УДК 528:631.164.25

О ТОЧНОСТИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПОЛОЖЕНИЯ КООРДИНАТ ГРАНИЦ ЗЕМЕЛЬНОГО УЧАСТКА ГЕОДЕЗИЧЕСКИМИ МЕТОДАМИ

Марина Викторовна Ванеева, старший преподаватель кафедры мелиорации, водоснабжения и геодезии Сергей Валериевич Ломакин, кандидат экономических наук, доцент кафедры мелиорации, водоснабжения и геодезии

Владимир Дмитриевич Попело, доктор технических наук, профессор кафедры мелиорации, водоснабжения и геодезии

профессор кафедры мелиорации, водоснаожения и геодезии

Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I

DOI: 10.17238/issn2071-2243.2016.1.135

Объектом исследования являются кадастровые данные по местоположению и разделению границ земельных участков. Цель данной работы – изучить качество межевания земель по геодезическим данным. В ходе выполнения работы применялся сравнительный метод. Рассмотрены несоответствия юридических границ земельных участков с фактическим их местоположением в Воронежской и Липецкой областях. Определены все возможные виды кадастровых ошибок при постановке земельного участка на кадастровый учет. Проанализировано влияние грубых и случайных геодезических погрешностей на правильность межевания. Выведены формулы оценки точности определения координат точек границ участков по геодезическим измерениям. Выполнена оценка точности случайных погрешностей опорных ходов разной протяженности, пролагаемых для определения положения границ участков землепользования. Рассматривались хода, в которых угловые и линейные геодезические измерения выполнялись современными точными электронными геодезическими приборами - тахеометрами. Выявлена зависимость качества определения координат точек для межевания земель от сохранности опорных межевых знаков (ОМЗ), точности координат исходных пунктов, протяженности опорных ходов и количества избыточных измерений. Несмотря на качественно выполненные геодезические работы, установлено, что без дополнительных контролей погрешности координат конечного пункта увеличиваются с каждым километром в среднем на 0,08 м, что не соответствует допускам. Рассмотрены методы, позволяющие выполнить необходимый контроль для исключения грубых погрешностей, а также равномерно распределить случайные погрешности при уравнивании результатов геодезических измерений. Предлагаемые методы позволят повысить точность определения координат границ угодий. Даны рекомендации по повышению качества геодезических работ при межевании. Внесены предложения по оформлению документов при постановке на кадастровый учет земельных участков для минимизации кадастровых ошибок.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: геодезические измерения, государственный кадастровый учет, кадастровые ошибки, координаты точек, опорная межевая сеть, оценка точности, межевание.

The object of research was the inventory data on location and division of land boundaries. The objective of this work was to study the quality of the land surveying by geodetic data. In the course of this work the comparative method was used. The authors considered the discrepancies between legal boundaries of land plots with their actual location in Voronezh and Lipetsk Oblasts. All possible kinds of cadastral errors during cadastral registration were determined. The impact of serious and random geodetic errors on the correctness of surveying was analyzed. The authors have determined the formulas of accuracy of defining the land plot boundary coordinates by geodetic measurements and evaluated the accuracy of random errors of reference levels of different length made to determine the positions of land plot boundaries. The authors considered the base levels where linear and angular geodetic measurements were performed using modern precise electronic geodetic devices, i.e. tachymeters. The authors have identified the dependence of quality of determining the coordinate points for land surveying from the preservation of base boundary marks, accuracy of initial coordinate points, length of reference lines and number of excess measurements. Despite the efficient geodetic work it was determined that without additional control the errors of final coordinate point increase (on average by 0.08 m with each kilometer), which does not comply with tolerance limits. The authors have considered the methods that allow providing the necessary control to exclude serious errors and achieving a uniform distribution of random errors while leveling the results of geodetic measurements. The proposed methods allow increasing the accuracy of determination of land boundary coordinates. The authors also give recommendations for increasing the quality of geodetic measurements during land surveying and propose measures of completing the documents for cadastral registration of land plots to minimize cadastral errors. KEY WORDS: geodetic measurements, state cadastral registration, cadastral errors, coordinates of points, basic boundary network, accuracy estimation, land surveying.

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

ри формировании объекта недвижимости проводится его межевание для постановки на государственный кадастровый учет. Как и в любой деятельности человека, при проведении государственного кадастрового учета участков могут возникнуть неточности и ошибки. В процессе постановки на кадастровый учет нормативными документами не регламентируется механизм проверки геодезических построений, определяющих местоположение границ, в результате чего участок может быть поставлен на кадастровый учет с границами, не соответствующими реальной ситуации (рис. 1-3).



Рис. 1. Фрагмент публичной кадастровой карты Воронежской области



Рис. 2. Фрагмент публичной кадастровой карты Липецкой области



Рис. 3. Фрагмент публичной кадастровой карты Воронежской области

При возникновении кадастровой ошибки [5], связанной с наложением на границы соседних земельных участков, кадастровый инженер исправляет допущенную ошибку внесением в свой межевой план новых координат границ затронутых участков и предоставляет его в орган кадастра. Оформляемый участок регистрируется, а соседние территории отодвигаются.

Иногда встречаются ситуации, когда вновь полученные границы участков являются более точными по отношению к ранее поставленным на кадастровый учет, при этом на карте пересекаются их границы, в связи с чем отклоняются при регистрации как кадастровая ошибка. Такие ситуации разрешаются только в судебном порядке и несут дополнительные расходы для собственника на юридические услуги. Признание кадастрового плана участка землепользования, ранее поставленного на учет, недействительным и внесение изменений в части установленных границ по решению суда обходится собственникам в значительные суммы, а тяжбы из-за границ между соседями могут продолжаться годами.

Поэтому остро стоит вопрос о контроле качества и оценки точности определения координат характерных точек границ земельного участка, контуров зданий и сооружений с целью минимизации кадастровых ошибок.

Разделяют два основных вида ошибок: технические и кадастровые [5].

Технические ошибки – это описки, опечатки, грамматические или арифметические ошибки, которые могут возникнуть при переносе данных об участке по вине сотрудников органа, выполняющего кадастровый учет, их исправить очень легко путем сверки данных [11].

Второй вид – кадастровые ошибки, наиболее распространенными из которых являются ошибки, связанные с несоответствием координат границ участка их фактическому местоположению.

Такие ошибки чаще всего происходят из-за:

- использования устаревшего оборудования;
- ошибок опорной межевой сети в местной системе координат [1, 8, 10];

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

- неточности исходных данных вследствие утери опорных межевых знаков (OM3), восстановленных по крокам;
- получения данных по морально устаревшим картографическим материалам и сведениям о смежных участках, поставленных ранее на учет без выезда на местность;
- приоритетного использования ранее установленных границ, зачастую определённых неверно [1] (см. рис. 1 и 2, на которых видно, что новые участки поставлены на учет с приоритетом старых границ участков, а это привело к значительным искажениям границ последующих участков);
 - низкой квалификации кадастровых инженеров;
 - невнимательности кадастрового инженера;
- грубых и случайных погрешностей, неизбежно возникающих при геодезических измерениях.

Кадастровая ошибка не возникает в случае несоответствия границ участка фактическим, когда он регистрируется не примыкая к соседним участкам (рис. 1 и 3) [8]. На рисунках наглядно видны отмеченные юридические границы, проходящие не по меже и режущие постройки отдельно отстоящих участков № 6, 7, 11, 22, 102, поставленных на кадастровый учет, явно не совпадающие с фактическими.

В соответствии с инструкцией по межеванию и закону «О государственном кадастре недвижимости» [3, 6] координаты границ земельного участка должны определяться с точностью 0,10-0,20 м на застроенных территориях или других значений в зависимости от категории земель.

Рассмотрим влияние грубых и случайных погрешностей на определение координат границ земельного участка для составления межевых планов на основании геодезических измерений, выполняемых от исходных опорных пунктов. Исходные геодезические пункты находятся в малом количестве и, как правило, на удалении от снимаемого участка, что не позволяет выполнить съемку непосредственно с них. Поэтому координаты границ участков определяются методом линейно-угловой засечки с пунктов опорного теодолитного хода, проложенного от пунктов государственной геодезической сети или опорной межевой сети. Протяженность такого хода может составлять от одного до нескольких километров, при этом зачастую прокладывают висячие хода, не имеющие контроля измерений. Вследствие этого даже кадастровые инженеры, имеющие высокую квалификацию и выполняющие измерения добросовестно, не застрахованы от ошибок.

В этих условиях даже при малых расстояниях погрешности могут быть значительными, выявить их можно только при наличии избыточных измерений, поэтому необходима привязка обоих концов опорных теодолитных ходов [13], которые исключат появление грубых ошибок.

Выполнена оценка точности случайных погрешностей ходов разной протяженности с применением современных точных электронных приборов тахеометров с точностью измерения углов 1"-5", расстояний (2 мм + 2 $\rm D km$) мм [12] по формулам определения координат $\rm x$ и $\rm y$:

$$x = x_0 + \sum_{i=1}^{N} (x_i + S_i \cos \theta_i \cos \alpha_i) ; \qquad (1)$$

$$y = y_0 + \sum_{i=1}^{N} (y_i + S_i \cos \theta_i \sin \alpha_i) . \qquad (2)$$

Тогда σ_x^2 – погрешность координаты X и σ_y^2 – погрешность координаты Y пункта опорного теодолитного хода, состоящего из N сторон, и определяются по формулам (2), (7), (8):

$$\sigma_{x}^{2} = \sigma_{x_{0}}^{2} + \sum_{i=1}^{N} (\sigma_{x_{i}}^{2} + \cos^{2}\theta_{i}\cos^{2}\alpha_{i} \cdot \sigma_{S_{i}}^{2} + S_{i}^{2}\sin^{2}\theta_{i}\cos^{2}\alpha_{i} \cdot \sigma_{\theta_{i}}^{2} + S_{i}^{2}\cos^{2}\theta_{i}\sin^{2}\alpha_{i} \cdot \sigma_{\alpha_{i}}^{2}), \quad (3)$$

$$\sigma_{y}^{2} = \sigma_{y_{0}}^{2} + \sum_{i=1}^{N} (\sigma_{y_{i}}^{2} + \cos^{2}\theta_{i} \sin^{2}\alpha_{i} \cdot \sigma_{S_{i}}^{2} + S_{i}^{2} \sin^{2}\theta_{i} \sin^{2}\alpha_{i} \cdot \sigma_{\theta_{i}}^{2} + S_{i}^{2} \cos^{2}\theta_{i} \cos^{2}\alpha_{i} \cdot \sigma_{\alpha_{i}}^{2}), \quad (4)$$

$$\sigma_x^2 + \sigma_y^2 = \sigma_{x_0}^2 + \sigma_{y_0}^2 + \sum_{i=1}^N (\sigma_{x_i}^2 + \sigma_{y_i}^2 + \cos^2 \theta_i \cdot \sigma_{S_i}^2 + S_i^2 \sin^2 \theta_i \cdot \sigma_{\theta_i}^2 + S_i^2 \cos^2 \theta_i \cdot \sigma_{\alpha_i}^2).$$
 (5)

Пусть погрешности измеряемых углов $\sigma_{\theta_i}^2 = \sigma_{\alpha_i}^2 = \sigma_{\varphi}^2$, тогда формула (5) примет вид

$$\begin{split} \sigma_x^2 + \sigma_y^2 &= \sigma_{x_0}^2 + \sigma_{y_0}^2 + \sum_{i=1}^N (\sigma_{x_i}^2 + \sigma_{y_i}^2) + \sum_{i=1}^N \cos^2\theta_i \cdot \sigma_{S_i}^2 + \sigma_{\varphi}^2 \sum_{i=1}^N S_i^2 \;. \end{split}$$
 Если $\sigma_{x_i}^2 + \sigma_{y_i}^2 = \sigma_{\rho_i}^2 = \sigma_{\rho}^2 \;, \; \sigma_{x_0}^2 + \sigma_{y_0}^2 = \sigma_{\rho_0}^2 \;, \; \sigma_x^2 + \sigma_y^2 = \sigma_r^2 \;, \; \text{то} \\ \sigma_r^2 &= \sigma_{\rho_0}^2 + N\sigma_{\rho}^2 + \sum_{i=1}^N \cos^2\theta_i \cdot \sigma_{S_i}^2 + \sigma_{\varphi}^2 \sum_{i=1}^N S_i^2 \;. \end{split}$

Пусть $\sigma_{S_i}^2 = (0.001 \cdot S_i)^2 \sigma_{S_0}^2$, тогда

$$\sigma_r^2 = \sigma_{\rho_0}^2 + N\sigma_{\rho}^2 + 10^{-6}\sigma_{S_0}^2 \sum_{i=1}^N \cos^2 \theta_i \cdot S_i^2 + \sigma_{\varphi}^2 \sum_{i=1}^N S_i^2,$$

если же $\cos \theta_i \sim 1$, то

$$\sigma_r^2 = \sigma_{\rho_0}^2 + N\sigma_{\rho}^2 + (\sigma_{\varphi}^2 + 10^{-6}\sigma_{S_0}^2) \sum_{i=1}^N S_i^2.$$
 (6)

Обратим внимание на то, что множитель 10^{-6} имеет размерность [m^{-2}].

Если погрешность измерения дальности не зависит от длины дистанции, то есть $\sigma_{S_i}^2 = \sigma_{S_0}^2$, то выражение (6) для погрешности измерения координат примет вид

$$\sigma_r^2 = \sigma_{\rho_0}^2 + N\sigma_{\rho}^2 + \sigma_{S_0}^2 \sum_{i=1}^N \cos^2 \theta_i + \sigma_{\varphi}^2 \sum_{i=1}^N S_i^2 \text{ или (при } \cos \theta_i \sim 1)$$

$$\sigma_r^2 = \sigma_{\rho_0}^2 + N(\sigma_{\rho}^2 + \sigma_{S_0}^2) + \sigma_{\varphi}^2 \sum_{i=1}^N S_i^2 , \qquad (7)$$

где σ_r^2 – погрешность координат точек границ участков;

 σ_{ρ}^{2} – погрешность координат пунктов опорного теодолитного хода;

 $\sigma_{
ho_0}^2$ – погрешность координат исходных пунктов.

Как видно из формулы (7) и результатов вычислений, на точность определения координат земельных участков в значительной степени влияют:

- точность координат исходных пунктов σ_{ρ}^2 , $\sigma_{\rho_0}^2$ и плохая сохранность ОМЗ, т.е. ошибки исходных данных;
 - N протяженность опорного хода.

При среднеквадратической погрешности координат исходного пункта 0,10 м в ходах большой протяженности и с большим количеством углов поворота погрешность координат исходного пункта 0,10 м в ходах большой протяженности и с большим количеством углов поворота погрешность координат исходного пункта 0,10 м в ходах большой протяженности и с большим количеством углов поворота погрешности координат исходного пункта 0,10 м в ходах большой протяженности и с большим количеством углов поворота погрешности координат исходного пункта 0,10 м в ходах большой протяженности и с большом количеством углов поворота погрешности координат исходного пункта 0,10 м в ходах большой протяженности и с большом количеством углов поворота погрешность координат исходного пункта 0,10 м в ходах большом количеством углов поворота погрешность координат исходного пункта 0,10 м в ходах большом количеством углов поворота погрешность координат исходного пункта 0,10 м в ходах большом количеством углов поворота погрешность координат и с большом количеством углов поворота погрешность и с количеством углов по количеством углов и количеством углов по количеством углов и количеством угл

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

динат конечного пункта увеличивается и накапливается [8, 13], если разность погрешностей в ходах 1 и 2 км составляет 1,2 раза, т.е. погрешности $\sigma_{\rho}^2 = 0,15$ м и 0,18 м соответственно, то при увеличение хода до 4-5 км погрешности увеличиваются в 2 раза — до 0,40 м. В случае если приходится прокладывать опорный ход до 20 км, накопительная среднеквадратическая погрешность составит 5 м, что недопустимо. Проанализировав результаты вычислений, получим, что погрешности увеличиваются с каждым километром в среднем на 0,08 м. Случайная погрешность определения границ участка с точек опорного хода при длине луча 100-150 м незначительна — порядка нескольких мм, однако часто возникают грубые погрешности, которые остаются без контроля.

Из вышесказанного следует, что в геодезическом отношении ошибки опорного хода в значительной степени влияют на точность межевого плана, поэтому необходимо повысить точность опорных ходов.

Как правило, вблизи территории межевания находится один исходный пункт и одно исходное направление для привязки опорного хода. Для повышения точности необходимы избыточные измерения. Одним из таких методов является микротриангуляция, состоящая из сети небольших треугольников с измеренными углами. Это позволит выполнить уравнивание углов и координат. Однако при межевании застроенной территории не всегда может быть видимость для построения треугольников необходимой конфигурации. Поэтому, особенно при больших протяженностях опорных ходов, необходимо повысить точность хода до полигонометрии 4-го класса. Так, при наличии одного исходного пункта необходимо прокладывать замкнутые хода. Если нет такой возможности, то замкнутым ходом могут считаться повторные измерения в прямом и обратном направлении на точках хода, с замыканием на начальный исходный пункт. Идеальным вариантом будет, если вблизи земельного участка имеются два исходных пункта с возможностью проложить между ними разомкнутые хода.

Перечисленные методы позволяют выполнить необходимый контроль для исключения грубых погрешностей, а также равномерно распределить случайные погрешности при уравнивании результатов геодезических измерений. Для исключения грубых погрешностей определения координат точек непосредственно границ участков необходимо выполнять избыточные измерения. Координаты этих точек рекомендуется определять как минимум дважды с двух разных опорных пунктов.

Альтернативой классическим неземным геодезическим измерениям являются относительные спутниковые методы, однако для получения заданной точности наблюдения необходимо производить с каждой граничной точки участка в течение одного или двух часов, а базовая станция должна находиться в радиусе 20 км. Необходимо также учесть, что измерения относительно одной базовой станции могут привести к погрешностям сдвига или разворота координатных осей. Чтобы не допустить подобные неточности, следует использовать две базовые станции.

Для исключения кадастровых ошибок предлагается при подписании документов собственнику предоставлять не простую схему участка с площадями без отображения соседних территорий, а фотоплан (в т.ч. на основе космической съемки), на котором в соответствии с полученными координатами наносятся границы участка. Согласованный с владельцем фотоплан должен быть обязательным элементом межевого дела. Для построения плана участка необходимо реализовать возможность временного размещения на публичной кадастровой карте границ землепользования в координатах МСК, полученных в ходе межевания, с возможностью печати соответствующего фрагмента [4, 9, 14].

Список литературы

- 1. Алакоз В.В. Кадастровый недострой, или 7 грехов кадастра (кадастр недвижимости: проблемы и ожидания граждан, юридических лиц, муниципальных образований) / В.В. Алакоз // Землеустройство, кадастр и мониторинг земель. 2013. № 1. С. 29-35.
- 2. Большаков В.Д. Теория ошибок наблюдений : учебник для вузов / В.Д. Большаков. 2-е изд., перераб. и доп. Москва : Недра, 1983. 223 с.
- 3. Инструкция по межеванию земель. Утверждена Комитетом Российской Федерации по земельным ресурсам и землеустройству 8 апреля 1996 г. Москва : Роскомзем, 1996. 14 с.
- 4. Макаренко С.А. Создание электронных карт / С.А. Макаренко // Развитие аграрного сектора экономики в условиях глобализации : мат. международной науч.-практ. конф. Воронеж : ВГАУ, 2013. С. 87-94.
- 5. О государственном кадастре недвижимости : федеральный закон от 24.07.2007 г. № 221-Ф3 [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.consultant.ru/document/ cons_doc_LAW_70088/ (дата обращения: 17.01.2016).
- 6. О требованиях к точности и методам определения координат характерных точек границ земельного участка, а также контура здания, сооружения или объекта незавершенного строительства на земельном участке: Приказ Министерства экономического развития Российской Федерации (Минэкономразвития России) от 17 августа 2012 г. № 518 г. [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_70088/ (дата обращения: 16.01.2016).
- 7. Попело В.Д. Обоснование класса точности оптимальных алгоритмов построения оценок результатов геодезических измерений, имеющих неодинаковые точность и значимость / В.Д. Попело, М.В. Ванеева // Мелиорация, водоснабжение и геодезия: мат. межвузовской науч.-практ. конференции. Воронеж: ВГАУ, 2014. С. 94-98.
- 8. Попело В.Д. Теория математической обработки геодезических измерений. Часть І. Математические и метрологические основы обработки геодезических измерений. Оценивание результатов изменений с позиций детерминированного подхода : учеб. пособие / В.Д. Попело, М.В. Ванеева. Воронеж : ВГАУ, 2012. 138 с.
- 9. Публичная кадастровая карта Воронежской области [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://maps.rosreestr.ru/
- 10. Современные проблемы кадастра и мониторинга земель : учеб. пособие / А.А. Харитонов, С.С. Викин, Е.Ю. Колбнева, Н.В. Ершова, М.А. Жукова, Е.В. Панин, В.Д. Постолов. Воронеж : ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ, 2015. 243 с.
- 11. Харитонов А.А. Межевание земель : учеб. пособие / А.А. Харитонов, Е.В. Панин, И.В. Яурова. Воронеж : ФГОУ ВПО Воронежский ГАУ. 2010. 225 с.
- 12. Черемисинов А.Ю. Конспект лекций по курсу «Автоматизация геодезических работ» / сост.: А.Ю. Черемисинов, М.В. Ванеева. Воронеж: ВГАУ, 2012. 56 с.
- 13. Черемисинов А.Ю. Опыт агроресурсопользования в ЦЧР / А.Ю. Черемисинов, А.А. Черемисинов // Вестник учебнометодического объединения по образованию в области природообустройства и водопользования. 2010. № 2. С. 236-241.
- 14. Черемисинов А.Ю. Роль рекреационных ландшафтов в развитии техносферы: Серия: Природообустройство: монография / А.Ю. Черемисинов, В.Н. Жердев, А.А. Черемисинов. Воронеж : ВГАУ, 2014. 307 с.