

УДК 528.4

ДОСЛІДЖЕННЯ ТОЧНОСТІ ВИЗНАЧЕННЯ МЕЖ ЗЕМЕЛЬНИХ ДІЛЯНОК ПРИ ІНВЕНТАРИЗАЦІЇ ЗЕМЕЛЬ

М. М. Дутчин, Т. Ю. Грицюк, І. В. Біда

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу
вул. Карпатська, 15, м. Івано-Франківськ, 76000, Україна. E-mail: tetyanagrytsuyk35@gmail.com

Розглянуто питання точності визначення меж земельних ділянок при кадастрових зйомках та інвентаризації земель населених пунктів. Запропоновані формули для розрахунку допустимих величин похибок планового положення межових знаків на основі вимог чинних нормативно-правових документів та законодавчих актів щодо точності визначення площ земельних ділянок. При цьому враховувався розмір земельної ділянки, її форма (видовженість), щільність знімання контуру ділянки. Особливо це стосується земельних ділянок несільськогосподарського призначення невеликих розмірів (100-1000 кв.м), як найбільш поширених для розміщення багатьох видів підприємницької діяльності у містах республіканського і обласного підпорядкування. Встановлено, що для земельних ділянок, розміром 100-1000 кв.м величина похибки положення межових знаків не повинна перевищувати 1-3 см (без врахування пунктів знімальної основи), що потребує відповідного підвищення точності геодезичних вимірювань.

Ключові слова: земельна ділянка, площа, межовий знак, точність, інвентаризація.

ИССЛЕДОВАНИЕ ТОЧНОСТИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ГРАНИЦ ЗЕМЕЛЬНЫХ УЧАСТКОВ ПРИ ИНВЕНТАРИЗАЦИИ ЗЕМЕЛЬ

М. П. Дутчин, Т. Ю. Грицюк, И. В. Бида

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу
ул. Карпатская, 15, г. Івано-Франківськ, 76000, Україна. E-mail: tetyanagrytsuyk35@gmail.com

Рассмотрены вопросы точности определения границ и площадей земельных участков при кадастровых съемках и инвентаризации земель населенных пунктов. Предложены формулы для расчёта допустимых величин погрешностей планового положения межевых знаков на основе требований действующих нормативно-правовых документов и законодательных актов для точности определения площадей земельных участков. При этом учитывался размер земельного участка, его форма (вытянутость), плотность съема контура участка. Особенно это касается земельных участков несельскохозяйственного назначения небольших размеров (100-1000 кв. м), как наиболее распространенных для размещения многих видов предпринимательской деятельности в городах республиканского и областного подчинения. Установлено, что для земельных участков, размером 100-1000 кв.м величина погрешности положения межевого знака не должна превышать 1-3 см, что требует соответствующего повышения точности геодезических измерений.

Ключевые слова: земельный участок, площадь, межевой знак, точность, инвентаризация.

АКТУАЛЬНІСТЬ РОБОТИ. Достовірність інформації про землю нерозривно пов'язана з точністю визначення площ. Площа є ключовим атрибутом відображення об'єктів з обліку земельних ділянок, нерухомого майна, ґрунтових різновидів тощо.

З появою великої кількості суб'єктів земельних відносин у незалежній Україні та запровадженням у майбутньому ринку земель гостро постало питання отримання точної інформації про розміри земельних ділянок з економічного підходу.

В одному і тому ж населеному пункті вартість 1 кв. м земельної ділянки залежно від її розташування і функціонального призначення може змінюватись у досить широких межах.

Відносно ціни землі будуть зростати і вимоги до точності визначення площ земельних ділянок, а, отже, і до точності відображення їх меж.

Таким чином, питання необхідної і достатньої точності визначення меж та площ земельних ділянок в процесі кадастрових знімачів та інвентаризації земель населених пунктів набувають важливого значення.

В даний час в Україні основними чинними нормативно-правовими документами, що стосуються точності визначення площ земельних ділянок та координат межових знаків є: «Положення про земельно-кадастрову інвентаризацію земель населених

пунктів» від 26.08.1997 р. № 85, «Інструкція про встановлення (відновлення) меж земельних ділянок в натурі (на місцевості) та закріплення їх межовими знаками» від 18.05.2010 р. № 376 із змінами та доповненнями від 25.02.2011 р. № 117, «Керівний технічний матеріал з інвентаризації земель населених пунктів (наземні методи)» від 02.02.1993р. № 6, «Порядок проведення інвентаризації земель» від 23.05.2016 р. № 513.

Положення про земельно-кадастрову інвентаризацію земель населених пунктів є нормативно-правовим документом, який встановлює основні вимоги до виконання робіт із земельно-кадастрової інвентаризації земель населених пунктів (міст, селищ, сіл) як невід'ємної частини вхідної інформації для ведення Державного земельного кадастру. У цьому документі, зокрема, зазначається, що для забезпечення необхідної точності відображення прийнятої облікової одиниці площі гранична похибка точок знімального обґрунтування і межових знаків відносно найближчих пунктів державної геодезичної мережі не повинна перевищувати 0,10 м у містах республіканського і обласного підпорядкування. Такою обліковою одиницею у вказаних населених пунктах є 1 кв. м. На основі цього масштаб створення земельно-кадастрових планів рекомендується приймати 1:500.

Такі ж допуски наведені і в Порядку проведення інвентаризації земель від 23.05.2016 р. № 513.

Відповідно до Інструкції про встановлення (відновлення) меж земельних ділянок в натурі (на місцевості) та закріплення їх межовими знаками» від 18.05.2010 р. № 376 із змінами та доповненнями від 25.02.2011 р. № 117 середня квадратична похибка місцезнаходження межового знака відносно найближчих пунктів державної геодезичної мережі, геодезичних мереж згущення, міських геодезичних мереж не повинна перевищувати у м. Києві, містах – обласних центрах та містах обласного підпорядкування 0,10 м.

В керівному технічному матеріалі з інвентаризації земель населених пунктів (наземні методи)» від 02.02.1993р. № 6 зазначається, що відносна похибка визначення площі земельної ділянки не повинна перевищувати 1/1000. Крім того, абсолютні граничні похибки визначення площі земельної ділянки не повинні перевищувати для земельних ділянок площею: до 0,10 га – 1 кв. м; від 0,10 га до 1,0 га – 10 кв.м; від 1,0 га до 10 га – 50 кв. м.

В інших нормативно-правових документах такі допуски не приводяться.

У відповідності з наведеними нормативними документами, точність визначення площі і положення межових знаків земельної ділянки залежать від її розташування в межах різних адміністративно-територіальних утворень.

Однак, в даних документах наявні суттєві розбіжності щодо граничної і середньої квадратичної похибки планового положення межових знаків земельних ділянок. Гранична похибка положення межових знаків (0,10 м) у містах республіканського і обласного підпорядкування, основана, очевидно на граничній точності масштабу 1:500. Масштаб знімання є вихідним параметром, як для точності планів, так і для точності визначення площ. В даний час, як відомо, точність відображення кадастрових об'єктів на електронних (цифрових) планах і картах не залежить від точності масштабу, а від точності знімання і введення даних оператором.

Питанням оцінки точності визначення площ земельних ділянок і координат межових знаків присвячена значна кількість праць у періодичних наукових виданнях.

У роботах [1, 2, 3] запропонована технологія геодезичних вимірів в умовах несущільної інвентаризації земель населених пунктів, яка полягає у подвійному визначенні координат пунктів повороту меж. Наведені граничні і середні квадратичні похибки визначення площ для різних за розмірами ділянок, які мають форму квадрата і прямокутника з різною видовженістю. Встановлені граничні похибки у значенні площі ділянки за результатами її подвійного обчислення залежно від адміністративно-територіального поділу, з врахуванням розміру, форми, точності і щільності знімання контуру. Наведено допуски на визначення площ земельних ділянок на кадастрових картах залежно від їх масштабу.

Вплив економічних чинників на точність геодезичних вимірювань при кадастрових зніманнях розглянуто в роботі [4]. Встановлені вартісні значення

похибок визначення площ за методикою грошової оцінки земель населених пунктів. Враховуючи розрахункову вартість похибки в значенні площ земельних ділянок, регламентованої нормативними документами, визначено необхідну точність положення межових знаків.

У зв'язку із значними коливаннями вартості земельних ділянок точність визначення площ у роботі [5] пропонується визначати у два етапи: 1). при технічному проектуванні; 2). після проведення польових робіт. Наведена методика дає можливість змінювати вимоги до точності і розмірів вихідних параметрів формули оцінки точності визначення координат кутів повороту меж.

Питання точності геодезичної основи для створення кадастрових планів і надійного визначення площ землеволодінь розглянуті у роботі [6]. Розрахунками доведено, що така основа за точністю повинна відповідати полігонометрії 1 та 2 розрядів.

Стан і проблеми визначення площ територій розглянуто у роботі [7]. Авторами запропоновано класифікацію земель за величиною їх площі і класифікацію методів визначення площ за інструментальними засобами та за видом редукування земель на поверхню відносності. Обґрунтовано і запропоновано строгі високоточні математичні методи визначення та оцінювання точності площ земель за координатами вершин контурів як ортогональних проєкцій на горизонтальну площину, на площині картографічних проєкцій та проєкцій на поверхню еліпсоїда.

У роботі [8] наведено результати дослідження впливу розміру прямокутної земельної ділянки з чотирма кутами поворотів і площею до 0,10 га на величину середньої квадратичної похибки площі.

У роботі [9] автори дослідили вплив інструктивних значень середніх квадратичних похибок визначення координат межових знаків на середню квадратичну похибку визначення площі земельних ділянок, що знаходяться за межами населених пунктів. Земельні ділянки було взято прямокутної форми площею від 0,12 до 20 га. Відстань між межовими знаками не перевищувала 200 м.

Відносну точність (за умови безпохибковості пунктів геодезичної мережі) обчислення площі геометричної фігури на основі середніх похибок координат вершин розглянуто у роботі [10]. Подано також спосіб визначення величини допустимих відхилень дворазового обчислення площі кадастрових та інших об'єктів за координатами вершин їхніх меж, визначених за результатами двох вимірювань однакової точності.

В роботі [11] показано, що для великих міст, де відносно висока вартість земельних ділянок положення меж ділянок площею до 2 га доцільно визначати відносно пунктів міської геодезичної мережі з середньою квадратичною похибкою, рівною 5 см.

Методику визначення середніх квадратичних похибок координат точок теодолітного ходу, обчисленого в прямому та зворотному напрямках запропоновано в [12]. На основі цих результатів виконано оцінку точності визначення площі земельних ділянок.

В роботі [13] наведено результати досліджень середніх квадратичних похибок визначення площ земельних ділянок в залежності від їх розмірів і коефіцієнтів видовженості. Використовуючи отримані дані, виконана апроксимація середніх квадратичних похибок площ в інтервалах 0,1-1,0 га; 1-10 га і 10-100 га квадратичною функцією і її оцінка точності. Встановлені формули апроксимованих функцій дозволяють обчислювати допустимі середні квадратичні похибки площ земельних ділянок за різними середніми квадратичними похибками положення кутів поворотів меж земельних ділянок.

Питання оцінки точності побудови цифрової моделі рельєфу (ЦМР) і її впливу на визначення площі земельної ділянки розглянуті в роботі [14]. Вказується, що під час використання матеріалів космічного знімання та ортофотокарт можливі певні втрати в нормативній оцінці земельних ділянок з огляду на різницю площі фізичної поверхні та визначеної з ортогональної проекції. При цьому необхідно враховувати, що за матеріалами космічного знімання не можна побудувати ЦМР з високою точністю через велику висоту знімання (400-600 км і більше).

В роботі [15] розглядаються питання точності визначення площ за матеріалами космознімання та економічної доцільності використання таких матеріалів. Розглядаються можливості підвищення точності визначення площ земельних ділянок з опрацюванням їх у Auto Cad. Вказується, що точність визначення площ можна підвищити за допомогою трансформування зображення за відповідною методикою.

Результати досліджень впливу на оцінку точності визначення площі прямокутної ділянки її форми, орієнтування, кількості контурних точок і кореляційних залежностей між похибками визначення координат цих точок висвітлені в роботі [16]. Вказується, що форма ділянки має суттєвий вплив на точність визначення площі як строгим, так і наближеними методами. Орієнтування ділянки на точність визначення площі не впливає.

В роботі [17] наведено результати досліджень впливу коефіцієнта кореляції на обчислення середніх квадратичних похибок площ земельних ділянок. Вказується, що визначити коефіцієнт кореляції між координатами точок кутів поворотів межі земельної ділянки практично неможливо. Пропонується під час обчислення середньої квадратичної похибки площі земельної ділянки коефіцієнт кореляції не враховувати.

Детальний аналіз точності обчислення площі за координатами подано в [18]. У дослідженнях застосовано відому формулу оцінки точності визначення площі земельної ділянки, зважаючи на середні похибки координат, виражених через похибки положень пунктів. Вказані похибки характеризують точність сучасних геодезичних, супутникових і фотogramетричних вимірювань або відповідають вимогам положень у галузі обліку ґрунтів і будівель (Польща).

Так, наприклад, у постанові у справі обліку ґрунтів і будівель (Польща) [19] вказується, що площа облікової ділянки визначається в гектарах з точністю до 0,0001.

Точність запису площ в Канаді регламентується в залежності від величини площі [10].

В роботах [20, 21] розглянуті питання точності визначення планового положення пунктів знімальної основи і межових знаків земельних ділянок у містах республіканського і обласного підпорядкування.

У наведених роботах точність визначення площ земельних ділянок пов'язують, головним чином, з розмірами і формою ділянки, адміністративно-територіальним поділом, економічними чинниками, масштабом планово-картографічних матеріалів, цільовим призначенням.

В переважній більшості наукових праць при оцінці точності положення межових знаків не приділено належної уваги допускам на точність визначення площ земельних ділянок, регламентованих нормативно-правовими актами.

Мета роботи. Дослідження точності планового положення межових знаків земельних ділянок для забезпечення необхідної точності визначення їх площ у містах республіканського і обласного підпорядкування.

МАТЕРІАЛ І РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ. Оцінка точності визначення площі земельної ділянки є складною багатофакторною задачею, розв'язання якої постійно розвивається та вдосконалюється.

Як відомо [20, 22], точність визначення площі земельної ділянки залежить, в основному, від її розміру і форми, щільності знімання точок контуру ділянки, точності визначення планового положення межових знаків.

Середню квадратичну похибку m_p площі земельної ділянки в загальному вигляді можна виразити функцією:

$$m_p = f(P, m_t, k, n), \quad (1)$$

де P – площа земельної ділянки;

m_t – середня квадратична похибка положення межових знаків відносно найближчих пунктів геодезичної основи;

k – коефіцієнт видовженості ділянки;

n – кількість контурних точок.

Якщо координати кутів повороту земельної ділянки отримані в результаті урівнювання полігонометричних ходів параметричним способом, похибку визначення площі можна розрахувати за формулою [16]:

$$m_p = \mu \sqrt{F^T Q F}, \quad (2)$$

де μ – похибка одиниці ваги;

F – вектор-стовпчик коефіцієнтів вагових функцій;

Q – матриця вагових коефіцієнтів.

На практиці отримання такої матриці не завжди можливо, тому оцінку точності визначення площі досить часто виконують за наближеною формулою [16]:

$$m_p = \frac{1}{2\sqrt{2}} \sqrt{\sum_{i=1}^n (D_i * m_{t_i})^2}, \quad (3)$$

де D_i – відстань між точками $(i - 1)$ і $(i + 1)$.

При $m_{t_1} = m_{t_2} = \dots = m_t$, формулу (3) записують у вигляді [18]:

$$m_p = \frac{m_t}{2\sqrt{2}} \sqrt{\sum_{i=1}^n D_i^2}. \quad (4)$$

Для земельних ділянок близьких до прямокутної форми (при $n = 4$), як найбільш поширених при ринкових операціях із землею, середню квадратичну похибку можна розрахувати за спрощеною формулою:

$$m_p = m_t \sqrt{P} \sqrt{(1+k^2)/2k}. \quad (5)$$

Результати розрахунку середньої квадратичної і відносної похибок визначення площі земельних ділянок (при регламентованій граничній похибці $m_t = 0,10$ м) наведено у табл. 1.

Таблиця 1 – середні квадратичні і відносні похибки визначення площі земельної ділянки (при $m_t = 0,10$ м)

Площа P, м ²	k=1		k=2		k=3		k=4		k=5	
	$\frac{m_p}{m^2}$	$\frac{m_p}{P}$	$\frac{m_p}{m^2}$	$\frac{m_p}{P}$	$\frac{m_p}{m^2}$	$\frac{m_p}{P}$	$\frac{m_p}{m^2}$	$\frac{m_p}{P}$	$\frac{m_p}{m^2}$	$\frac{m_p}{P}$
100	1,00	1/100	1,12	1/89	1,29	1/77	1,46	1/68	1,61	1/62
200	1,41	1/142	1,58	1/126	1,83	1/109	2,06	1/97	2,28	1/88
300	1,73	1/173	1,94	1/154	2,24	1/133	2,52	1/119	2,79	1/107
400	2,00	1/200	2,24	1/178	2,58	1/155	2,92	1/137	3,22	1/124
500	2,24	1/223	2,50	1/200	2,89	1/173	3,26	1/153	3,61	1/138
600	2,45	1/245	2,74	1/219	3,16	1/190	3,57	1/168	3,95	1/152
700	2,65	1/264	2,96	1/236	3,42	1/204	3,86	1/181	4,27	1/164
800	2,83	1/283	3,16	1/253	3,65	1/219	4,12	1/194	4,56	1/175
900	3,00	1/300	3,35	1/268	3,87	1/232	4,37	1/206	4,84	1/186
1 000	3,16	1/316	3,54	1/282	4,08	1/245	4,61	1/217	5,10	1/196
5 000	7,07	1/707	7,91	1/632	9,13	1/547	10,31	1/485	11,40	1/438
10000	10,00	1/1000	11,18	1/894	12,91	1/774	14,58	1/686	16,12	1/620

Як видно із табл. 1, при граничній похибці положення межових знаків ($m_t = 0,10$ м) не забезпечується необхідна точність визначення площ земельних ділянок ($m_p \leq 1$ м² і $\frac{m_p}{P} \leq \frac{1}{1000}$), регламентована чинними нормативними документами.

Мінімальні розміри площі земельних ділянок P_{min} (при $m_t = 0,10$ м), для яких буде забезпечуватись допуск $\frac{m_p}{P} = 1/1000$ в залежності від k можна розрахувати за формулою [21]:

$$P_{min} = [(1+k^2)/2k] * 10^4. \quad (6)$$

Так, наприклад, за формулою (6) будемо мати

- При k=1 $P_{min} = 1,00$ га;
- При k=2 $P_{min} = 1,25$ га;
- При k=3 $P_{min} = 1,67$ га;
- При k=4 $P_{min} = 2,13$ га;
- При k=5 $P_{min} = 2,60$ га;

Але, при цьому, середня квадратична похибка визначення площі m_p буде значно переважати величину 1 м².

Середня квадратична похибка положення межових знаків із формули (5) буде:

$$m_t = \frac{m}{\sqrt{P} \sqrt{(1+k^2)/2k}}, \quad (7)$$

При $\frac{m_p}{P} = 1/1000$ формула (7) набуває вигляду [20]:

$$m_t = \frac{\sqrt{P}}{\sqrt{\frac{1+k^2}{2k} * 10^3}}. \quad (8)$$

Величини середніх квадратичних похибок m_t , розрахованих за формулою (8), наведено в табл. 2.

Як видно із табл. 2, точність положення межових знаків m_t зменшується із збільшенням площі земельної ділянки.

Значення величин середніх квадратичних похибок m_t , розрахованих за формулою (8), забезпечать нормативну точність визначення площ земельних ділянок, розміром $P \leq 1000$ м² (при $m_p \leq 1$ м²; $\frac{m_p}{P} = \frac{1}{1000}$).

Ділянки таких розмірів ($P = 500 - 1000$ м²) відповідають нормативним параметрам для розміщення багатьох видів комерційної діяльності у містах республіканського та обласного підпорядкування.

Таблиця 2 – Середні квадратичні похибки положення межових знаків m_t (при $\frac{m_p}{P} = 1/1000$)

Площа P, м ²	Середні квадратичні похибки m_t , м				
	k=1	k=2	k=3	k=4	k=5
100	0,0100	0,0089	0,0077	0,0069	0,0062
200	0,0141	0,0126	0,0110	0,0097	0,0088
300	0,0173	0,0155	0,0134	0,0119	0,0107
400	0,0200	0,0179	0,0155	0,0137	0,0124
500	0,0223	0,0200	0,0173	0,0153	0,0139
600	0,0244	0,0219	0,0190	0,0168	0,0152
700	0,0265	0,0237	0,0205	0,0181	0,0164
800	0,0283	0,0253	0,0219	0,0194	0,0175
900	0,0300	0,0268	0,0232	0,0206	0,0186
1 000	0,0316	0,0283	0,0245	0,0217	0,0196
5 000	0,0707	0,0632	0,0548	0,0485	0,0438
10 000	0,1000	0,0894	0,0777	0,0686	0,0620

Така ж норма і безоплатної приватизації (1000 м²) земельних ділянок у містах, у відповідності з чинним Земельним кодексом України.

Як відомо, обліковою одиницею площі земельної ділянки у містах республіканського і обласного підпорядкування є 1 кв. м.

Крім того, значення площі земельної ділянки з точністю 1 кв. м вноситься в електронну базу даних Державного земельного кадастру при перевірці обмінного файлу і приймається як незмінна характеристика.

Для забезпечення точності визначення площі з середньою квадратичною похибкою $m_p = 1$ м² і відносною $\frac{m_p}{P} = \frac{1}{1000}$ для земельних ділянок, розміром $P > 1000$ м² середню квадратичну похибку положення межових знаків розрахуємо за формулою:

$$m_t = \frac{1}{\sqrt{P} \sqrt{(1+k^2)/2k}}. \quad (9)$$

Результати розрахунку m_t за формулою (9) наведено в табл. 3.

Як видно із табл. 3, точність положення межових знаків підвищується із збільшенням площі земельної ділянки, що не зовсім логічно.

Таким чином, для одночасного забезпечення нормативних допусків ($m_p = 1$ м² і $\frac{m_p}{P} = \frac{1}{1000}$) треба значно підвищити точність визначення положення межових знаків.

У сучасних умовах пристрої користування супутникових систем навігації NAVSTAR (GPS), ГЛО-НАСС та Galileo стають все більш доступними, а точність позиціонування складає 3-5 мм за наявності коригуючого сигналу наземної станції.

При довгих прямих відрізках меж, крім кутів повороту, координуються також проміжні точки через 50-80 м, що призводить до збільшення кількості контурних точок прямокутної ділянки (збільшення щільності знімання контуру ділянки). Така необхідність досить часто виникає і в інших випадках при координуванні меж: так, наприклад, при примиканні до земельної ділянки до інших ділянок, вулиць, провулків, проїздів тощо.

Таблиця 3 – Середні квадратичні похибки положення межових знаків m_t (при $m_p = 1 \text{ м}^2$ і $m_p/P = \frac{1}{1000}$)

Площа P, м ²	Середні квадратичні похибки m_t , м				
	k=1	k=2	k=3	k=4	k=5
1000	0,0316	0,0283	0,0245	0,0217	0,0196
2000	0,0224	0,0200	0,0173	0,0153	0,0139
3000	0,0183	0,0163	0,0141	0,0125	0,0113
4000	0,0158	0,0141	0,0122	0,0108	0,0098
5000	0,0141	0,0126	0,0110	0,0097	0,0088
6000	0,0129	0,0115	0,0100	0,0089	0,0080
7000	0,0120	0,0107	0,0093	0,0082	0,0074
8000	0,0112	0,0100	0,0087	0,0077	0,0069
9000	0,0105	0,0094	0,0082	0,0072	0,0065
10000	0,0100	0,0089	0,0077	0,0069	0,0062

В цьому випадку при розрахунку точності визначення площі земельної ділянки необхідно враховувати кількість контурних точок n .

Таким чином, з врахуванням даного фактору, формулу (5) запишемо у вигляді [22]:

$$m_p = m_t \sqrt{P} \sqrt{\frac{1+k^2}{2k}} \cdot k_n, \quad (10)$$

де k_n – коефіцієнт, який враховує кількість контурних точок прямокутної ділянки; при $12 \geq n > 4$ $k_n = 1.1388 - 0.04435n$.

Як слідує із формули (10), точність визначення площі земельної ділянки підвищується із збільшенням кількості контурних точок.

Із формули (10) маємо:

$$m_t = \frac{m_p}{\sqrt{P} \sqrt{(1+k^2)/2k} \cdot k_n}. \quad (11)$$

При $m_p/P = \frac{1}{1000}$ формула (11) набуває вигляду:

$$m_t = \frac{\sqrt{P}}{\sqrt{(1+k^2)/2k} \cdot k_n \cdot 10^3}. \quad (12)$$

Значення середніх квадратичних похибок m_t , розрахованих за формулою (12), наведено в табл. 4.

Таблиця 4 – Середні квадратичні похибки m_t в залежності від кількості контурних точок n і коефіцієнта k (при $P = 1000 \text{ м}^2$)

Кількість контурних точок n	Середні квадратичні похибки m_t , м				
	k=1	k=2	k=3	k=4	k=5
4	0,032	0,028	0,024	0,022	0,020
5	0,033	0,031	0,027	0,024	0,021
6	0,034	0,032	0,028	0,025	0,022
7	0,035	0,034	0,030	0,026	0,024
8	0,036	0,035	0,031	0,028	0,025
10	0,039	0,039	0,035	0,031	0,028

Як видно із табл. 4, точність планового положення межових знаків m_t знижується із збільшенням контурних точок n ділянки.

Оскільки для прямокутної ділянки справедлива рівність [22]:

$$\sqrt{P} \sqrt{(1+k^2)/2k} = \sqrt{l^2 + b^2}/\sqrt{2}, \quad (13)$$

формулу (10) запишемо у вигляді:

$$m_p = m_t \sqrt{(l^2 + b^2)/2} \cdot k_n, \quad (14)$$

де l і b – відповідно довжина і ширина ділянки.

Із формули (14) маємо:

$$m_t = \frac{m_p \sqrt{2}}{\sqrt{l^2 + b^2} \cdot k_n}. \quad (15)$$

При $m_p = \frac{P}{1000}$ формулу (15) запишемо у вигляді:

$$m_t = \frac{P \cdot 10^{-3} \sqrt{2}}{\sqrt{l^2 + b^2} \cdot k_n}. \quad (16)$$

За формулами (12), (16) можна розрахувати середні квадратичні похибки положення межових знаків для забезпечення нормативної точності визначення площ земельних ділянок, розміром $P \leq 1000 \text{ м}^2$.

Наведені формули щодо оцінки точності планового положення межових знаків земельних ділянок (за відносною похибкою) не враховують похибок пунктів геодезичної основи.

В разі оцінки точності положення межових знаків за абсолютною похибкою ключове значення може мати точність положення пунктів геодезичної (знімальної) основи і коректність її геометричної побудови.

Як відомо, середня квадратична похибка m_t включає середню квадратичну похибку положення точки знімальної основи m_L і середню квадратичну похибку геодезичної прив'язки межового знаку земельної ділянки до точки знімальної основи (похибку координування) - m_K .

Відповідно до принципу рівного впливу маємо:

$$m_t = \sqrt{m_L^2 + m_K^2}. \quad (17)$$

В такому випадку

$$m_L = m_K = \frac{m_t}{\sqrt{2}}. \quad (18)$$

Можливі й інші підходи щодо взаємозв'язку між m_L і m_K [23].

З врахуванням формули (12) середню квадратичну похибку m_t координування меж земельної ділянки, розміром $P \leq 1000 \text{ м}^2$ запишемо у вигляді:

$$m_K = \frac{\sqrt{P} \cdot 10^{-3}}{\sqrt{2(1+k^2)/2k} \cdot k_n}. \quad (19)$$

Аналогічно, для земельних ділянок розміром $P > 1000 \text{ м}^2$, з врахуванням формули (9) будемо мати

$$m_K = \frac{\sqrt{P}}{P \sqrt{2(1+k^2)/2k} \cdot k_n}. \quad (20)$$

Формули (19), (20) враховують розмір, коефіцієнт видовженості і кількість контурних точок прямокутної земельної ділянки. Виходячи з цього, мо-

жна встановити вимоги до параметрів кадастрової зйомки, яка виконується з точок знімальної основи.

Так, наприклад, при $P = 1000 \text{ м}^2$, $k=5$ і $n = 6$ за формулою (19) отримаємо: $m_k = 0,0159 \text{ м}$ і, відповідно, для земельної ділянки, розміром $P = 1000 \text{ м}^2$ (при таких же параметрах k і n), за формулою (20) - $m_k = 0,0112 \text{ м}$.

ВИСНОВКИ. Як показують результати досліджень, точність визначення положення межових знаків земельних ділянок для забезпечення необхідної точності визначення їх площ повинна бути значно вищою від наведеної в чинних нормативних документах граничної точності $m_t = 0,10 \text{ м}$.

Враховуючи вимоги до точності відображення кадастрових об'єктів (1 м^2 – у містах республіканського і обласного підпорядкування), при відносній похибці визначення площі 1:1000, практично розмір земельної ділянки не повинен перевищувати 1000 м^2 .

Для земельних ділянок, розміром $P > 1000 \text{ м}^2$ забезпечення середньої квадратичної похибки визначення площі $m_p = 1 \text{ м}^2$ потребує суттєвого підвищення точності положення межових знаків, що не завжди можливо виходячи з точності сучасних геодезичних вимірювань.

Відносна похибка не може слугувати надійним критерієм точності визначення площі земельної ділянки, так як вона залежить від її розмірів.

Для земельних ділянок, розміром $P > 1000 \text{ м}^2$ домогтися логічного узгодження між існуючими допусками на точність визначення площ ($m_p \leq 1 \text{ м}^2$ і $m_p/P \leq \frac{1}{1000}$) досить проблематично.

Таким чином, необхідний диференційований підхід до точності визначення площ земельних ділянок в залежності від їх розмірів та інших чинників. Запропоновані допуски щодо точності визначення планового положення межових знаків дадуть змогу забезпечити необхідну точність визначення площ земельних ділянок при інвентаризації земель населених пунктів.

Однак, питання необхідної і достатньої точності визначення меж і площ земельних ділянок потребують подальших досліджень і наукового обґрунтування.

ЛІТЕРАТУРА

1. Церклевич А. Використання нових технологій і актуальні задачі земельного кадастру // Сучасні досягнення геодезичної науки та виробництва. – 1999. – С. 121–124.
2. Церклевич А., Процик М. Про точність визначення положення межових знаків і обчислення площ земельних ділянок // Сучасні досягнення геодезичної науки та виробництва. – 1997. – С. 185–188.
3. Церклевич А., Сигляк М. Про точність визначення меж та площ земельних ділянок при виконанні інвентаризації земель населених пунктів // Сучасні досягнення геодезичної науки та виробництва. – 1999. – С. 124–130.
4. Волосецький Б. Аналіз точності визначення параметрів земельних ділянок в населених пунктах з врахуванням економічних чинників // Сучасні дося-

гнення геодезичної науки та виробництва. – 1999. – С. 119–121.

5. Джуман Б., Губар Ю. Оцінка точності визначення площ земельних ділянок при технічному проектуванні кадастрових робіт // Сучасні досягнення геодезичної науки та виробництва. – 1999. – С. 133–134.

6. Точність визначення координат межових знаків / Є. Смірнов, Д. Турук, Д. Лелюх // Сучасні досягнення геодезичної науки та виробництва. – 1999. – С. 135–137.

7. Топографо-геодезичне та картографічне забезпечення ведення державного земельного кадастру. Визначення площ територій / В.Д. Барановський, Ю.О. Карпінський, А.А. Ляшенко // За заг. Ред. Ю.О. Карпінського. – К.: НДГПІК, 2009. – 92 с.

8. Визначення допустимої зміни площі земельної ділянки за результатами повторних геодезичних вимірів / В.А. Рябчій, В.В. Рябчій, Н. Кашина // Сучасні досягнення геодезичної науки та виробництва. – 2010. – Вип. I (19). – С. 103–106.

9. Встановлення точності визначення площ земельних ділянок під малими об'єктами нерухомості / В.А. Рябчій, В.В. Рябчій, О. Янкін // Сучасні досягнення геодезичної науки та виробництва. – 2010. – Вип. II (20). – С. 204–208.

10. Точність визначення площ за плоскими прямокутними координатами / А. Доскоч, В. Тарнавський, В. Літинський // Сучасні досягнення геодезичної науки та виробництва. – 2010. – Вип. I (19). – С. 107–114.

11. Брынь М.Я. О точности определения планового положения межевых знаков участков урбанизированных земель // Геодезия, картография і аерофотознімання. – 2007. – Вип. 69. – С. 164–167.

12. Про один метод оцінювання точності визначення площі земельних ділянок / А. Церклевич, Ю. Дейнека, С. Петров // Сучасні досягнення геодезичної науки та виробництва. – 2012. – Вип. I (23). – С. 263–267.

13. Рябчій В. В., Трегуб М. В. Дослідження та апроксимація функцій визначення допустимих середніх квадратичних похибок площ земельних ділянок // Геодезія, картографія і аерофотознімання: Міжвід. наук.-техн. зб. – 2012. – Вип. 76. – С. 117–126.

14. До питання визначення площ і вартості земельних ділянок за матеріалами космічного знімання / О. Дорожинський, С. Почкін, О. Дорожинська // Сучасні досягнення геодезичної науки та виробництва. – 2007. – Вип. I (13). – С. 248–255.

15. Бурак К., Дорош Л. Дослідження можливостей використання матеріалів космознімання для визначення площ // Сучасні досягнення геодезичної науки та виробництва. – 2015. – Вип. II (30). – С. 69–74.

16. Гермонова Е., Лимарева Е. Влияние корреляционных зависимостей между ошибками определения координат контурных точек на точность определения площадей земельных участков // Сучасні досягнення геодезичної науки та виробництва: Зб. наук. праць. – Л., 2002. – С. 287–290.

17. Деякі результати досліджень впливу коефіцієнта кореляції координат при обчисленні середніх

квадратичних похибок площ земельних ділянок / В.А. Рябчій, В.В. Рябчій, М. Трегуб, А. Совгіренко // Сучасні досягнення геодезичної науки та виробництва. – 2014. – Вип. I (27). – С. 73–78.

18. Doskocz A., Analiza dokladnosci obliczenia pola powierzchni ze wspolrzednych, Przegląd Geodezyjny, nr 4/2005, pp. 3–6.

19. Rozporządzenie Ministra Rozwoju Regionalnego i Budownictwa z dnia 29 marca 2001 roku w sprawie ewidencji gruntów i budynków, Dz. V. nr 38, poz. 454 z 2001 r.

20. До питання точності визначення координат межових знаків земельних ділянок при кадастрових зніманнях / М. Дутчин, О. Гера, І. Сиротинська // Геодезія, картографія і аерофотознімання: Зб. наук. праць. – 2013. – Вип. 77. – С. 85–88.

21. До питання точності визначення площ земельних ділянок при кадастрових зніманнях / М.М. Дут-

чин, Т.Ю. Грицюк, І.В. Біда, Н.Г. Федоришин // Матер. Міжнар. наук.-практ. конф. «ЕКОГЕОФОРУМ - 2017». Актуальні проблеми та інновації. – Івано-Франківськ, 22-25 березня 2017 р. – м. Івано-Франківськ, 2017. – С. 338–339.

22. Дослідження точності визначення площ земельних ділянок з врахуванням кількості контурних точок та їх розташування / М. Дутчин, І. Біда, Г. Мельниченко // Сучасні досягнення геодезичної науки та виробництва: Зб. наук. праць. – 2009. – Вип. I (17). – С. 301–308.

23. О параметрах кадастровой съемки городских объектов недвижимости / М. Брынь, П. Веселкин, В. Калгунов // Сучасні досягнення геодезичної науки та виробництва: Зб. наук. праць. – 2011. – Вип. I (21). – С. 271–272.

THE INVESTIGATION OF THE ACCURACY OF DETERMINING THE LAND'S BOUNDARIES DURING THE LAND INVENTORY

M. Dutchin, T. Grytsyuk, I. Bida

Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas

vul. Karpatka, 15, Ivano-Frankivsk, 76019, Ukraine. E-mail: tetyanagrytsuyk35@gmail.com

Purpose. To investigation the accuracy of the planimetric position of the landmarks of land parcels to ensure the required accuracy of the definition of their areas within the settlements. **Methodology.** We have proposed formulas for calculating the area of the land parcels that take into account their size, elongation coefficient and the number of contour points. Based on this, we can set the requirements for cadastral surveys. **Results.** We have calculated the limiting errors for the determination of the area of variably sized land parcels that have the shape of a square and a rectangle with different elongation. Taking into account the accuracy and density of plane survey, limit errors in the value of the area of the land parcel were established, as well as the required precision of the position of the landmarks. **Originality.** For the first time, the formulas for calculating the accuracy of the definition of the planimetric position of the landmark of land in the cities of the republican and regional subordination, taking into account the requirements of the current normative documents were proposed. **Practical value.** The given method can be used in determining the area of land parcel, a size of $P \leq 1000 \text{ m}^2$, which corresponds to the existing rules of free privatization in cities. It is established that for land parcel of 100-1000 sq.m. the value of the error of the position of the landmark must not exceed 1-3 cm, which requires an appropriate increase in the accuracy of geodetic measurements. The proposed limit value for accuracy regarding the determination of the planned position of the landmarks will provide the necessary precision for determining the areas of land parcels during the land inventory the settlements. References 23, tables 4.

Key words: land parcel, area, landmark, accuracy, land inventory.

REFERENCES

1. Tserklevich, A. (1999), "Using of new technologies and urgency problems of land cadaster", Suchasni dosyagnennya geodezychnoj nauki ta vyrobnytstva [Modern achievements of geodesic science and industry], Lviv, Ukraine, pp. 121-124.

2. Tserklevich, A., Protsyk, M. (1997), "The accuracy of the boundary-marks position and determination the land parcels areas", Suchasni dosyagnennya geodezychnoj nauki ta vyrobnytstva [Modern achievements of geodesic science and industry], Lviv, Ukraine, 1997, pp. 185-188.

3. Tserklevich, A., Syglyak, M. (1999), "For accuracy determine boundaries and land parcels areas in the process of inventory lands in settlements", Suchasni dosyagnennya geodezychnoj nauki ta vyrobnytstva [Modern achievements of geodesic science and industry], Lviv, Ukraine, pp. 124-130.

4. Voloseczkij, B. (1999), "Analyses of accuracy determination the parameters of lands parcels within settlements with accounting economics reasons",

Suchasni dosyagnennya geodezychnoj nauki ta vyrobnytstva [Modern achievements of geodesic science and industry], Lviv, Ukraine, pp. 119-121.

5. Dzuman, B., Gubar, Y. (1999), "Valuing of accuracy determine of lands parcels areas for technical planning cadaster surveys", Suchasni dosyagnennya geodezychnoj nauki ta vyrobnytstva [Modern achievements of geodesic science and industry], Lviv, Ukraine, pp. 133-134.

6. Smirnov, E., Suruk, D. (1999), "The accuracy of determine coordinates of landmark", Suchasni dosyagnennya geodezychnoj nauki ta vyrobnytstva [Modern achievements of geodesic science and industry], Lviv, Ukraine, pp. 135-137.

7. Baranovskiy, V.D. (2009), Topografo-geodezychne ta kartografichne zabezpechennya vedennya derzhavnogo zemelnogo kadastru. Vyznachennya plosch terytorij. [Topographo-geodetical and cartographical providing of the cadaster surveys], NDGIK, Kyiv, Ukraine, p. 928.

8. Ryabchiiy, V.A., Ryabchiiy, V.V., Kashyna N. (2010), "Determination of possible change the area of lot land on results the repeated geodesic measurings", *Suchasni dosyagnennya geodezychnoj nauki ta vyrobnyctva [Modern achievements of geodesic science and industry]*, Lviv, Ukraine, 2010, no. I (19), pp. 103-106.
9. Ryabchiiy, V.A., Ryabchiiy, V.V., Yankin, O. (2010), "Determination of exactness of calculation of areas of lot lands under the small objects of the real estate", *Suchasni dosyagnennya geodezychnoj nauki ta vyrobnyctva [Modern achievements of geodesic science and industry]*, Lviv, Ukraine, no. II (20), pp. 204-208.
10. Doskocz, A., Tarnavskyy, V., Litynsky, V. (2010), "Accuracy of calculation of the area from plane coordinates", *Suchasni dosyagnennya geodezychnoj nauki ta vyrobnyctva [Modern achievements of geodesic science and industry]*, Lviv, Ukraine, no. I (19), pp. 107-114.
11. Bryn, M. (2007), "About the accuracy of the landmark s position of land parcels in settlements", *Geodeziya, kartographiya I aerofotoznmannya [Geodesy, cartography and aerial photography]*, Lviv, Ukraine, no. 69, pp. 164-167.
12. Tserklevich, A., Deyneka, Yu., Petrov, S. (2012), "About the method of accuracy evaluation of land parcel area determination", *Suchasni dosyagnennya geodezychnoj nauki ta vyrobnyctva [Modern achievements of geodesic science and industry]*, Lviv, Ukraine, no I (23),- pp. 263-267.
13. Ryabchiiy, V.V., Trehub, M.V. (2012), "To research and approximate function for determination the limit errors of lands parcels areas", *Suchasni dosyagnennya geodezychnoj nauki ta vyrobnyctva [Modern achievements of geodesic science and industry]*, Lviv, Ukraine, no. 76. – pp. 117-126.
14. Dorozhynskij, O., Pochkin, S., Dorozhynska, O. (2007), "To the problem of determine areas and values of lands parcels by the materials of cosmic surveys" *Suchasni dosyagnennya geodezychnoj nauki ta vyrobnyctva [Modern achievements of geodesic science and industry]*, Lviv, Ukraine, no. I (13), pp. 248-255.
15. Burak, K., Dorosh, L. (2015), "The investigation of possibility of using the materials of aerospace survey for identyfying areas", *Suchasni dosyagnennya geodezychnoj nauki ta vyrobnyctva [Modern achievements of geodesic science and industry]*, Lviv, Ukraine, no. II (30), - pp. 69-74.
16. Germonova, E. (2002), "The influence of correlative dependence amond errors of determination the coordinates of contour points on the accuracy of lands parcels areas determine" *Suchasni dosyagnennya geodezychnoj nauki ta vyrobnyctva [Modern achievements of geodesic science and industry]*, Lviv, Ukraine, pp. 287-290.
17. Riabchii, V., Riabchii, V., Trehub, M., Sovgirenko, A. (2014), "Some results of researches of influence coefficient of correlation of coordinates in the calculation of the mean square errors of land parcels areas", *Suchasni dosyagnennya geodezychnoj nauki ta vyrobnyctva [Modern achievements of geodesic science and industry]*, Lviv, Ukraine, no. I (27), pp. 73-78.
18. Doskocz, A. (2005), *Accuracy analysis of the computation of surface area with the coordinates, Geodetic Survey, Poland*, no. 4, pp. 3-6.
19. Decree of the Minister of Regional Development and Construction from 29 March 2001 on land and building registration № 38, Poland, p. 454 of 2001.
20. Dutchin, M., Gera, O., Syrotunska, I. (2013), "To the problem of the accuracy coordination the boundaries of land plats for lands inventory", *Geodeziya, kartographiya I aerofotoznmannya [Geodesy, cartography and aerial photography]*, Lviv, Ukraine, no. 77, pp. 85-88.
21. Dutchin, M., Grytsyuk, T., Bida, I. (2017), "About the accuracy of determination coordinates of boundary-marks of the lands plats for cadaster surveys", *Materialy mizhnarodnoi naukovo-practychnoi konferentsii "«ECOGEOFORUM-2017. Actualny Problemy ta Innovacii» [The International Research and Practice Conference «ECOGEOFORUM-2017. Actual Problems and Innovations»]*, Ivano-Frankivsk, Ukraine, March 22 - 25, 2017, pp. 338-339.
22. Dutchin, M., Bida, I., Melnychenko, G. (2009), "Researches of exact of land area determination using a quantity of outline points and their arrangements *Suchasni dosyagnennya geodezychnoj nauki ta vyrobnyctva [Modern achievements of geodesic science and industry]*, Lviv, Ukraine, no. I (17), pp. 301-308.
23. Bryn, M., Veselkin, P., Kolgynov, V. (2011), "About the parameters of a cadastral survey of urban real estate" *Suchasni dosyagnennya geodezychnoj nauki ta vyrobnyctva [Modern achievements of geodesic science and industry]*, Lviv, Ukraine, no. I (21). - pp. 271-272.

Стаття надійшла 06.12.2017.