УДК 528.44

**М**.**Я**.**Брынь**, *канд. техн. наук*, *заведующий* *кафедрой*, *kig@pgups*.*edu*

**П.А.ВесЁлкин**, *канд. техн. наук*, *ассистент*, *kig@pgups*.*edu*

**В.Н.Иванов**, *старший* *преподаватель*, *kig@pgups*.*edu*

*Петербургский* *государственный* *университет* *путей* *сообщения*

**А.В.Астапович**, *канд. техн. наук*, *доцент*, *astapovich@benta*.*spb*.*ru*

*Военно-космическая* *академия* *имени* *А*.*Ф*.*Можайского*, *Санкт-Петербург*

**Ю.В.Щербак**, *преподаватель*, *shch*.*yu@yandex*.*ua*

*Черниговский* *государственный* *институт* *экономики* *и* *управления*

**M.Ya.Bryn**, *PhD in eng. sc*., *head* *of* *the* *chair*, *kig@pgups*.*edu*

**P.A.Veselkin**, *PhD in eng. sc*., *assistant* *lecturer*, *kig@pgups*.*edu*

**V.N.Ivanov**, *senior* *lecturer*, *kig@pgups*.*edu*

*Petersburg* *State* *Transport* *University*

**A.V.Astapovich**, *PhD in eng. sc*., *associate professor*, *astapovich@benta*.*spb*.*ru*

*Mozhaisky* *Military* *Space* *Academy*, *Saint Petersburg*

**J.V.Shcherbak**,*lecturer*, *shch*.*yu@yandex*.*ua*

*Chernihiv* *State* *Institute* *of* *Economics* *and* *Management*

**ОБОСНОВАНИЕ ТОЧНОСТИ И ПАРАМЕТРОВ КАДАСТРОВОЙ СЪЕМКИ ЗЕМЕЛЬНЫХ УЧАСТКОВ УРБАНИЗИРОВАННЫХ ТЕРРИТОРИЙ**

Показано, что положение межевых знаков городских земельных участков площадью до 2 га должны определяться с ошибками относительно пунктов городской геодезической сети *mt* = 0,05 м, для участков большей площади – *mt* = 0,10 м. Приведены формулы вычисления параметров теодолитных ходов (угловой и линейной невязок, длины ходов и числа сторон) и параметров кадастровой съемки (расстояний до межевых знаков).

***Ключевые слова***: земельный участок, площадь, теодолитный ход, засечки.

**RATIONALE FOR THE ACCURACY AND PARAMETERS**

**OF CADASTRAL SURVEYING OF LAND URBANIZED**

**TERRITORIES**

It is shown that the position of landmarks urban land area up to 2 hectares should be determined with errors in relation to the items city geodetic network *mt* = 0,05 m, for sites larger area – *mt* = 0,10 m. Formulas calculate the parameters theodolite moves (angular and linear residuals, stroke lengths and the number of sides) and the parameters of the cadastral survey (distances to landmarks).

***Key words***: land, the area, traverse, resection.

**Актуальность темы.** К числу основных сведений, получаемых в результате геодезических работ по обеспечению кадастра объектов недвижимости, относятся площади земельных участков и объектов недвижимости, расположенных на них. Площади участков и объектов недвижимости, как правило, вычисляются аналитически по координатам поворотных точек их границы. Поэтому их точность и определяет точность вычисления площадей.

Особую значимость вопрос о точности определения положения поворотных точек участков приобретает для урбанизированных территорий, имеющих высокую стоимость земли, особенно в центральных частях городов, и значительные размеры платежей за землю. Кроме того, на территории городов необходимо учитывать наличие значительного числа небольших земельных участков и других связанных с ними объектов недвижимости и, как следствие, – высокую степень их концентрации. Это значит, что для исключения и решения земельных споров необходима высокая точность координат межевых знаков. В настоящее время ошибки на уровне 0,3 м служат основанием судебных разбирательств.

Изложенное обуславливает необходимость обоснования требований к точности определения площадей земельных участков и координат межевых знаков, а также параметров теодолитных ходов и кадастровой съемки с учетом характеристик современных геодезических приборов, используемых на производстве.

**Обоснование необходимой точности определения границ участков.** В основу определения необходимой точности положения межевых знаков положим цену участка, которая определяется по формуле

*С* = *PС*0,

где *Р* – площадь участка; *С*0 – цена 1 м2 земли.

Отсюда относительная средняя квадратическая ошибка стоимости участка

.

Чтобы ошибками определения площади можно было пренебречь, они не должны превышать 1/3 ошибок определения цены 1 м2 земли, т.е.

. (1)

Подставим формулу (1) в известную формулу оценки точности площади участка прямоугольной формы [1, 6]



и найдем среднюю квадратическую ошибку положения межевого знака . В результате получим

.

Здесь *K* – коэффициент вытянутости участка (отношение длины к ширине).

Для участка в форме квадрата (

 (2)

Теперь определимся с относительной ошибкой . В теории продаж считается, что при оплате покупки ошибка в определении ее цены в пределах 0,2-0,3 % остается незамеченной, большие ошибки провоцируют отрицательные эмоции покупателя или полное неприятие цены [2], т.е.  можно принять 1:500-1:330.

В результате приходим к выводу, что относительную ошибку определения площадей городских земельных участков, как это следует из формулы (1), можно принять равной 1:500.

Тогда формула (2) примет вид

 (3)

На основе формулы (3) для участков разной площади подсчитаем требуемые средние квадратические ошибки положения межевых знаков:

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| *P* | 225 м2 | 625 м2 | 2500 м2 | 1 га | 2 га |
| *mt*, м | 0,01 | 0,02 | 0,03 | 0,07 | 0,09 |

Безусловно, определять положение границ участков разной площади с различными ошибками не следует.

Анализ приведенных данных показывает, что положение границ наиболее массовых в пределах городской черты участков площадью до 2 га целесообразно определять с ошибками относительно пунктов городской геодезической сети  м. Для участков большей площади требуемая точность –  м. Для повышения точности определения площадей участков площадью меньше 2500 м2 целесообразно выполнять совместное уравнивание координат межевых знаков и непосредственно измеренных длин линий между межевыми знаками [6].

Величина  включает ошибку  положения точки съемочной сети и  – ошибку геодезической привязки координируемого объекта к точкам хода. Как правило, величина  принимается пренебрежимо малой по сравнению с . Поэтому примем и . На основании этого можно заключить, что точность определения положения точек теодолитных ходов целесообразно принять 0,05 м (для участков площадью до 2 га) и 0,10 м (для участков площадью 2 га и выше) относительно пунктов городской геодезической сети. При этом точность  положения межевых знаков относительно точек съемочной сети должна составлять 0,017 и 0,033 м соответственно. Эти требования, в целом, будут соответствовать требованиям Инструкции по топографической съемке [4] для масштабов съемки 1:500 и 1:1000, которой для застроенных территорий регламентируется предельная средняя ошибка положения точек теодолитных ходов относительно исходных пунктов 0,2 мм. Опираясь на эти данные, выполним обоснование требований к параметрам теодолитных ходов и кадастровой съемки.

**Определение параметров теодолитных ходов.** Будем полагать, что теодолитный ход является вытянутым и имеет примерно равные длины сторон. Задавая среднюю квадратическую ошибку положения точки теодолитного хода и переходя к предельным ошибкам, получим  где  – коэффициент, выбираемый из таблицы функции Лапласа по доверительной вероятности *p*.

Известно, что средняя квадратическая ошибка в слабом месте хода после уравнивания равна половине средней квадратической ошибки в положении конечной точки хода до уравнивания. Исходя из этого, можно заключить, что с вероятностью *p* абсолютная линейная невязка хода должна быть меньше

.

Приведенная формула позволяет устанавливать обоснованный допуск на абсолютную линейную невязку теодолитного хода. При  м и доверительной вероятности 0,96 имеем ,  м.

Для выработки требований к точности измерений длин и углов в ходе воспользуемся соотношением

,

где  – средняя квадратическая абсолютная линейная невязка хода;  – средняя квадратическая поперечная ошибка хода;  – средняя квадратическая продольная ошибка хода.

Очевидно, что

.

Принимая равенство продольных и поперечных ошибок хода, находим

.

Продольная ошибка хода обусловлена ошибками измерений длин сторон

,

где  – число сторон в ходе;  – средняя квадратическая ошибка измерения длин сторон в ходе.

Поперечная ошибка обусловлена погрешностями угловых измерений [5]:

.

Полученные формулы позволяют по заданной длине хода *L* и числу *n* сторон в нем рассчитать необходимую точность измерений длин сторон и углов в ходе и далее допустимую угловую невязку хода:

,

где  – средняя квадратическая ошибка дирекционного угла исходной стороны;  – средняя квадратическая ошибка измерения углов.

Решение обратной задачи: определение по заданной точности измерений углов и длин сторон допустимой длины хода и числа сторон в нем приводит к зависимости

. (4)

Как видно из формулы (4), имея  и задав  и  можно вычислить допустимую длину хода *L* при разном числе сторон *n* или допустимое число сторон в ходах разной длины.

Например, при использовании для проложения теодолитных ходов электронных тахеометров с точностью измерений длин линий  мм и углов  для обеспечения определения средних квадратических ошибок положения точек хода  м (в числителе) и  м (в знаменателе) возможные длины ходов и число сторон в них следующие:

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| *n* | 5 | 10 | 15 | 20 | 25 |
| *L*, км | 3,6/7,2 | 2,8/5,6 | 2,4/4,8 | 2,1/4,2 | 1,9/3,8 |

**Обоснование параметров кадастровой съемки городских объектов недвижимости.** Установим требования к параметрам кадастровой съемки, которая в настоящее время выполняется с точек съемочного обоснования преимущественно способом полярных координат и, реже, угловыми и линейными засечками.

Для способа полярных координат имеем [2]

, (5)

где  – средняя квадратическая ошибка определения расстояний (для современных тахеометров, используемых в практике съемочных работ, примем  мм);  – средняя квадратическая ошибка измерения горизонтальных углов, примем  

Современными исследованиями [5] показано, что ошибка  установки вехи с отражателем на точке составляет 1 см. Таким образом, формула (5) примет вид

,

откуда

. (6)

Подставив в формулу (6) вышеприведенные численные значения ошибок, получим предельное значение расстояния от точки съемочного обоснования до межевых знаков, равное 377 м (для масштаба съемки 1:500) и 914 м (для масштаба съемки 1:1000).

Для случая определения координат межевых знаков прямой угловой засечкой формулу оценки точности угловой засечки [2], с учетом , можно записать так:

,

где *d*1 и *d*2 – расстояния от точек съемочного обоснования до межевых знаков; ϕ – угол засечки, рекомендуется принимать .

Принимая , получим формулу вычисления предельного расстояния между точкой съемочного обоснования и межевым знаком:

.

При  и значениях ошибок, приведенных выше, получим предельное значение расстояния, равное 143 м (для масштаба съемки 1:500) и 328 м (для масштаба съемки 1:1000).

В случае определения координат межевых знаков линейной засечкой формулу оценки точности [2], с учетом , можно записать так:

.

Обозначив относительную ошибку линейных измерений  и принимая *d*1 = *d*2 = *d*, получим

.

Принимая *f* = 1/40000, будем иметь для угла линейной засечки ϕ = 30° предельное значение расстояния, равное 194 м (для масштаба съемки 1:500) и 445 м (для масштаба съемки 1:1000).

Таким образом, при выполнении кадастровых съемок электронными тахеометрами расстояния от точек съемочного обоснования до межевых знаков не должны превышать значений, приведенных в таблице.

**Предельные значения расстояний до межевых знаков, м**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Масштаб  съемки | Ошибка  *mG*, м | Полярный  способ | Угловая  засечка | Линейная  засечка |
| 1:500 | *mG* = 0,017 | 400 | 150 | 200 |
| 1:1000 | *mG* = 0,033 | 900 | 350 | 450 |

**Выводы.** Показано, что на урбанизированной территории положение межевых знаков для участков площадью до 2 га следует определять с ошибками относительно пунктов городской геодезической сети  м. Для участков большей площади требуемая точность –  м. Для повышения точности определения площадей участков площадью меньше 2500 м2 целесообразно выполнять совместное уравнивание координат межевых знаков и непосредственно измеренных длин линий между межевыми знаками.

Получены формулы вычисления допустимых значений угловой невязки и абсолютной линейной невязки теодолитного хода, а также формулы определения точности

измерений длин сторон и углов в ходе по заданной длине хода и числу сторон в нем и обратной задачи – допустимой длины хода при разном числе сторон или допустимое число сторон в ходах разной длины.

Обосновано, что при выполнении кадастровых съемок электронными тахеометрами расстояния от точек съемочного обоснования до межевых знаков не должны превышать значений, приведенных в таблице. Угол засечки при этом не должен быть менее 30° и более 150°.

**ЛИТЕРАТУРА**

1. Геодезические работы при землеустройстве / А.В.Маслов, Г.И.Горохов, Э.М.Ктиторов и др. М.: Недра, 1976. 256 с.

2. Геодезия. Топографические съемки: Справочное пособие / Ю.К.Неумывакин, Е.И.Халугин, П.Н.Кузнецов и др. М.: Недра, 1991. 317 с.

3. *Гладкий* *В*.*И*. Кадастровые работы в городах. Новосибирск: Наука, 1998. 280 с.

4. Инструкция по топографической съемке в масштабах 1:5000, 1:2000, 1:1000, 1:500. М.: Недра, 1985. 160 с.

5. *Неумывакин* *Ю*.*К*. Практикум по геодезии: Учеб. пособие / Ю.К.Неумывакин, А.С.Смирнов. М.: Картгеоцентр-Геодезиздат, 1995. 315 с.

6. Определение площадей земельных участков / В.Н.Баландин, М.Я.Брынь, В.А.Коугия и др. М.: Новости, 2005. 112 с.

**References**

1. *Maslov* *A*.*V*., *Gorokhov G.I*., *Ktitorov E.M*. etc. Geodetic works in land management. Мoscow: Nedra, 1976. 256 p.

2. *Neumyvakin* *J*.*K*., *Halugin E.I*., *Kuznetsov P.N*. etc. Geodesy. Topographic surveys: A Reference Guide. Мoscow: Nedra, 1991. 317 p.

3. *Gladkiy* *V*.*I*. Cadastral works in the cities. Novosibirsk: Nauka, 1998. 280 p.

4. User Survey of the scale of 1:5000, 1:2000, 1:1000, 1:500. Мoscow: Nedra, 1985. 160 р.

5. *Neumyvakin* *J*.*K*., *Smirnov A.S*. Workshop on Geodesy: Study guide. Мoscow: Kartgeotsentr-Geodezizdat, 1995. 315 р.

6. *Balandin* *V*.*N*., *Bryn M.Ya*., *Kougiya V.A*. *etc*. Determination of the area of land. Мoscow: News, 2005. 112 p.