

# 1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ СЕТЯХ РФ.

## 1.1 Классификация геодезических сетей РФ

С точки зрения геометрии геодезическая сеть – это группа закреплённых на местности точек, для которых определены плановые координаты ( $X, Y$  или  $B, L$ ) и высота точки  $H$  или пространственные прямоугольные координаты  $X, Y, Z$ .

Геодезическая сеть России создавалась в течение многих десятилетий. За это время изменялись не только классификация сетей, но и требования к точности измерений в них.

Все геодезические сети по назначению и точности построения подразделяются на три большие группы:

- ГГС (государственная геодезическая сеть);
- ГСС (геодезические сети сгущения;
- СС – съёмочные сети.

Отдельную группу составляют специальные инженерно-технические сети; к ним можно отнести:

- геодезические сети для обеспечения строительства и эксплуатации уникальных объектов (ускорители элементарных частиц, радиотелескопы и т.п.);
- геодезические сети для изучения движений блоков земной коры, смещений и деформаций элементов инженерного оборудования;
- геодезические сети Роскомзема и т.п.

Геодезические сети Роскомзема называются Опорные Межевые сети (ОМС) и бывают двух классов точности ОМС1 и ОМС2; средняя квадратическая ошибка взаимного положения смежных пунктов ОМС1 равна 0,05 м и для ОМС2 – 0,10 м.

Наряду с глобальной и континентальными геодезическими сетями, создаваемыми на основе применения спутниковых методов, аналогичные подходы используются и при построении национальных опорных геодезических сетей, охватывающих как территории отдельных стран, так и их составные части. К числу таких стран относится и Россия, на территории которой в соответствии с Концепцией перехода топографо-геодезического производства на автономные методы спутниковых координатных определений создается новая высокоэффективная государственная геодезическая сеть, базирующаяся на применении методов спутниковой геодезии.

Государственная геодезическая сеть (ГГС) является главной геодезической основой топографических съёмок всех масштабов и должна удовлетворять требованиям народного хозяйства и обороны страны при решении соответствующих научных и инженерно-технических задач. Плановая сеть создается методами триангуляции, полигонометрии, трилатерации и их сочетаниями; высотная сеть создается построением нивелирных ходов и сетей геометрического нивелирования. Государственная геодезическая сеть подразделяется на сети 1, 2, 3 и 4 классов, различающиеся точностью измерений углов, расстояний и превышений, длиной сторон сети и порядком последовательного развития.

Концепция перехода топографо-геодезического производства на автономные методы спутниковых координатных определений разработана с целью обеспечить наиболее рациональное и эффективное в существующих условиях практическое определение координат и высот пунктов земной поверхности на всей территории страны с точностями, требуемыми для решения возможно более широкого круга научно-технических и производственных задач. В соответствии с концепцией указанная цель может быть достигнута, если на территории

страны (или группы заинтересованных стран) будет существовать единая по точности сеть надежно закрепленных на местности геодезических пунктов со средними расстояниями между ними порядка 30 - 35 км. В этом случае любой заинтересованный потребитель, располагающий как минимум двумя двухчастотными спутниковыми приемниками, может выполнять интересующие его координатные определения дифференциальным методом относительно пунктов указанной сети. По крайней мере, один из этих пунктов всегда будет находиться на расстоянии не далее 20 - 25 км от места определений. Как было сказано выше, именно до таких расстояний полностью реализуется инструментальная точность современных спутниковых приемников при продолжительности наблюдений около часа. В менее обжитых районах плотность опорной сети может быть уменьшена до 1 пункта на 2000 км. Отрицательное влияние на точность увеличивающихся расстояний между опорными пунктами и пунктами, определяемыми потребителями, можно компенсировать увеличением времени наблюдений. В малообжитых и труднодоступных районах допускается увеличение расстояний между пунктами опорной сети до 100 км. В этом случае для привязки развиваемых потребителем локальных сетей к единой государственной системе координат с требуемой точностью, возможно увеличение продолжительности наблюдений до нескольких часов и даже суток.

Взаимное положение опорных пунктов должно быть известно со средними квадратическими ошибками не более 1,0 - 1,5 см. Такая опорная сеть в настоящее время может быть создана существующей спутниковой аппаратурой при следующих условиях:

- создаваемая сеть будет опираться на построения более высокого уровня, обеспечивающие исключение деформаций регионального и глобального характера;
- создаваемая сеть будет отнесена к единой для всей страны геоцентрической системе координат.

Концепция послужила базовым документом при разработке Основных положений о государственной геодезической сети и инструкции по построению государственной геодезической спутниковой сети, в соответствии с которыми предусмотрено создание на территории России и других заинтересованных государств трех уровней или классов государственной геодезической спутниковой сети.

Государственная геодезическая сеть является главной геодезической основой топографических съёмок всех масштабов и должна удовлетворять требованиям народного хозяйства и обороны страны при решении научных и инженерно-технических задач. По Инструкции 1966 года плановая сеть должна была создаваться методами триангуляции, полигонометрии и трилатерации и их сочетаниями; высотная сеть – построением отдельных ходов и систем ходов геометрического нивелирования. По этой Инструкции существовали следующие классы точности государственных геодезических сетей:

- плановая сеть 1, 2, 3 и 4 классов;
- высотная сеть I, II, III и IV классов.

Классы точности геодезических сетей различаются точностью измерений углов, расстояний и превышений, длиной сторон и ходов сети и порядком последовательного развития.

Геодезические сети сгущения развиваются в отдельных районах при недостаточной плотности пунктов государственной геодезической сети для обоснования съёмок масштаба 1:5000 и крупнее, с также для инженерных целей, при городском, промышленном и транспортном строительстве, при ирригационных, энергетических и других изысканиях, при геологической и геофизической разведке, в маркшейдерском деле.

Съёмочные сети служат непосредственной основой топографической съёмки контуров и рельефа местности, а также геодезических измерений в строительстве.

Общим принципом построения геодезических сетей был и остаётся принцип «от общего к частному». Согласно этому принципу сначала на всей территории страны создаётся редкая сеть пунктов высшего класса; их координаты и отметки получают с максимальной возможной точностью при использовании всех достижений науки и техники; затем сеть сгущают пунктами меньшей точности, используя пункты высшего класса как исходные. Процесс сгущения геодезических сетей продолжается до тех пор, пока на данном участке будет создана сеть с нужной плотностью пунктов. При построении геодезических сетей стремятся ограничить количество ступеней построения сетей с тем, чтобы ослабить накопление ошибок измерений.

Плотность пунктов государственной геодезической сети, как известно, зависит от застроенности территории и от масштаба съёмок в том или ином районе и колеблется от одного пункта на 50 - 60 кв.км до одного пункта на 5 - 15 кв.км.

По инструкции 2001 года основным методом создания государственных геодезических сетей устанавливается спутниковый метод, при котором координаты пунктов определяются из наблюдений спутников.

Преимущества спутникового метода:

- автономность (не нужна взаимная видимость между соседними пунктами сети);
- уменьшение времени пребывания на пункте;
- одинаковая точность определения координат по всей сети (раньше из-за накопления разного рода ошибок точность координат пунктов зависела от их удалённости от исходных пунктов, то есть, с увеличением расстояния от исходных пунктов точность падала);
- автоматизация и сокращение объёмов вычислений при обработке измерений.

Установлены следующие классы точности геодезических сетей:

- 1 – ФАГС (фундаментальная астрономо-геодезическая сеть);
- 2 – ВГС (высокоточная геодезическая сеть);
- 3 – СГС-1 (спутниковая геодезическая сеть 1-го класса);
- 4 – АГС (астрономо-геодезическая сеть).

В АГС вошли все геодезические пункты 1-го и 2-го классов прежних государственных геодезических сетей; их общее количество превышает 164000.

С 01.07.2002 года в России постановлением правительства введена новая система государственных геодезических координат СК-95 вместо существовавшей ранее системы СК-42.

## **СЪЕМКА И СЪЕМОЧНОЕ ОБОСНОВАНИЕ**

Топографическая съёмка - этот комплекс геодезических работ, выполняемых на местности для составления топографических карт и планов. Различают съёмки для составления топографических планов крупных масштабов (1:500, 1:1000, 1:2000, 1:5000) и мелких (1:10000, 1:25000 и мельче). В инженерной геодезии выполняют в основном съёмки крупных масштабов.

Съёмке и отображению на топографических планах подлежат все элементы ситуации местности, существующей застройки, благоустройства, подземных и наземных коммуникаций, а также рельеф местности.

Точки, определяющие на плане положение контуров ситуации, условно делят на

твердые и нетвердые. К твердым относят четко определяемые контуры сооружений, построенных из долговременных материалов (кирпича, бетона), например, углы капитальных зданий. Контуры, не имеющие четких границ, например луга, леса, пашни, относят к нетвердым.

На топографические планы наносят пункты плановых и высотных геодезических сетей, а также все точки, с которых производят съемку,

если они закреплены постоянными знаками. На специализированных планах допускается отображение не всей ситуации местности, а только тех объектов, которые необходимы: применение нестандартных высот сечений рельефа, снижение или повышение точности изображения контуров и съемки рельефа.

Топографическую съемку выполняют с точек местности, положение которых в принятой системе координат известно. Такими точками служат пункты опорных государственных и инженерно-геодезических сетей. Однако их количества, приходящегося на площадь снимаемого участка, большей частью бывает недостаточно, поэтому геодезическая основа сгущается обоснованием, называемым съемочным.

Съемочное обоснование развивается от пунктов плановых и высотных опорных сетей. На участках съемки площадью до  $1 \text{ км}^2$  съемочное обоснование может быть создано в виде самостоятельной геодезической опорной сети.

При построении съемочного обоснования одновременно определяют положение точек в плане и по высоте. Плановое положение точек съемочного обоснования определяют проложением теодолитных и тахеометрических ходов, построением аналитических сетей из треугольников и различного рода засечками. Высоты точек съемочного обоснования чаще всего определяют геометрическим и тригонометрическим нивелированием.

Самый распространенный вид съемочного планового обоснования - теодолитные ходы, опирающиеся на один или два исходных пункта, или системы ходов, опирающихся не менее чем на два исходных пункта. В системе ходов, в местах их пересечений, образуются узловые точки, в которых могут сходиться несколько ходов. Длины теодолитных ходов зависят от масштаба съемки и условий снимаемой местности. Например, для съемки застроенной территории в масштабе 1:5000 длина хода не должна превышать 4,0 км; в масштабе 1:500 - 0,8 км; на незастроенной территории - соответственно 6,0 и 1,2 км. Длины линий в съемочных теодолитных ходах должны быть не более 350 м и не менее 20 м. Относительные линейные невязки в ходах не должны превышать 1:2000, а при неблагоприятных условиях измерений (заросли, болото) - 1:1000.

Углы поворота на точках ходов измеряют теодолитами со средней квадратической ошибкой  $0,5'$  одним приемом. Расхождение значений углов в полуприемах допускают не более  $0,8'$ . Длину линий в ходах измеряют оптическими или светодальномерами, мерными лентами и рулетками. Каждую сторону измеряют дважды - в прямом и обратном направлениях. Расхождение в измеренных значениях допускается в пределах 1:2000 от измеряемой длины линии.

При определении высот точек съемочного обоснования геометрическим нивелированием невязка в ходе не должна превышать  $5VL_{\text{см}}$ ,

тригонометрическим нивелированием -  $20VL_{\text{см}}$ , где  $L$  - длина хода, км.

Точки съемочного обоснования, как правило, закрепляют на местности временными знаками: деревянными кольями, столбами, металлическими штырями, трубами. Если эти точки предполагается использовать в дальнейшем для других целей, их закрепляют постоянными знаками.

Для составления топографических планов применяют аналитический, мензульный, тахеометрический, аэрофототопографический, фототеодолитный методы съемок, съемку нивелированием поверхности и с помощью спутниковых приемников. Применение того или иного метода зависит в основном от условий и масштаба съемки.

### Определение координат точек съемочного обоснования

Вычисление координат вершин теодолитного хода ведется в специальной ведомости установленной формы в следующем порядке. Из обработанного журнала измерений горизонтальных углов в соответствующие графы ведомости переписывают: номера вершин, средние значения измеренных углов, горизонтальные проложения  $d_i$  сторон теодолитного хода, которые вычисляют по формуле:

$$d = D \cdot \cos \nu,$$

где  $\nu$  - угол наклона.

Вычисляют сумму измеренных горизонтальных углов  $\Sigma\beta_{изм.}$ , записывают ее внизу столбца под чертой, а ниже – теоретическую сумму их, которая в замкнутом многоугольнике вычисляется по формуле:

$$\Sigma\beta_{теор.} = 180^\circ(n - 2),$$

где  $n$  – число измеренных углов.

Затем вычисляют угловую невязку теодолитного хода:

$$f_\beta = \Sigma\beta_{изм.} - \Sigma\beta_{теор.}$$

и сравнивают ее с допустимой, вычисляемой по формуле:

$$f_{\beta доп} = \pm 1' \sqrt{n}$$

Все эти величины записывают внизу графы 2.

Для разомкнутого теодолитного хода теоретическая сумма углов вычисляется по формулам:

$$\text{- для правых углов } \Sigma\beta_{теор.} = 180^\circ n - (\alpha_k - \alpha_n);$$

$$\text{- для левых углов } \Sigma\beta_{теор.} = 180^\circ n + (\alpha_k - \alpha_n),$$

где  $n$  – число углов;

$\alpha_k$  и  $\alpha_n$  – соответственно исходные дирекционные углы конечной и начальной сторон.

Если полученная невязка превышает допустимую, то, значит, имеются ошибки в вычислениях или измерениях, тогда измерения выполняют заново.

Если  $f_\beta \leq f_{\beta доп}$ , то производится уравнивание углов, которое заключается в приведении суммы измеренных углов к теоретической путем введения поправок  $V_i$  поровну в каждый угол. Знак поправок противоположен знаку невязки. Поправки вычисляют делением невязки на число углов.

$$V_i = -\frac{f_\beta}{n}.$$

Сумма поправок должна равняться невязке, взятой с противоположным знаком. Так как вычисления ведутся с округлением до  $0,1'$ , то не всегда невязка делится на число углов без остатка. В этом случае остаток распределяют, вводя в некоторые углы дополнительно по  $0,1'$ , как правило, образованные короткими сторонами. Если величина невязки меньше числа углов, то поправки по  $0,1'$  вводят не во все углы, а в первую очередь образованные короткими

сторонами, чтобы соблюдалось вышеуказанное требование равенства суммы поправок невязке, взятой с обратным знаком. Поправки записывают над измеренными углами.

После этого вычисляют исправленные углы  $\beta_{испр.}$ , прибавляя к измеренным значениям углов поправки:

$$\beta_{испр.} = \beta_{изм.} + V_{\beta} .$$

Контролем правильности введения поправок служит равенство суммы исправленных углов теоретической, т.е.  $\Sigma \beta_{испр.} = \Sigma \beta_{теор.}$

Вычисление дирекционных углов сторон теодолитного хода и их румбов выполняется по исправленным углам.

Так как измеренные углы «правые», то для вычисления дирекционных углов сторон теодолитного хода используется формула:

$$\alpha_{i,i+1} = \alpha_{i-1,i} + 180^{\circ} - \beta_i,$$

где  $i$  – номер вершины теодолитного хода в начальной точке стороны, дирекционный угол которой вычисляется.

Контролем правильности вычислений дирекционных углов служит повторное получение исходного дирекционного угла  $\alpha_{1-2}$  в замкнутом или конечного дирекционного угла в разомкнутом ходе.

$$\alpha_{1-2} = \alpha_{5-1} + 180^{\circ} - \beta_1 .$$

Дирекционные углы записывают в строки, расположенные между строками с номерами вершин теодолитного хода. Затем вычисляются значения румбов  $r$  по формулам зависимости между ними и дирекционными углами, помня, что румб – это острый угол между стороной теодолитного хода и ближайшим к ней направлением меридиана – северным или южным.

В соответствии с румбами записывают знаки приращений координат и с помощью микрокалькулятора с функциями вычисляют приращения координат по формулам:

$$\Delta x = d \cdot \cos \alpha = d \cdot \cos r ;$$

$$\Delta y = d \cdot \sin \alpha = d \cdot \sin r .$$

Для контроля правильности измерения длин сторон теодолитного хода и оценки точности вычисляют невязки  $f_x$  и  $f_y$  приращений координат по координатным осям  $X$  и  $Y$  путем суммирования приращений координат по формулам:

$$f_x = \Sigma \Delta x_{изм} - \Sigma \Delta x_{теор} ;$$

$$f_y = \Sigma \Delta y_{изм} - \Sigma \Delta y_{теор} ,$$

где  $\Sigma \Delta x_{теор.} = x_k - x_n$ ;  $\Sigma \Delta y_{теор.} = y_k - y_n$  – разности координат конечной и начальной точек.

Для замкнутого многоугольника теоретическая сумма приращений координат равна нулю, и практически невязка будет равна алгебраической сумме приращений координат. При этом суммируют отдельно положительные и отрицательные приращения координат. Затем получают их сумму.

Чтобы убедиться, допустима или нет линейная невязка хода, вычисляют абсолютную линейную невязку  $f_s$  хода:

$$f_s = \sqrt{f_x^2 + f_y^2} ,$$

а затем относительную ошибку хода по формуле:

$$\frac{f_s}{\sum d} = \frac{1}{\sum d / f_s} \leq \frac{1}{2000}.$$

Если полученная относительная ошибка меньше допустимой, то производят уравнивание приращений координат, а если больше, то имеется ошибка в вычислениях, её следует выявить и устранить.

Поправки в приращения вводят пропорционально длинам сторон и вычисляют по формулам:

$$V_{xi} = -\frac{f_x}{\sum d} \cdot d_i ;$$

$$V_{yi} = -\frac{f_y}{\sum d} \cdot d_i .$$

Поправки вычисляют в сантиметрах и записывают над соответствующим приращением. Контролем правильности вычисления поправок служит равенство их суммы невязке, взятой с обратным знаком. После этого вычисляют исправленные приращения координат, складывая алгебраически вычисленное приращение и поправку:

$$\Delta x_{i\text{испр}} = \Delta x_i + V_{xi} ;$$

$$\Delta y_{i\text{испр}} = \Delta y_i + V_{yi} .$$

Контролем правильности вычислений служит равенство суммы исправленных приращений их теоретической сумме.

Вычисление координат вершин теодолитного хода, которое является заключительным действием, и выполняется по формулам:

$$x_i = x_{i-1} + \Delta x_{i-1,i} ;$$

$$y_i = y_{i-1} + \Delta y_{i-1,i} .$$

Контролем правильности вычислений служит получение координат конечной точки хода. В замкнутом многоугольнике – получение координат исходной точки.

## ТАХЕОМЕТРИЧЕСКАЯ СЪЕМКА

**Основные сведения.** Тахеометрическая съемка - основной вид съемки для создания планов небольших незастроенных и малозастроенных участков, а также узких полос местности вдоль линий будущих дорог, трубопроводов и других коммуникаций. С появлением тахеометров-автоматов этот способ съемки становится основным и для значительных по площади территорий, особенно когда необходимо получить цифровую модель местности. При тахеометрической съемке ситуацию и рельеф снимают одновременно, но в отличие от мензульной съемки план составляют в камеральных условиях по результатам полевых измерений.

Съемку производят с исходных точек - пунктов любых опорных и съёмочных геодезических сетей. Съёмочная сеть может быть создана в виде теодолитно-нивелирных ходов, когда отметки точек теодолитного хода определяют геометрическим нивелированием. В большинстве же случаев для съемки прокладывают тахеометрические ходы, отличающиеся тем, что все элементы хода (углы, длины линий, превышения) определяют теодолитом или тахеометром-автоматом. При этом одновременно с проложением тахеометрического хода

производят съемку. В этом главное отличие тахеометрической съемки от других видов топографических съемок.

Съемка теодолитом. Порядок работ на станции тахеометрического хода при работе теодолитом следующий.

В первую очередь выполняют измерения, относящиеся к проложению съемочного хода. Теодолит устанавливают над точкой и приводят его в рабочее положение. На смежных точках хода устанавливают дальномерные (обычно нивелирные) рейки. Одним полным приемом измеряют горизонтальный угол хода. При двух положениях вертикального круга теодолита измеряют вертикальные углы на смежные точки хода. По дальномеру теодолита определяют расстояния до смежных точек. Измеряют высоту прибора.

Далее приступают к съемке. Для этого в первую очередь при левом круге (КЛ) ориентируют лимб теодолита на предыдущую точку. С этой целью нуль алидады совмещают с нулем лимба и, закрепив алидаду, вращением лимба наводят зрительную трубу на ориентирную точку. Трубу наводят на съемочные пикеты только вращением алидады. На съемочные пикеты устанавливают дальномерные рейки и измеряют на них при одном круге горизонтальные и вертикальные углы, а по дальномеру - расстояния. Если съемочный пикет является только контурной точкой, вертикальный угол не измеряют.

Результаты измерений записывают в журнал тахеометрической съемки (табл. 14).

Положение съемочных пикетов выбирают таким образом, чтобы по ним можно было изобразить на плане ситуацию и рельеф местности. Их берут на всех характерных точках и линиях рельефа: на вершинах и подошвах холмов, дне и бровках котловин и оврагов, водоразделах и тальвегах, перегибах скатов и седловинах. При съемке ситуации определяют границы угодий, гидрографию, дороги, контуры зданий, колодцы, т.е. все то, что подлежит нанесению на план в данном масштабе. Чем крупнее масштаб съемки, тем больше число съемочных пикетов и тем меньше расстояние между пикетами и от станции до пикетов. Так, если при съемке масштаба 1:5000 максимальное расстояние до твердых контуров ситуации ограничено 150 м, а до нетвердых - 200 м, то в масштабе 1:500 - 60 и 80 м соответственно.

### Составление абриса

В процессе съемки на каждой станции составляют **абрис** (рис. 1). На нем показывают положение станции хода, направление на предыдущую и последующую точки, расположение всех съемочных пикетов, рельеф и ситуацию местности. Съемочные пикеты отмечают теми же номерами 1...10, что и в полевом журнале, ситуация местности изображается условными знаками, рельеф - горизонталями. Между точками на абрисе проводят стрелки, указывающие направление понижения местности.

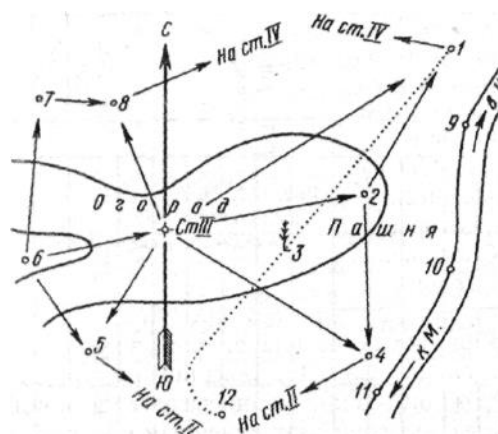


Рис. 1

### Окончание работы на станции

По окончании работы на станции проверяют ориентирование лимба теодолита, для чего снова визируют на предыдущую (последующую) точку хода. Если повторный отсчет отличается от начального более чем на 1,5', съемку на этой станции переделывают. Для контроля на каждой станции определяют несколько пикетов, расположенных в полосе съемки со смежных станций.



## Камеральная обработка

### 1. Обработка журнала измерений

- Предварительно вычисляют вертикальные углы по формуле

$$\nu = \hat{E}\hat{E} - \hat{I}\hat{I} ,$$

$$\text{где } \hat{I}\hat{I} = \frac{\hat{E}\hat{E} + \hat{E}\hat{I}}{2}.$$

- По вычисленным углам наклона  $\nu$  и дальномерным расстояниям  $D$  (определенным по нитяному дальномеру теодолита) вычисляют превышения  $h$  и горизонтальные проложения  $d$  по формулам:

$$h = \frac{1}{2} D \cdot \sin 2\nu + i - V \quad - \text{ при визировании на высоту рейки;}$$

$$h = \frac{1}{2} D \cdot \sin 2\nu \quad - \text{ при визировании на высоту прибора } i;$$

$$d = D \cdot \cos^2 \nu.$$

- Вычисление высот съемочных пикетов по формуле

$$\hat{I}_i = H_{\text{н\o}} + h_i.$$

Отметка станции определяется из геометрического нивелирования.

### 2. Составление плана

Составление плана по результатам тахеометрической съемки начинают с построения координатной сетки и нанесения по координатам точек съемочного обоснования.

- **Разбивают на листе бумаги сетку квадратов со сторонами 10x10 см.**

Предварительно на листе бумаги проводят диагонали. От точки пересечения диагоналей по всем четырем направлениям откладывают равные отрезки. Концы отрезков соединяют прямыми линиями и получают прямоугольник, являющийся базой для построения сетки квадратов.

Правильность построения сетки контролируют путем сравнения длин сторон или диагоналей квадратов. Ошибка построения не должна превышать  $\pm 0,2$  мм.

- **Выбирают максимальные и минимальные координаты для симметричного расположения участка на бумаге.**

Построенную сетку подписывают по осям  $X$  и  $Y$  в соответствии с масштабом плана. Начало координат выбирают так, чтобы участок местности, подлежащий построению, разместился посередине листа.

- **Нанесение по координатам точек съемочного обоснования.**

Для построения любой точки необходимо по ее координатам и координатам вершин сетки определить квадрат, в котором она должна находиться, а затем при помощи циркуля-измерителя и масштабной линейки отложить значения  $X$  и  $Y$  с учетом значений ближайшей подписанной линии сетки.

Правильность нанесения точек хода контролируют по длинам его сторон: измеряют расстояния между вершинами - выраженные в масштабе, они должны быть равны расстояниям между соответствующими точками на плане или отличаться не более чем на 0,2 мм.

Карандашом подписывается номер точки и ее отметка.

### **- Нанесение пикетных точек с помощью транспортира и масштабной линейки.**

Данные для нанесения берут из тахеометрического журнала ( $\alpha$ ;  $d$  и  $H$ ).

Направление на пикеты со станции строят по транспортиру (рис. 2). Если при съемке на станции II лимб теодолита был ориентирован по направлению на точку I, транспортир прикладывают центром к точке II плана, а отсчет  $0^{\circ}00'$  совмещают с направлением на точку I. Направление на пикетную точку получают, отложив по дуговой шкале транспортира требуемый горизонтальный угол  $\alpha_i$ , а расстояние до пикета от станции II - отложив по этому направлению в масштабе плана горизонтальное проложение  $d_i$ . Аналогично наносят и другие точки. Если есть углы более  $180^{\circ}$ , транспортир перекалывают, поворачивая его на  $180^{\circ}$ . После этого по нему отмечают значения угла минус  $180^{\circ}$ .

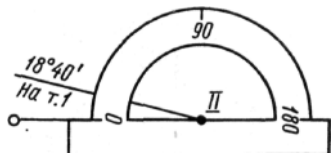


Рис. 2

Точку изображают кружком, рядом выписывают из журнала его отметку.

### **- После нанесения на план пикетных точек с одной станции, руководствуясь абрисом, вычерчивают в карандаше границы контуров и местные предметы, интерполируют и вычерчивают горизонтали.**

По отметкам станций и речных точек на плане проводят горизонтали с принятым сечением рельефа. Следы горизонталей отыскивают графической интерполяцией между точками, которые в абрисе соединены стрелками. Соединение каких-либо двух точек в абрисе говорит о том, что местность между ними имеет один скат, без перегибов.

Интерполирование выполняют аналитическим путем или с помощью палетки. Интерполяция с помощью палетки заключается в следующем. На листе прозрачной бумаги проводят параллельные линии на равном расстоянии. Подписывают эти линии отметками, кратными высоте сечения рельефа, от самой малой до самой большой. Для интерполяции по линии палетку накладывают на план так, чтобы одна из точек заняла положение между параллельными линиями палетки, соответственно ее отметке. Проколов осторожно палетку в намеченной точке, поворачивают палетку вокруг иглы так, чтобы другая точка, видимая через кальку расположилась между линиями и заняла положение, соответствующее ее отметке. Перекалывают иглой измерителя на план точки пересечения линий палетки с линией плана и подписывают их отметки.

Точки с одинаковыми отметками соединяют плавными линиями и таким образом получают горизонтали.

### **- Оформление плана**

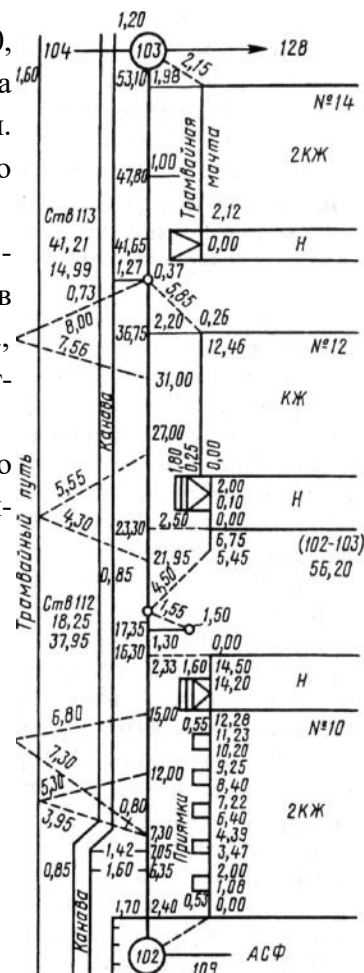
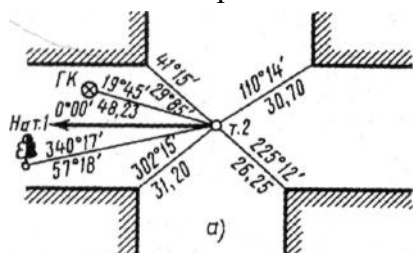
Все контуры и рельеф, изображаемые на плане, вычерчивают тушью в соответствии с условными знаками. Над северной рамкой делают заглавную надпись, под южной рамкой подписывают числовой масштаб, высоту сечения рельефа, вычерчивают линейный масштаб и график заложений.

## ГОРИЗОНТАЛЬНАЯ СЪЕМКА

Горизонтальную съемку выполняют в масштабах 1:2000, 1:1000 и 1:500. Съемке подлежат фасады зданий и ситуация проездов, а также внутриквартальная (внутризаводская) застройка и ситуация. Съемку производят с линий и точек теодолитных ходов съемочного обоснования.

Результаты съемки отображают на схематическом чертеже - абрисе, на котором дается зарисовка всех контуров и предметов местности (например, трамвайный путь, канава, трамвайная мачта, дома № 10, 12, 14 каменные (к), жилые (ж), нежилые (н) и соответствующие промеры).

Абрис ведут на плотной бумаге в произвольном масштабе, но придерживаясь условных знаков, принятых для составления плана. Прямые линии вычерчивают по линейке, кривые - от руки. Ситуацию



вычерчивают более толстыми линиями, вспомогательные промеры - тонкими. При ведении абриса некоторые детали изображают в укрупненном масштабе. Перпендикуляры и засечки прочерчивают пунктиром или тонкими сплошными линиями, длины их подписывают в середине линий или под ними. Расстояния по линии съемочного хода нарастающим итогом подписывают у подошв перпендикуляров или засечек с противоположной стороны. При обмерах надписи располагают перпендикулярно фасадной линии. Нулевой отсчет промеров по фасаду берут от надежно определенной точки, все остальные отсчеты записывают

нарастающим итогом от нулевого. Промежуточные отсчеты заключают в скобки.

Съемку выполняют разными способами.

Способ перпендикуляров применяют в основном для съемки проездов, когда съемочный ход проходит от фасадов не далее 8 м при съемке в масштабе 1:2000, не далее 6 м - в масштабе 1:1000 и не далее 4 м при съемке в масштабе 1:500. Если длина перпендикуляра больше указанных размеров, применяют эккер или подкрепляют промер по перпендикуляру еще засечкой с ленты. При съемке стальную ленту укладывают по точкам, отмеченным в створе линии съемочного теодолитного хода с помощью теодолита.

Способом линейных засечек ленту, так же как и способом перпендикуляров, укладывают в створе съемочной линии. От двух точек на ленте, соответствующих целым метрам и составляющих основание приблизительно равностороннего треугольника, рулеткой измеряют расстояния до определяемой точки контура. При этом длина засечек не должна превышать длины рулетки. Для контроля делают третий промер.

Способом угловой засечки может быть выполнена съемка недоступных точек. Засечки наносят не менее чем с трех направлений. Способ полярных координат применяют для съемки точек ситуации, удаленных от съемочного хода. Наиболее часто этот способ применяют при съемке внутриквартальной застройки, а также нетвердых контуров (границы угодий, кусты, деревья). Теодолит устанавливают над соответствующей точкой съемочного хода (например, точка 2). Расстояния от съемочной точки до точек ситуации (например, ГК, углов зданий) измеряют мерным прибором или дальномером, углы - при одном круге с ориентированием нулевого штриха лимба на смежную точку съемочного хода. По этому направлению (показано стрелкой) в абрисе делают запись  $0^{\circ}0'$ . С направления полярного луча может быть произведена съемка ситуации, как с линии съемочного обоснования способом перпендикуляров и засечек.

Створный способ, как правило, применяют при съемке внутриквартальной ситуации, когда съемка основных контуров проведена. Створ может быть задан продолжением линии здания; линией, соединяющей два твердых контура. От линии створа (например, ВО) производят съемку ситуации способом перпендикуляров и линейных засечек (съемка дерева, ГК). Расстояние ВС измеряют полностью.

Помимо съемки всех точек ситуации со съемочных линий для уточнения составляемого плана производят обмеры по фасадам, всех строений с архитектурными выступами, уступами, крыльцами, ступеньками, приямками. Обмеры производят также по всем заборам и границам между точками изломов. При наличии зданий со сложной конфигурацией делают дополнительные контрольные промеры между углами. На перекрестках проездов измеряют диагональные расстояния между углами кварталов и ширину проездов. Кроме того, в характерных местах измеряют ширину между противоположными фасадами проезда. Контрольные промеры делают также и между снятыми со съемочной линии смотровыми колодцами подземных коммуникаций, мачтами, столбами воздушных линий связи и между другими точками ситуации.

Результаты полевых измерений, отраженные в абрисе, используют для составления топографического плана, нанося их на планшет. Планшет представляет собой тонкий лист фанеры или алюминия, оклеенный сверху чертежной бумагой. На планшете предварительно разбивают координатную сетку квадратов со стороной 10 см и общим размером 50х50 см. По координатам на планшет наносят пункты геодезического и съёмочного обоснования. Правильность накладки пунктов контролируют по расстояниям между ними. Расхождения не должны превышать 0,2 мм на плане. У каждого пункта пишут его номер или название, а также наносят отметку пункта с округлением до сантиметров.

Положение контуров ситуации определяют на планшете по промерам, данным в абрисе. При этом с учетом масштаба плана выполняют те же построения, что и при полевых измерениях. Например, если съёмка контура велась способами перпендикуляров и линейных засечек, на планшете с помощью циркуля-измерителя также строят перпендикуляры и линейные засечки; если применялся полярный способ, на планшете откладывают полярные углы и расстояния.

Как правило, высотную съёмку выполняют методом геометрического нивелирования после того, как вся ситуация снята и нанесена на планшет.

Нивелирование начинают с точек высотного съёмочного обоснования. На всех характерных точках нивелируемой площади, но не реже чем через 50 м при съёмке в масштабе 1:2000 и 20 м - при съёмке в масштабе 1:500, определяют высоты съёмочных точек (пикетов). Расстояние от нивелира до рейки не должно превышать 150 м. Положение пикетов на плане определяют по ситуации, для чего в поле используют копию плановой съёмки.

Улицы (проезды) нивелируют по поперечникам, разбиваемым с помощью рулетки через 20...40 м. Кроме того, поперечники разбивают в местах перегиба рельефа, по осям пересекающихся улиц и в местах их излома. При нивелировании поперечников определяют высоты фасадной линии, бордюрного камня тротуара, оси улицы и других характерных точек рельефа, высоты земли у входов, порогов и полов в зданиях.