

**Хамраев Н.Т. 2-Курс магистрант  
Илмий рахбар Доц. Иногамов И.И.  
ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВЫСОТ ПУНКТОВ  
МАРКШЕЙДЕРСКИХ ОПОРНЫХ И  
СЪЕМОЧНЫХ СЕТЕЙ**

Определение высот пунктов маркшейдерской опорной сети выполняют ходами геометрического нивелирования III и IV класса, проложенными внутри полигонов высшего класса отдельными линиями или в виде систем линий с узловыми пунктами.

Допустимые периметры полигонов нивелирования III класса составляют 150 км. Нивелирование III класса выполняют в прямом и обратном направлениях; невязки в полигонах и по линиям

допускаются не более  $10 \cdot JL$ , мм, где  $L$  - длина хода, км.

Нивелирование IV класса выполняют в одном направлении; невязки в полигонах и по линиям допускаются не более 20 мм, где  $L$  — длина хода, км. Длина линий нивелирования IV класса допускается не более 50 км.

Плотность высотной маркшейдерской опорной сети принимают: не менее одного репера на 10 - 15 км - при съемке в масштабе 1:5000; не менее одного репера на 5 - 7 км<sup>2</sup> - при съемке в масштабе 1:2000 и крупнее незастроенных территорий.

Определение высот пунктов маркшейдерской съемочной сети выполняют ходами геометрического нивелирования технической точности и тригонометрического нивелирования, проложенными внутри полигонов опорной сети.

При определении высот пунктов тригонометрическим нивелированием вертикальные углы измеряют в зависимости от типа теодолита одним или двумя приемами. Высоту инструмента и визирной цели измеряют с округлением до сантиметра.

Ходы тригонометрического нивелирования опираются на пункты маркшейдерской опорной сети, высоты которых определены геометрическим нивелированием точности не ниже IV класса. Длину ходов тригонометрического нивелирования принимают не более 2,5 км. Превышения для каждой стороны хода определяют в прямом и обратном направлениях. Расхождение превышений допускается не более  $0,04 \cdot L$ , см, где  $L$  - длина стороны, м.

Невязки ходов тригонометрического нивелирования, проложенных между пунктами опорной сети, допускаются не более

$0,04 \cdot L$ , мм, где  $L$  - длина хода, м;  $n$  - число сторон.

Для передачи высот на пункты съемочной сети, определяемые способом геодезических засечек или проложением цепочек треугольников, превышения между пунктами определяют из тригонометрического нивелирования в прямом и обратном направлениях или в одном направлении, но не менее чем с двух исходных пунктов.

При полярном способе повторное определение превышения выполняют с изменением высоты цели или инструмента.

Расстояния между исходными и определяемыми пунктами принимают не более 1 км при измерении вертикальных углов теодолитами типа ТЗО, 1,5 км — теодолитами типа Т15 и 2 км — более точными теодолитами. Расхождение между двумя определениями высоты пункта (с учетом поправок за кривизну Земли и рефракцию) допускается не более  $0,03 \sqrt{L}$ , см, при расстояниях до 1 км,  $0,02 \sqrt{L}$ , см, - при расстояниях более 1 км, где  $L$  — длина стороны, м. Если число определений высоты пункта больше двух, отклонение любого определения от среднего арифметического значения допускается не более 20 см.

Длину ходов тригонометрического нивелирования, прокладываемых с использованием электронных тахеометров, принимают не более 10 км, расхождение прямого и обратного определения превышения -  $0,01 \sqrt{L}$ , а невязка в ходе -  $0,01 \sqrt{L}$  / где  $L$  и  $L$  длина стороны и длина хода, м, соответственно;  $n$  - число сторон.

При расстояниях от исходного пункта до определяемых более 700 м и одностороннем тригонометрическом нивелировании в превышения вводят поправки за кривизну Земли и рефракцию.

Для технического нивелирования применяют нивелиры и рейки, обеспечивающие заданную точность.

Ходы технического нивелирования прокладывают между исходными реперами в одном направлении; разрешается прокладывать висячие ходы в прямом и обратном направлениях. Расстояния до реек принимают по возможности равными и не превышающими 150 м. Разность превышений, определенных по черной и красной сторонам реек или при двух горизонтах инструмента, допускается не более 5 мм. Невязка ходов допускается

не более  $5 \sqrt{L}$ , мм, где  $L$  — длина хода, км. При числе станций на 1 км более 25 невязка в ходе допускается не более 10 мм, где  $n$  - число станций в ходе.

При построении высотных сетей происходит накопление ошибок, как при проведении геометрического нивелирования, так и при тригонометрическом нивелировании. Нивелирные ходы прокладываются как от одного репера (висячие ходы), так и между несколькими реперами (несвободные ходы).

Законы накопления ошибок в высотных ходах, заложенные для обоснования требований Инструкции, имеют различный вид:

Допустимые периметры полигонов нивелирования III класса составляют 150 км. Нивелирование III класса выполняют в прямом и обратном направлениях; невязки в полигонах и по линиям допускаются не более  $10 \sqrt{L}$ , мм, где  $L$  - длина хода, км. Нивелирование IV класса выполняют в одном направлении; невязки в полигонах и по линиям допускаются не более 20 мм, где  $L$  — длина хода, км. Длина линий нивелирования IV класса допускается не более 50 км. Плотность высотной маркшейдерской опорной сети принимают: не менее одного репера на 10 - 15 км - при съемке в масштабе 1:5000; не менее одного

репера на 5 - 7 км<sup>2</sup> - при съемке в масштабе 1:2000 и крупнее незастроенных территорий. Определение высот пунктов маркшейдерской съемочной сети выполняют ходами геометрического нивелирования технической точности и тригонометрического нивелирования, проложенными внутри полигонов опорной сети. При определении высот пунктов тригонометрическим нивелированием вертикальные углы измеряют в зависимости от типа теодолита одним или двумя приемами. Высот нивелирования, особенно в условиях пересеченной местности. Кстати, в последней Инструкции по нивелированию отсутствуют формулы для определения допустимой невязки в гористой местности и вообще для случаев, когда погрешность хода зависит не от его длины, а от количества стоянок (превышений).

Внедрение в маркшейдерскую практику систем спутникового позиционирования (GPS, ГЛОНАСС, Galileo) существенно упростило выполнение работ по созданию опорных и съемочных маркшейдерских сетей на земной поверхности. Однако вопросы проектирования сетей, уравнивания построений и оценки точности координат, определенных в результате создания сети пунктов, оказались не раскрытыми для исполнителей работ.

Упоная на высокую точность приемников, исполнители зачастую не утруждают себя проектированием сети, полевые работы выполняются при плохой геометрии сети, пункты наблюдаются полярным способом от одной базовой станции, отсутствуют избыточные измерения. Слабо владея теорией математической обработки измерений, исполнители, даже располагая необходимым программным обеспечением, например, Trimble Geomatics Office - Network Adjustmet 2001, избегают им пользоваться. Вообще до сих пор в отечественной литературе нет простого и полного изложения анализа точности и техники уравнивания GPS-построений.

В заключение заметим еще раз, что вопросы проектирования и анализа точности маркшейдерских опорных и съемочных сетей имеют большое практическое значение. Требования к современным сетям нуждаются в уточнении, а методика проектирования и оценки точности сетей - в совершенствовании.