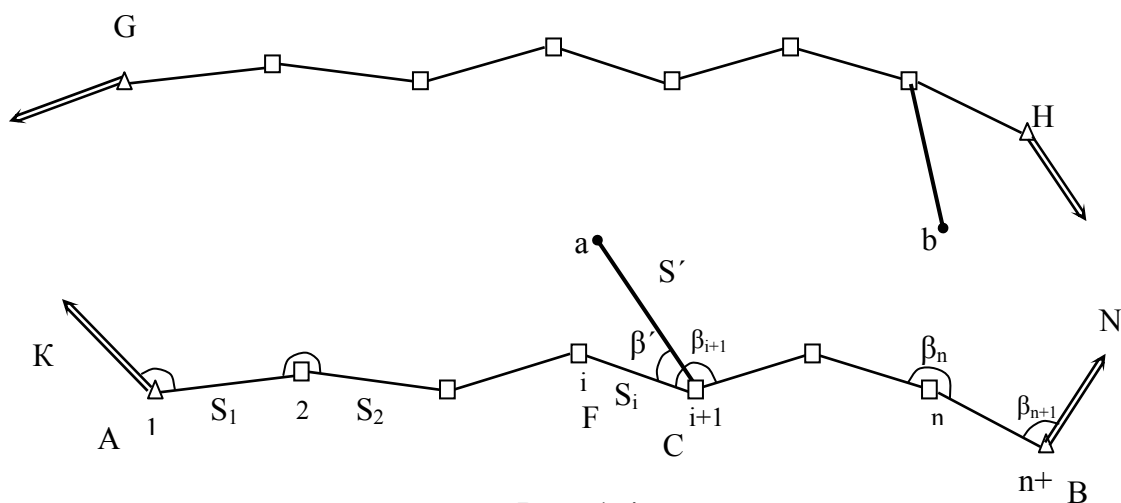


Рис. 1.4

При угловой привязке к сторонам полигонометрического хода приходится учитывать также влияние погрешности дирекционного угла стороны этого же хода:

при n – чётном для двух средних сторон

$$m_{\alpha_{cp}} = \frac{1}{4} m_{\beta} \sqrt{\frac{n(n+2)}{n+1}} \quad (1.8)$$

при n – нечётном для средней стороны хода

$$m_{\alpha_{cp}} = \frac{1}{4} m_{\beta} \sqrt{\frac{(n+1)(n^2+2n-3)}{n(n+2)}} \quad (1.9)$$

При сгущении геодезической сети, создаваемой методом полигонометрии в залесённой местности, эффективно определять положение боковых пунктов полярным способом с полигонометрических ходов. При этом их следует проектировать с таким расчётом, чтобы в случае необходимости проложения теодолитного хода между смежными пунктами a и b (рис.1.4) длина его не превышала допустимой инструкцией [10] величины.

Среднюю квадратическую погрешность положения бокового пункта, например a , определённого полярным способом с $(i+1)$ -й вершины полигонометрического хода, определим относительно исходных пунктов A и B государственной геодезической сети.

Для этого сначала найдём среднюю квадратическую погрешность положения пункта a относительно $(i+1)$ -го пункта полигонометрического хода.

$$M_{a(C)} = \sqrt{m_{S'}^2 + \left(S' \cdot \frac{m_{a'}}{\rho} \right)^2}, \quad (1.10)$$

где $m_{S'}$ – средняя квадратическая погрешность измерения расстояния Ca (S');

$$m_{a'} = m_{\alpha_{Ca}} = \sqrt{m_{\alpha_{FC}}^2 + m_{\beta'}^2} = \sqrt{m_{\alpha_i}^2 + m_{\beta'}^2}, \quad (1.11)$$

где $m_{\alpha_{FC}} = m_{\alpha_i}$ в случае, когда вершина C является средним пунктом (при n – чётном) или одним из двух средних (при n – нечётном), величину m_{α_i} вычисляют по формулам (1.8) или (1.9);

$m_{\beta'}$ – средняя квадратическая погрешность измерения полярного угла с пункта полигонометрии на боковой пункт.

Среднюю квадратическую погрешность положения пункта a относительно пунктов A и B исходной геодезической сети, используя (1.7) и (1.10), определим по формуле

$$M_a = \sqrt{M_{a(C)}^2 + M_C^2}, \quad (1.12)$$

В связи с тем, что между боковыми пунктами в дальнейшем могут быть проложены теодолитные ходы, а также с целью топографической съемки отдельных участков местности в масштабе 1:5000, необходимо знать допустимую погрешность положения боковых пунктов, являющихся исходными для теодолитных ходов.

В качестве примера рассмотрим расчёт допустимой погрешности положения боковых пунктов a и b (рис. 1.4) относительно исходных пунктов триангуляции A, B, G, H , определённых из двух полигонометрических ходов AB и GH . Полагая, что между пунктами a и b проложен теодолитный ход точности 1/2000, и, принимая в соответствии с теорией ошибок наблюдений, критерий ничтожности влияния исходных данных равным 1/3, предельная погрешность взаимного положения пунктов a и b будет – $(1/2000) \cdot 1/3 = 1/6000$.

Приняв длину теодолитного хода $L_{ab} = 3$ км, проложенного между боковыми пунктами a и b , получим предельную погрешность взаимного положения этих пунктов $(1/6000) \cdot 3000 = 0,5$ м.

Считая определения планового положения пунктов a и b независимыми и равноточными, получим погрешность взаимного положения каждого из них

$$\Delta n p_a = \Delta n p_b = \frac{0,5}{\sqrt{2}} = 0,36 \text{ м}; \quad M_a = M_b = \frac{0,36}{2} = 0,18 \text{ м}.$$

Т.е. при $M_a = M_b < 0,18$ м следует считать, что сеть сгущения по точности соответствует предъявляемым к ней требованиям.

При проектировании полигонометрических ходов, одновременно с расчётом точности планового положения опорных межевых знаков, определяют относительные линейные невязки ходов и делают заключение о их соответствии требованиям инструкции [1,9,10].

2.3. Картографическая основа ведения кадастров

Картографической основой для проведения всех землеустроительных и земельно-кадастровых работ на территории Беларуси являются топографические карты и планы, создаваемые при помощи топографических