

АНАЛИЗ ТОЧНОСТИ ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ МЕТОДОВ УСТАНОВЛЕНИЯ ДЕЙСТВИТЕЛЬНЫХ КООРДИНАТ ГРАНИЦ ЛЕСОНАСАЖДЕНИЙ

Сложившаяся практика картографирования лесонасаждений базируется на результатах аэрофотосъемки, топографических съемок, материалах землеустройства и прежнего лесоустройства. Лесоустроительные планшеты составляются в местных системах координат. Соответственно ГИС «Лесные ресурсы» не получает единой координатной основы для достоверной увязки с государственным земельным кадастром. Устранение недопустимых искажений координатной основы единой ГИС для лесных ресурсов возможно через плановую привязку опорных точек карт лесонасаждений к государственной системе координат геодезическими методами. Для минимизации затрат на полевые геодезические работы необходимо использовать результаты картографирования границ лесонасаждений по материалам топографических съемок и землеустройства. Используемые данные следует подвергнуть анализу на их картографическую (координатную) точность. Исходное предположение при таком анализе состоит в следующем: используются фотопланы лесонасаждений по данным последней аэрофотосъемки; фотопланы представляют неискаженные отображения лесных контуров и квартальных просек; действительные границы земель определяются прямыми линиями между последовательными пунктами межевания.

Точность планового положения пунктов съемочного обоснования нормирована в Инструкции [1] по топографическим съемкам.

В Инструкции [2] по межеванию земель определены технические показатели теодолитных ходов, приведенные в табл. 1.

В соответствии с данными табл. 1, погрешности планового положения пунктов в середине теодолитного хода, рассчитанного в местной системе координат, можно определить по формуле

$$\Delta_{xy} = (\Sigma d_{\text{доп}}) \times 10^7 / 2(M \times T), \quad (1)$$

где $\Sigma d_{\text{доп}}$ – допустимая длина хода; M – знаменатель масштаба съемки; T – знаменатель относительной погрешности определения длины хода.

Нормативные данные табл. 1 дают возможность определять допустимую длину отдельных теодолитных ходов в процессе землеустроительных работ при установлении границ лесонасаждений по формуле

$$\Sigma d_{\text{доп}} = d_{\text{ср}} \cdot n, \quad (2)$$

где $d_{\text{ср}}$ – средняя длина сторон хода; n – число сторон хода.

Обоснованные расчетом допустимые длины теодолитных ходов $\Sigma d_{\text{доп}}$ приведены в табл. 2. Им соответствуют оценочные значения максимальных погрешностей планового положения межевых землеустроительных знаков в местной системе координат, рассчитанные по формуле (1). Чтобы определить плановое положение межевых знаков в общегосударственной системе координат, требуются геодезические работы по привязке к ней местных сетей различными способами (теодолитными ходами, геодезическими засечками с помощью электронных тахеометров, а в недалеком будущем – посредством приборов спутникового позиционирования).

Таблица 1

Нормативные требования к теодолитному ходу при землеустроительных работах

Условия местности при проложении хода	Закрытая		Открытая
	Относительная невязка 1:T	1:1000	1:2000
Средняя квадратическая погрешность измерения угла по невязкам хода, с	30	20	15
Предельная угловая невязка в теодолитных ходах, полигонах, с (n – число углов)	$60 \sqrt{n}$	$40 \sqrt{n}$	$30 \sqrt{n}$
Длина линий хода, км:			
	минимальная	0,02	0,05
максимальная	0,35	0,50	0,80
Число сторон в ходе, не более	40	30	20

Допустимая длина теодолитного хода по определению границы лесонасаждений

Нормативный документ	Масштаб съемки	Допустимая длина хода, км, при 1:Т			Расчетная абсолютная погрешность $\Delta_{ХУ}$, м		
		1:1000	1:2000	1:3000			
Инструкция [1] топографическая	1:10 000	6	12	18	3		
Инструкция [2] землеустроительная $\Sigma d_{\max} = 0,8 \times 20$ $\Sigma d_{\max} = 0,5 \times 30$ $\Sigma d_{\max} = 0,35 \times 40$ $\Sigma d_{\text{ср}} = 0,4 \times 20$ $\Sigma d_{\text{ср}} = 0,25 \times 30$ $\Sigma d_{\text{ср}} = 0,18 \times 40$	1:2000 + 1:10 000	14	15	16	2,7		
				7,2	7,5	8	3,8
						1,3	1,9
							3,6

Привязочные и съемочные теодолитные ходы, опирающиеся на пункты государственной геодезической сети, должны проектироваться согласно Инструкции [1] длиной до

$$\Sigma d_{\text{доп}} = (0,6 \times M \times T):10^6, \quad (3)$$

где 0,6 мм – допустимая невязка теодолитного хода на плане масштаба 1:М.

Значения $\Sigma d_{\text{доп}}$ приведены в табл. 2. Они являются исходными при разработке научно-технического обоснования реальных требований к точности измерения углов в теодолитных ходах, которые прокладывают при установлении координат граничных точек.

Нормированная величина средней квадратической погрешности (СКП) измерения горизонтальных углов приведена в Инструкции [1]: $m'_\beta = 0,4'$. Для обоснования формулы допустимой угловой невязки любого линейно-угломерного хода на основе теории вероятности предельную (допустимую) погрешность обычно назначают вдвое больше средней квадратической (по вероятности 0,95), тогда допустимая угловая невязка теодолитного хода задается формулой

$$f_{\beta\text{доп}} = 2 m'_\beta \sqrt{n} = 0,8' \sqrt{n}, \quad (4)$$

которая практически во всех геодезических инструкциях применяется независимо от относительной линейной точности хода (см. табл. 3).

При угломерных геодезических работах в лесонасаждениях чрезмерно часто наблюдаются угловые невязки, не отвечающие нормативным допускам. Специальные исследования реальной точности измерения углов в условиях квартальных просек, таксационных визиров, вдоль границ между лесом и полем показали, что Инструкцией [1] установлены излишне жесткие и практически невыполнимые при лесных съемках допуски m'_β и допустимые угловые невязки $f_{\beta\text{доп}}$.

Научно-технически обоснованный выбор величины средней квадратической погрешности m_β измерения угла β для теодолитных ходов в лесонасаждениях следует назначать соответственно известному «принципу равного влияния», согласно которому погрешности измерения длины сторон и углов между сторонами должны быть причиной равных линейных погрешностей соответственно вдоль линии и поперек ее. Рассмотренный «принцип» выражается формулой

$$m_\beta = \rho'(1:T)/2, \quad (5)$$

где $\rho' = 3438'$ – число минут в радиане; 1:Т – относительная точность измерения линий хода в лесонасаждениях. В табл. 3 приведены значения m_β , вычисленные по формуле (5).

Практическая корректировка расчетных значений m_β основана на параметрах приборной точности теодолита ТЗО, для которого $m_\beta \text{П} = 30''$.

Таблица 3

Нормативные требования и расчетные показатели точности измерения углов

Нормативный документ	Показатель	Относительная точность хода		
		1:1000	1:2000	1:3000
Инструкция [2] (топографическая)	СКП угла, m_β	0,4'	0,4'	0,4'
	$f_{\beta\text{доп}}$	$0,8' \sqrt{n}$	$0,8' \sqrt{n}$	$0,8' \sqrt{n}$

Нормативный документ	Показатель	Относительная точность хода		
		1:1000	1:2000	1:3000
Инструкция [1] (землеустроительная)	СКП угла, $m\beta$	30"	20"	15"
	$f_{\text{доп}}$	$60''\sqrt{n}$	$60''\sqrt{n}$	$60''\sqrt{n}$
Теоретическое обоснование по формуле (5)	СКП угла, $m\beta$	100"	52"	34"
	$f_{\text{доп}}$	$3'\sqrt{n}$	$1,7'\sqrt{n}$	$1'\sqrt{n}$
Рекомендуемые	$f_{\text{доп}}$	$2'\sqrt{n}$	$1,5'\sqrt{n}$	$1'\sqrt{n}$

Рекомендуемые значения $m\beta$ равны 2', 1,5' и 1' для теодолитных ходов относительной точности соответственно 1:1000, 1:2000 и 1:3000.

Выше показано, что картографическая точность материалов землеустройства достаточна для формирования базы данных ГИС «Лесные ресурсы» при условии преобразования местной системы землеустроительных координат в общегосударственную. Технология картографирования лесонасаждений на территориях лесхоза может включать монтаж фрагментов исходных карт и планов, составленных в системе местных координат. Но необходим последующий перевод таких промежуточных материалов в общегосударственную координатную среду. Такая необходимость обусловлена тем, что ГИС «Лесные ресурсы» неизбежно станет частью общегосударственного земельного кадастра, для которого единая система государственных координат является обязательной.

Исходя из практически достаточной точности составления лесных планшетов в масштабе 1:10 000, рекомендуется допустимую погрешность планового положения опорных геодезических точек установить равной 0,3 мм на плане, или 3 м на местности. Основной традиционный метод определения координат опорных пунктов для детального картографирования лесных территорий – полигонометрический в виде теодолитных ходов. Дополнительные методы – геодезические засечки относительно пунктов теодолитного хода и пунктов государственной геодезической сети.

В будущем координаты пунктов съемочного обоснования должны определяться преимущественно методами спутникового позиционирования, которые обеспечивают точность определения координат не грубее 1–2 м относительно пунктов государственной сети на расстояниях до 20–30 км. Предстоит проверка координат межевых знаков, установленных при землеустройстве по границам лесонасаждений. Спутниковые методы (с учетом экономических условий снижения стоимости геодезических работ) могут комбинироваться с полигонометрическими, в частности с теодолитными методами детального установления границ лесонасаждений в единой государственной системе координат, рассчитанной в картографической проекции Гаусса – Крюгера. При реализации метода потребуются разработка методик выбора местоположения дополнительных (вспомогательных) опорных пунктов вне зоны затенения радиосигналов кронами деревьев, а также способов внецентренного определения координат опорных пунктов.

Литература

1. Инструкция по топографическим съемкам в масштабах 1:10 000 и 1:25 000 / Полевые работы. – М.: Недра, 1978.
2. Инструкция по установлению, восстановлению, закреплению границ земельного участка. – Мн.: Комитет по земельным ресурсам, геодезии и картографии при Совете Министров Республики Беларусь, 2002.