

УДК 528.4 + 528.425.2

## **ПОСТРОЕНИЕ ХОДОВ ЭЛЕКТРОННЫМИ ТАХЕОМЕТРАМИ В КАДАСТРОВОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ**

*А.П. Ворошилов, А.А. Головки*

В статье рассмотрены возможности применения электронных тахеометров в кадастровой деятельности. Установлено, что они обеспечивают требуемую нормативными документами точность в ходах полигонометрии, теодолитных и тахеометрических ходах. А также приведены рекомендуемые схемы таких построений.

Ключевые слова: электронный тахеометр, ходы полигонометрии, теодолитные ходы, тахеометрические ходы, кадастровая деятельность.

В настоящее время традиционные технологии геодезических работ изменились в соответствии с тем, что в производство внедряются электронные средства измерений, имеющие технические и технологические особенности. Одним из современных автоматизированных методов съёмочных работ является электронная тахеометрия. В современной нормативной кадастровой литературе [1, 2] особенности проведения кадастровых работ с применением электронных тахеометров не освещены.

Целью работы является исследование точностных характеристик ходов, построенных электронными тахеометрами, а также эффективности их применения при производстве геодезических работ в кадастровой деятельности.

Основные положения о кадастровой деятельности изложены в Федеральном законе № 221-ФЗ от 24.07.2007 «О кадастровой деятельности» [1] (далее – Закон о кадастре). Согласно этому закону, «кадастровой деятельностью является выполнение работ в отношении недвижимого имущества в соответствии с установленными федеральным законом требованиями, в результате которых обеспечивается подготовка документов, содержащих необходимые сведения для осуществления государственного кадастрового учёта».

Для формирования государственного кадастра и поддержания его на современном уровне информация об объектах недвижимости, их расположении, о границах земельных участков, площадях, инфраструктуре и технических характеристиках объектов, а также данные о прохождении Государственной границы, о границах субъектов РФ, муниципальных образований и населённых пунктов должны быть актуальными и максимально достоверными. Такую информацию получают по результатам геодезических и картографических работ, обеспечивающих необходимую точность.

В ходе геодезических работ определяются координаты точек границ кадастровых объектов, в том числе земельных участков, а также проводятся специальные кадастровые съёмки. Методы и требования к точности таких определений регламентируются Приказом Министерства экономического развития РФ от 17 августа 2012 г. № 518 «О требованиях к точности и методам определения координат характерных точек границ земельного участка, а также контура здания, сооружения или объекта незавершённого строительства на земельном участке».

Для оценки точности определения координат характерных точек рассчитывается средняя квадратическая погрешность [2], величина которой не должна превышать значения нормативной точности, установленной в приложении к Приказу [2]. При этом значение величины варьируется в зависимости от категории земель, на которых проводятся работы.

Положение характерной точки на местности определяется геодезическими координатами  $x$ ,  $y$ . Поэтому средняя квадратическая погрешность местоположения характерных точек границ может быть выражена следующей формулой:

$$M_t^2 = m_x^2 + m_y^2, \quad (1)$$

где  $m_x$ ,  $m_y$  – СКП определения координат  $x$ ,  $y$  характерной точки. При условии, что  $m_x = m_y$ , можно определить среднеквадратическую погрешность определения координат характерной точки границы:

$$m_x = m_y = \frac{M_t}{\sqrt{2}}. \quad (2)$$

В соответствии с нормативными требованиями наибольшая точность в определении местоположения и, как следствие, координат характерных точек границы земельного участка должна быть обеспечена на землях населённых пунктов.

Для определения координат характерных точек границ земельных участков Закон о кадастре [1] определяет следующие методы:

- геодезический;
- спутниковый;
- фотограмметрический;
- картометрический.

В соответствии с требуемой точностью определения координат выбирается метод. Наибольшая точность обеспечивается геодезическим и спутниковым методами определения координат.

Основными методами координирования в кадастровой деятельности остаются геодезические построения на местности, так как они обеспечивают необходимую точность на объектах землеустройства, измерения производятся непосредственно на территории объекта работ, а главное определение координат выполняется с контролем и оценкой точности. Методы таких построений зависят от применяемого геодезического оборудования.

Согласно Инструкции по топографической съёмке [3], могут использоваться методы триангуляции, полигонометрии, трилатерации, прокладки теодолитных и тахеометрических ходов, различные засечки.

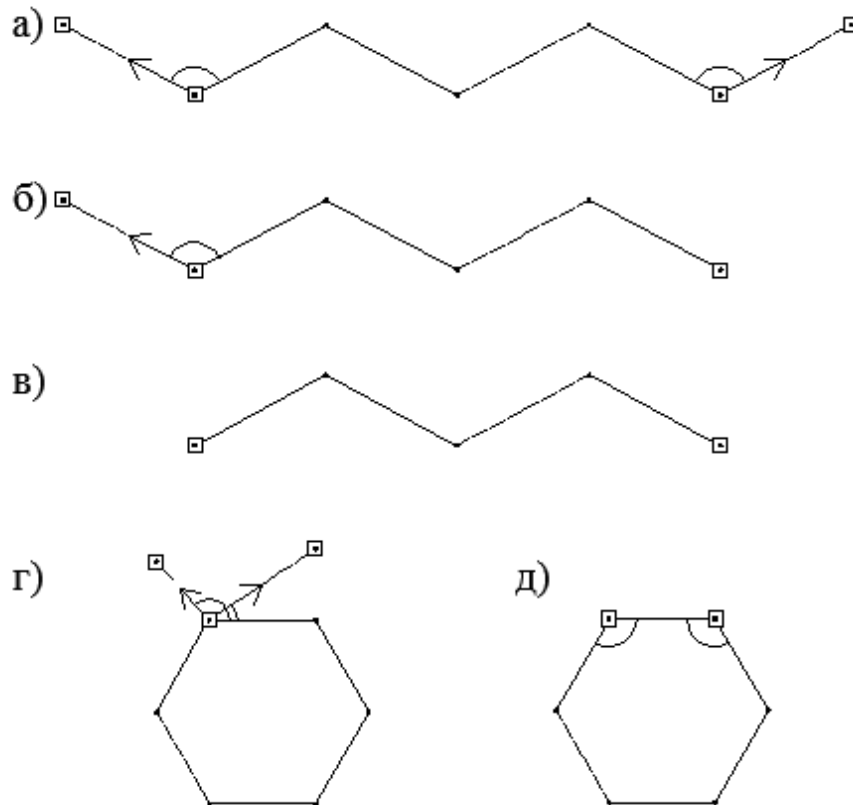
Для кадастровой деятельности в настоящее время могут быть применены построения методом полигонометрии, теодолитных и тахеометрических ходов. Нормативные требования к данным ходам установлены Инструкцией [3], которая была издана в 1982 году и является действующей в настоящее время. Но следует учесть, что она составлялась исходя из геодезического оснащения и применяемых методов того времени. Кроме того, основной характеристикой точности ходов в Инструкции [3] является относительная невязка, а в кадастровых работах – точность местоположения определяемых пунктов  $M_t$ .

Путём простых расчётов можно заметить, что для отдельных ходов полигонометрии длиной до 3 км и относительной погрешностью не более 1:5000 и для ходов длиной до 5 км с относительной погрешностью не более 1:10000 СКП местоположения пункта меняет своё значение в интервале 0,2–0,6 м. А согласно Приказу [2], СКП местоположения характерных точек границ на землях населённых пунктов должна составлять не более 0,1 м. Значит, для кадастровых работ ходы, регламентируемые Инструкцией [3], имеют ограничения в применении.

В этой же инструкции имеются ограничения по длинам сторон отдельных ходов и некоторым другим параметрам, которые следовало бы скорректировать применительно к электронным тахеометрам. Ведь в настоящее время съёмочное обоснование создаётся путём проложения ходов электронными тахеометрами, позволяющих заменить ходы полигонометрии, теодолитные и тахеометрические на более точные. Электронные приборы позволяют прокладывать ходы с точностными характеристиками, намного превышающими требования к точности, установленные Инструкцией [3]. Значит, ходы, проложенные электронными тахеометрами, стоит рассматривать как самостоятельный вид геодезического построения.

В учебном пособии [4] предлагаются следующие схемы построения ходов электронными тахеометрами, применяемые в кадастровой деятельности (рис. 1):

- а) ход, опирающийся на два исходных пункта и на два исходных направления на каждом исходном пункте;
- б) ход, опирающийся на 2 исходных пункта без угловой привязки на одном из них;
- в) ход, опирающийся на 2 исходных пункта с координатной привязкой к каждому из них;
- г) замкнутый ход, опирающийся на 1 исходный пункт с измерением двух дирекционных углов на две смежные стороны в слабом месте хода;
- д) замкнутый ход, опирающийся на два исходных пункта с координатной привязкой к каждому из них.



Схемы ходов электронным тахеометром

О точности хода свидетельствует средняя квадратическая ошибка положения пункта в слабом месте хода после уравнивания. Эту ошибку вычисляют по разным формулам в зависимости от формы хода.

Так СКП положения удалённого пункта вытянутого хода оценивается по следующей формуле:

$$m_t^2 = n \cdot m_s^2 + \frac{m_\beta^2 \cdot L^2}{\rho^2} \cdot \frac{(n+3)}{12}, \quad (3)$$

где  $n$  – число сторон в ходе; СКП измерения расстояний и углов соответственно;  $L$  – длина хода.

СКП положения удалённого пункта изогнутого хода оценивается по формуле:

$$m_t^2 = n \cdot m_s^2 + \frac{m_\beta^2}{\rho^2} \cdot [D_{0,i}^2], \quad (4)$$

где  $D_{0,i}$  – расстояния от центра тяжести хода до  $i$ -го пункта.

Координаты центра тяжести хода определяют по координатам всех точек хода, включая начальный и конечный исходные пункты хода:

$$x_0 = \frac{\sum x_i}{(n+1)}, y_0 = \frac{\sum y_i}{(n+1)}, \quad (5)$$

где  $(n + 1)$  – число пунктов хода.

При построении хода по характерным точкам границ земельного участка, полученные значения СКП положения точек хода по формулам (3) и (4) не должны превышать нормативных значений, установленных Приказом [2].

Для исследования возможностей ходов, построенных электронными тахеометрами, по формуле (3) выполним оценку точности положения пункта для наиболее распространённых в кадастровых работах длин ходов, точности измерений электронным тахеометром  $m_s = 5$  мм,  $m_\beta = 5''$ , при различном числе сторон в ходах. Результаты оценки приведены в табл.

Таблица

СКП положения пунктов хода ( $m_t$ )  
при измерениях электронным тахеометром

СКП измерений		n	Длина хода L, м	$m_t$ , м
$m_s$ , мм	$m_\beta$ , угл.сек			
5	5	3	1000	0,019
5	5	4	1500	0,030
5	5	5	2000	0,041
5	5	10	5000	0,127

Данные, представленные в табл., можно использовать для проектной оценки точности вытянутых ходов, измерения в которых выполнены электронным тахеометром.

Так, из табл. видно, что при длине хода до 2 км и числе сторон в ходе 3–5 обеспечивается точность, соответствующая требованиям Приказа [2] для проведения кадастровых работ на землях населённых пунктов.

Если ход электронным тахеометром прокладывается как геодезическое обоснование, то должно выполняться следующее соотношение:

$$m_{ГО}^2 + m_{ГР}^2 \leq M_t^2, \quad (6)$$

где  $m_{ГО}$  – СКП положения точек хода, являющегося геодезическим обоснованием;  $m_{ГР}$  – СКП положения точек границ относительно точек хода;  $M_t$  – нормативное значение СКП положения характерных точек.

Значениями СКП в формуле (6) можно пренебречь, при условии их влияния на в пределах 10 %, что соответствует соотношению:

$$m_{ГО} = \frac{m_{ГР}}{2,2} = \frac{0,1}{2,2} = 0,045 \text{ м}, \quad (7)$$

где величина  $m_{ГР}$ , принята допустимой для земель населённых пунктов.

Анализируя полученное значение и табл., мы видим, что в качестве съёмочного обоснования на землях населённых пунктов могут выступать ходы длиной до 2 км с числом сторон в ходе от 3 до 5, проложенные электронными тахеометрами с  $m_s = 5$  мм и  $m_\beta = 5''$ .

Таким образом, современные электронные тахеометры с запасом обеспечивают требуемую точность определения положения точек на местности в соответствии с действующими нормативными источниками [1–3] по осуществлению кадастровой деятельности.

#### Библиографический список

1. Федеральный закон от 24 июля 2007 г. № 221-ФЗ «О кадастровой деятельности» (редакция, действующая с 1 января 2017 года) // ИПП «Гарант».
2. Приказ Министерства экономического развития РФ от 17 августа 2012 г. № 518 «О требованиях к точности и методам определения координат характерных точек границ земельного участка, а также контура здания, сооружения или объекта незавершённого строительства на земельном участке» // ИПП «Гарант».
3. ГКИНП-02-033-82 Инструкция по топографической съёмке в масштабах 1:5000, 1:2000, 1:1000 и 1:500. – М., «НЕДРА», 1982. – 98 с.
4. Ворошилов, А.П. Геодезические работы в кадастровой деятельности: учебное пособие / А.П. Ворошилов. – Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, ЦДО, 2011. – 126 с.

[К содержанию](#)