

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
Київський національний університет будівництва і архітектури

**ВИПУСК 61, 2014**

# **ІНЖЕНЕРНА ГЕОДЕЗІЯ**

**НАУКОВО-ТЕХНІЧНИЙ ЗБІРНИК**

*Заснований у 1965 році*

*Свідоцтво про державну реєстрацію друкованого засобу масової інформації  
Серія КВ № 4185 від 10 травня 2000 р.*

**У збірнику висвітлюються актуальні питання:**

- теорії і практики геодезії
- інженерної геодезії
- фотограмметрії та дистанційного зондування
- геоінформаційних систем і технологій
- картографії
- землеустрою і кадастру
- містобудування і управління територіями
- прикладної математики

*Постановою президії ВАК України  
№1 -05/3 від 10 квітня 2010 року  
збірник наукових праць «Інженерна  
геодезія» включено до «Переліку  
фахових видань України», в яких  
можуть публікуватися результати  
дисертаційних робіт на здобуття  
наукових ступенів доктора  
і кандидата наук*

*За достовірність викладених фактів, цитат та інших відомостей відповідальність несе автор*

*Затверджено до друку вченою радою Київського національного університету  
будівництва і архітектури  
(протокол № 31 від 29.12.14)*

**Адреса редакційної колегії:  
Україна, 03680, м. Київ,  
Повітрофлотський пр., 31  
Тел.: +38(044)249-72-51;  
+38(044)241-54-71;  
+38(044)241-55-69  
e-mail: eng\_geodesy@meta.ua**

*©Київський національний університет будівництва і архітектури, 2014*

## РЕДАКЦІЙНА КОЛЕГІЯ

Відповідальний редактор **Степан ВОЙТЕНКО**, д-р техн. наук, професор, завідувач кафедри інженерної геодезії (Київський національний університет будівництва і архітектури, Київ, **Україна**)

Заступник відповідального редактора **Сергій МОГИЛЬНИЙ**, д-р техн. наук, професор, професор кафедри геоінформатики і геодезії (Донецький національний технічний університет, Донецьк, **Україна**)

Відповідальний секретар **Володимир СТАРОВЕРОВ**, канд. техн. наук, професор, професор кафедри інженерної геодезії (Київський національний університет будівництва і архітектури, Київ, **Україна**)

### Члени редколегії

#### Міжнародні члени редколегії

**Чесловас АКСАМІТАУСКАС**, д-р техн. наук, професор, завідувач кафедри геодезії і кадастру (Вільнюський державний технічний університет, Вільнюс, **Литва**)

**Михайло БРИНЬ**, канд. техн. наук, доцент, завідувач кафедри інженерної геодезії (Петербургський державний університет шляхів сполучення, Санкт-Петербург, **Росія**)

**Святослав ЛЕБЕДЕВ** д-р техн. наук, професор, професор кафедри вищої геодезії (Московський державний університет геодезії і картографії, Москва, **Росія**)

**Томас ЛУМАНН**, д-р габлітований, професор, директор інституту (Університет прикладних наук, Інститут прикладної фотограмметрії і геоінформатики, Ольденбург, **Німеччина**)

**Мурат МУСТАФІН**, д-р техн. наук, професор, завідувач кафедри інженерної геодезії (Національний мінерально-сировинний університет «Горный», Санкт-Петербург, **Росія**)

**Володимир СЕРЕДОВИЧ** канд. техн. наук, професор, проректор з наукової роботи та інноваційної діяльності (Сибірська державна геодезична академія, Новосибірськ, **Росія**)

**Олександр ЧІБУНІЧЕВ** д-р техн. наук, професор, проректор (Московський державний університет геодезії і картографії, Москва, **Росія**)

**Василь ШЛАПАК**, канд. техн. наук, професор, професор кафедри геодезії (Московський державний університет геодезії і картографії, Москва, **Росія**)

**Андрій ШОЛОМИЦЬКИЙ**, д-р. техн. наук, професор, професор кафедри інженерної геодезії та маркшейдерської справи (Сибірська державна геодезична академія, Новосибірськ, **Росія**)

**Павел ВІЄЛГОШ** д-р. філософії, професор, замісник декана з досліджень та співробітництва (Вармінсько-Мазурський університет, Ольштин, **Польща**)

**Хуан Фан** д-р філософії, доцент, Департамент міського планування та навколишнього середовища, відділ геодезії (Шведський Королівський технологічний інститут, Стокгольм, Швеція)

#### Члени редколегії з України

**Ігор ГЛАДКИХ**, д-р техн. наук, професор, завідувач кафедри гідрографії та морської геодезії (Одеська національна морська академія, Одеса, **Україна**)

**Іван ЗАЄЦЬ**, канд.техн. наук, начальник управління (Державне агентство земельних ресурсів України, Київ, **Україна**)

**Олег КУЧЕР**, канд. техн. наук, перший заступник директора з наукової роботи (Науково-дослідний інститут геодезії і картографії, Київ, **Україна**)

**Валентин ЛИПСЬКИЙ** канд. техн. наук, доцент, начальник відділу (Державне підприємство «Центр Державного земельного кадастру», Київ, **Україна**)

**Сергій МОГИЛЬНИЙ**, д-р техн. наук, професор, професор кафедри геоінформатики і геодезії (Донецький національний технічний університет, Донецьк, **Україна**)

**Ігор ТРЕВОГО**, д-р техн. наук, професор, професор кафедри геодезії (Національний університет «Львівська політехніка», Львів, **Україна**)

**Корнелій ТРЕТЯК**, д-р техн. наук, професор, директор інституту геодезії (Національний університет «Львівська політехніка», Львів, **Україна**)

#### Члени редколегії засновника

**Степан ВОЙТЕНКО**, д-р техн. наук, професор, завідувач кафедри інженерної геодезії (Київський національний університет будівництва і архітектури, Київ, **Україна**)

**Юрій КАРПІНСЬКИЙ**, д-р техн. наук, професор, завідувач кафедри геоінформатики і фотограмметрії (Київський національний університет будівництва і архітектури, Київ, **Україна**)

**Володимир КАТУШКОВ**, д-р техн. наук, професор, професор кафедри геоінформатики і фотограмметрії (Київський національний університет будівництва і архітектури, Київ, **Україна**)

**Анатолій ЛЯЩЕНКО**, д-р техн. наук, професор, професор кафедри геоінформатики і фотограмметрії (Київський національний університет будівництва і архітектури, Київ, **Україна**)

**Ольга ПЕТРАКОВСЬКА**, д-р техн. наук, професор, завідувач кафедри землеустрою і кадастру (Київський національний університет будівництва і архітектури, Київ, **Україна**)

**Віталій ПЛОСКИЙ** д-р. техн. наук, професор, проректор з наукової роботи та міжнародних зв'язків (Київський національний університет будівництва і архітектури, Київ, **Україна**)

**Олександр САМОЙЛЕНКО**, д-р техн. наук, професор, професор кафедри інженерної геодезії (Київський національний університет будівництва і архітектури, Київ, **Україна**)

**Володимир СТАРОВЕРОВ**, канд. техн. наук, професор, професор кафедри інженерної геодезії (Київський національний університет будівництва і архітектури, Київ, **Україна**)

**Валерій ЧИБІРЯКОВ**, д-р техн. наук, професор, завідувач кафедри вищої математики (Київський національний університет будівництва і архітектури, Київ, **Україна**)

**Роман ШУЛЬЦ**, д-р техн. наук, професор, професор кафедри інженерної геодезії (Київський національний університет будівництва і архітектури, Київ, **Україна**)

MINISTRY OF EDUCATION AND SCIENCE OF UKRAINE  
Kyiv National University of Construction and Architecture

**ISSUE 61, 2014**

# **ENGINEERING GEODESY**

SCIENTIFIC AND TECHNICAL COLLECTION

*Founded in 1965*

*State Registration Certificate of print media  
KV series number 4185 from May 10, 2000*

**The book covers topical issues in**  
**-theory and practice of surveying**  
**- engineering geodesy**  
**- photogrammetry and remote sensing**  
**-geographic information systems and technology**  
**- cartography**  
**- land management and cadastre**  
**-urban planning and management territories**  
**-applied mathematics.**

*Decisions of the Presidium of VAC  
of Ukraine №1 -05/3 from April 10,  
2010 collection of scientific papers  
"Engineering geodesy" included in the  
"List of professional publications of  
Ukraine", in which can be published  
results of dissertations on competition  
doctor's degree and candidate of Science*

*Author is responsible for the reliability of facts, quotations and other information*

*Approved for publication by the Academic Council of the Kyiv National University of  
Construction and Architecture  
(Protocol №31 from 26.12.14)*

**Editorial board address**  
**Ukraine, 03680, Kyiv,**  
**Povitroflotsky avenue, 31**  
**Tel.: +38(044)249-72-51;**  
**+38(044)241-54-71;**  
**+38(044)241-55-69**  
**e-mail: eng\_geodesy@meta.ua**

© Kyiv National University of Construction and Architecture, 2014

**EDITORIAL BOARD**

Editor-in-Chief **Stepan VOYTENKO**, Dr. of Sciences, Professor, Head of Department of Engineering Geodesy (Kyiv national university of construction and architecture, Kyiv, **Ukraine**)

Editor-in-Chief **Sergiy MOGIL'NIY**, Dr. of Sciences, Professor, Professor Department of Geoinformation and Geodesy (Donetsk national technical university, Donetsk, **Ukraine**)

Managing Editor **Volodymyr STAROVEROV**, Ph.D., Professor, Professor Department of Engineering Geodesy (Kyiv national university of construction and architecture, Kyiv, **Ukraine**)

**Editorial Members****Foreign Editorial Members**

**Cheslovas AKSAMITAUSKAS**, Dr. of Sciences, Professor, Head of Department of Geodesy and Cadastre (Vilnius Gediminas technical university, Vilnius, **Lithuania**)

**Michael BRYN'**, Ph.D, Professor, Head of Department of Engineering Geodesy (Petersburg state transport university, Saint Petersburg, **Russia**)

**Sviatoslav LEBEDEV** Dr. of Sciences, Professor, Professor Department of High Geodesy (Moscow State University of Geodesy and Cartography, Moscow, **Russia**)

**Thomas LUMANN**, Dr. of Sciences, Professor, Head of the Institute (Jade University university of applied sciences, Institute for Applied Photogrammetry and Geoinformatics, Oldenburg, **Germany**)

**Murat MUSTAFIN**, Dr. of Sciences, Professor, Head of Department of Engineering Geodesy (National Mineral Resources University (University of Mines), Saint Petersburg, **Russia**)

**Vladimir SEREDOVICH**, Ph.D., Professor, Vice-rector (Siberian state geodesic academy, Novosibirsk, **Russia**)

**Alexander CHIBUNICHEV** Dr. of Sciences, Professor, Vice-rector (Moscow State University of Geodesy and Cartography, Moscow, **Russia**)

**Vasiliy SHLAPAK**, Ph.D, Professor, Professor Department of Geodesy (Moscow State University of Geodesy and Cartography, Moscow, **Russia**)

**Andriy SHOLOMICKIY**, Dr. of Sciences, Professor, Professor Department of Engineering Geodesy and mine surveying (Siberian state geodesic academy, Novosibirsk, **Russia**)

**Pawel WIELGOSZ**, Phd, Professor, Vice-Dean for research and cooperation (University of Warmia and Mazury, Olsztyn, **Poland**)

**Huaan FAN**, Ph.D, Senior lecturer, Department of Urban Planning and Environment, Geodesy division (KTH Royal Institute of Technology, Stockholm, **Sweden**)

**Editorial Members from Ukraine**

**Igor GLADKIH**, Dr. of Sciences, Professor, Head of Department of Hydrography and Marine Geodesy (Odessa National Maritime Academy, Odessa, **Ukraine**)

**Ivan ZAEC'**, Ph.D, Director of Department (The State Agency for Land Resources of Ukraine, Kiev, **Ukraine**)

**Sergiy MOGIL'NIY**, Dr. of Sciences, Professor, Professor Department of Geoinformation and Geodesy (Donetsk national technical university, Donetsk, **Ukraine**)

**Oleg KUCHER**, Ph.D, Vice Director (Research institute of geodesy and cartography, Kyiv, **Ukraine**)

**Valentyn LIPSKIY**, Ph.D., Associate Professor, Director of Department (State enterprise «Center of the State land cadastr», Kyiv, **Ukraine**)

**Igor TREVOGO**, Dr. of Sciences, Professor, Professor Department of Geodesy (National university «Lviv Polytechnic», Lviv, **Ukraine**)

**Korniliy TRET'YAK**, Dr. of Sciences, Professor, Director Institute of Geodesy (National university «Lviv Polytechnic», Lviv, **Ukraine**)

**Editorial Members from Univesity**

**Stepan VOYTENKO**, Dr. of Sciences, Professor, Head of Department of Engineering Geodesy (Kyiv national university of construction and architecture, Kyiv, **Ukraine**)

**Volodymyr STAROVEROV**, Ph.D., Professor, Professor Department of Engineering Geodesy (Kyiv national university of construction and architecture, Kyiv, **Ukraine**)

**Yurij KARPINSKIY**, Dr. of Sciences, Professor, Head of Department of Geoinformation and Photogrammetry (Kyiv national university of construction and architecture, Kyiv, **Ukraine**)

**Volodymyr KATUSHKOV**, Dr. of Sciences, Professor, Professor Department of Geoinformation and Photogrammetry (Kyiv national university of construction and architecture, Kyiv, **Ukraine**)

**Anatoliy LYASCHENKO**, Dr. of Sciences, Professor, Professor Department of Geoinformation and Photogrammetry (Kyiv national university of construction and architecture, Kyiv, **Ukraine**)

**Olga PETRAKOVSKA**, Dr. of Sciences, Professor, Head of Department of Land Management and Cadastr (Kyiv national university of construction and architecture, Kyiv, **Ukraine**)

**Vitaliy PLOSKIY**, Dr. of Sciences, Professor, Vice-rector (Kyiv national university of construction and architecture, Kyiv, **Ukraine**)

**Olexander SAMOYLENKO**, Dr. of Sciences, Professor, Professor Department of Engineering geodesy (Kyiv national university of construction and architecture, Kyiv, **Ukraine**)

**Valeriy CHIBIRYAKOV**, Dr. of Sciences, Professor, Head of Department of Mathematics (Kyiv national university of construction and architecture, Kyiv, **Ukraine**)

**Roman SCHULTZ**, Dr. of Sciences, Professor, Professor Department of Engineering Geodesy (Kyiv national university of construction and architecture, Kyiv, **Ukraine**)

**З М І С Т****ГЕОДЕЗІЯ**

1. *Бачишин Б.Д.* Обґрунтування точності геодезичного забезпечення будівельних конструкцій на основі аналізу їх роботи як пружних тіл: стан та перспективи 6
2. *Демяненко Р.А.* Математична модель визначення координат пунктів просторової геодезичної мережі з використанням даних інклінометричних і супутникових спостережень під час будівництва висотних будівель 13
3. *Зиборов В.В.* Выявление грубых ошибок в задаче преобразования координат с использованием рекуррентной формулы 19
4. *Куліковська О.Є.* Результати геодезичних спостережень за осіданнями споруд ДП «Криворізька теплоцентраль» 26
5. *Литвин Г.М., Голубенко В.В.* До стандартизації символів, знаків і позначень у формулах 35
6. *Мельник О.В.* Аналіз стабільності планових геодезичних мереж під час спостережень за деформаціями гідротехнічних споруд 42
7. *Чибіряков В.К., Староверов В.С., Нікітенко К.О.* Геодезичний моніторинг напружено – деформованого стану магістральних газопроводів з огляду на опір навколишнього ґрунту 48
8. *Шульц Р.В., Терещук О.І., Анненков А.О., Нисторяк І.О.* Практичні дослідження точності визначення координат за супутниковими технологіями в режимі реального часу 58

**КАДАСТР І МОНІТОРИНГ ЗЕМЕЛЬ**

9. *Ковальов М.В., Кривов'яз Є.В.* Аналіз принципів вибору картографічних проекцій для ведення земельного кадастру 77
10. *Малашевський М.А., Мосійчук Ю.А., Бугаєнко О.А.* Дослідження факторів, що визначають напрям проведення консолідації сільськогосподарських земель України 85

**ГЕОІНФОРМАТИКА І КАРТОГРАФІЯ**

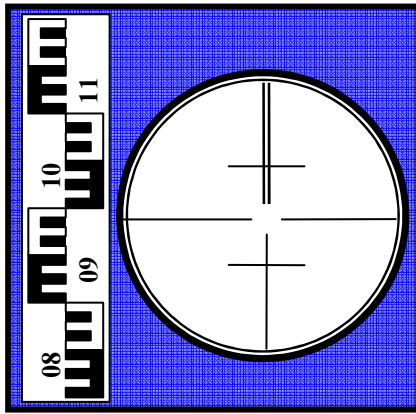
11. *Горковчук Д.В.* Сховище інформаційних ресурсів єдиної цифрової топографічної основи геоінформаційної системи містобудівного кадастру 95
12. *Горковчук М.В.* Структура та функції електронного каталогу мір якості геопросторових даних 103

**ФОТОГРАММЕТРІЯ ТА ДИСТАНЦІЙНЕ ЗОНДУВАННЯ ЗЕМЛІ**

13. *Казаченко Д.А.* Тривимірні моделі прогнозування деградаційних процесів ґрунтового покриву в Харківській області 110
14. *Казаченко Л.М., Казаченко Д.А.* Застосування даних ДЗЗ з метою виявлення деградації ґрунтового покриву для надання рекомендацій щодо раціонального використання ріллі 116
15. *Мельник В.М., Мендель В.П.* Дискретна оцінка площинної ерозії за методами короткобазисної фотограмметрії 123

**ДО ВІДОМА АВТОРІВ**

135

**ГЕОДЕЗІЯ**

УДК 528.48

**Б.Д.Бачишин**, канд.тех.наук, доцент,  
Національний університет водного  
господарства та природокористування

### **ОБҐРУНТУВАННЯ ТОЧНОСТІ ГЕОДЕЗИЧНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ БУДІВЕЛЬНИХ КОНСТРУКЦІЙ НА ОСНОВІ АНАЛІЗУ ЇХ РОБОТИ ЯК ПРУЖНИХ ТІЛ: СТАН І ПЕРСПЕКТИВИ**

*Проаналізовано сучасний стан та перспективи використання методів розрахунку точності геодезичних робіт під час будівництва та експлуатації інженерно-будівельних об'єктів на підставі аналізу напружено-деформованого стану конструкцій. Досліджено основні фактори та їх вплив на точність геодезичних робіт за цим методом. Виділено напрями перспективних досліджень, а саме: всебічне врахування навантажень на конструкцію, точне визначення варіацій показників міцності бетону та сталі, а також ефективно застосування Гауссового показника надійності для всіх без винятку споруд.*

**Ключові слова:** геодезичне забезпечення, напружено-деформований стан, навантаження, Гауссів показник надійності.

**Вступ.** Визначаючи точність геодезичних робіт під час спорудження та експлуатації будівельних об'єктів, намагаються оперувати оптимальними значеннями похибок, які б забезпечували надійне функціонування об'єкта за мінімальних затрат на геодезичне забезпечення. Природним видається розглядати геодезичні роботи не як відокремлений процес, а як один з важливих факторів спорудження будівельного об'єкта загалом. У такому разі важливо брати до уваги вплив похибок геодезичного забезпечення на зміну зусиль в конструкції та на основі результатів аналізу цих змін визначати точність такого забезпечення.

**Аналіз досліджень та публікацій.** Напевно, першу спробу нормуватиточність геодезичних робіт під час спорудження мосту, спираючись на аналіз змін зусиль, спричинених похибками монтажу мосту, здійснив І.М.Терновських ще в 1966 році [1]. У всіх розрахунках автор задавався 5-відсотковим допуском на зміну зусилля, ніяк не обґрунтовуючи цієї величини. В роботі [2] розглянуто питання нормування точності розмічувальних робіт під час спорудження багатопверхових каркасних будинків з уніфікованих збірних елементів. Допуски визначено з врахуванням показника

відповідальності споруди, який є певним аналогом показника надійності конструкції. Для вантових покриттів Ісаєвим О.П. реалізовано спробу врахувати вплив похибок геодезичних вимірювань на зміну внутрішніх зусиль в елементах будівельних конструкцій [3]. Тривають дослідження для визначення параметрів (точності, кількості марок та віддалі між марками) спостереження за деформаціями фундаментів на підставі аналізу напружено-деформованого стану [4].

Допустимі похибки у технологічних процесах спорудження оболонок, визначені на основі врахування їх впливу на зміну зусиль в тілі конструкції, наведені в роботі [5]. Такі похибки обчислені, зважаючи на імовірнісний показник надійності оболонки за міцністю.

Методику розрахунку допустимих похибок у процесі зведення споруд баштового типу на підставі аналогічного аналізу наведено у статті [6].

Визначення точності геодезичних робіт під час будівництва мостових переходів шляхом моделювання напружено-деформованого стану конструкцій висвітлено в роботах [7; 8]. Допустиму похибку геодезичних вимірів автори [7] пропонують розраховувати, виходячи з 20-відсоткового надлишкового навантаження на арку. Це навантаження обчислене на основі середнього значення із діапазону коефіцієнтів умов роботи, які змінюються в межах 1,1 - 1,4. Для аркових мостових опор автори [8] точність геодезичних робіт призначають через відхилення верхнього торця опори від проектного положення. За таке відхилення беруть найгірший варіант, коли вектор відхилення від проектного нахилу збігається з ексцентриситетом передачі навантаження на опору. Вектор відхилення та ексцентриситет вираховують за значенням сил, які діють на опору, геометричними параметрами опори та характеристиками жорсткості конструкції. Перехід від цього відхилення до похибки геодезичних робіт відбувається через коефіцієнт  $t$ , який вибирають із таблиць Стюдента за заданою імовірністю та кількістю вимірювань. У статті [8] використано значення  $t=3$ , яке відповідає імовірності  $P=0,997$ .

**Постановка завдання.** Виконати узагальнене дослідження всіх факторів, які впливають на точність геодезичного забезпечення на основі пропонованого методу.

**Основна частина.** Коли розрахунок точності геодезичного забезпечення ґрунтується на аналізі напружено-деформованого стану конструкцій, точність геодезичних робіт  $\delta_{\Gamma}$  у процесі спорудження чи спостереження за деформаціями споруди залежить загалом від таких факторів:  $Q$  – результаційного зусилля, що діє на конструкцію,  $a$ ,  $h$  – геометричних розмірів конструкції,  $R_b$ ,  $R_S$  – нормативної призмової міцності бетону й арматури,  $\beta$  – Гауссового показника надійності елементів та середніх квадратичних відхилень цих чинників  $m_Q, m_a, m_h, m_{R_b}, m_{R_S}$ :

$$\delta_{\Gamma} = f(Q, m_Q, a, m_a, h, m_h, R_b, m_{R_b}, R_S, m_{R_S}, \beta). \quad (1)$$

Для надійного визначення точності геодезичних робіт потрібно напевно знати згадані параметри та їх середні квадратичні відхилення. Якщо таких відомостей немає, можуть бути використані середні значення статистичних даних, наведені в літературі [10; 11]. Але для відповідальних й унікальних споруд слід отримати «свої» характеристики відхилення.

Розрізняють навантаження на конструкцію постійні і тимчасові. Постійні визначаються точно, адже основні з них – це вага конструкцій та функціональних елементів, які споруда мусить витримати (наприклад, вага одягу полотна проїжджої

частини мосту, вага зовнішніх висотних надбудов і балконів, антенної щогли, технологічного устаткування на спорудах баштового типу тощо).

Точно врахувати тимчасові навантаження (навантаження на міст від транспорту та пішоходів, навантаження від опадів (дощу, снігу, ожеледиці) на оболонкові покриття, мости, споруди баштового типу) важче, а деякі з них (вітрові, температурні кліматичні, зумовлені сонячною радіацією внаслідок однобічного нагрівання, а також різницею температури повітря усередині і зовні споруди, вплив попереднього напруження, сейсмічні сили) – вкрай важко.

У розрахунках всіх без винятку навантажень застосовують коефіцієнти надійності за навантаженням  $\gamma$  [9], які є складовою загального показника надійності споруди чи конструкції і які слугують певним аналогом середнього квадратичного відхилення  $m_Q$ . Реальні значення навантаження та їх відхилення є, мабуть, найменш прогнозованим фактором (1). Дослідження, спрямовані на всебічне, повне та оптимальне врахування впливу цього фактора на точність геодезичних робіт є вкрай важливим завданням, ефективне розв'язання якого тісно пов'язане з питаннями такого врахування можливих навантажень у розрахунку конструкцій.

Серед геометричних параметрів конструкцій ( $a$ ,  $h$ ) виділяють ті, які мають найбільший вплив на точність геодезичного забезпечення, а саме ширину, довжину, висоту конструкції, товщину захисного шару бетону, площу арматури, площу бетону. За допомогою сучасних геодезичних і метрологічних вимірювальних засобів реальні геометричні розміри конструкції можна визначити практично з будь-якою необхідною точністю. Це стосується розмірів конструкції загалом, а також розмірів  $i$ , відповідно, площ арматури та бетону. Площу арматури витримують точніше (відносне відхилення становить 2,5% [10] та 2% [13]), ніж товщину захисного шару бетону, коливання якої може сягати 6-8% [10; 13]. Автор [10] рекомендує визначати захисний шар бетону для збірних залізобетонних конструкцій з відносною похибкою 0,5%. У доповіді [11] наведено статистичні дані щодо визначення товщини захисного шару бетону монолітних конструкцій. Зокрема, середнє квадратичне відхилення від проектного значення становить 12,4 мм для стін, 20,9 мм – для колон та 7,9 мм – для нижнього армування плит перекриття.

Геометричні розміри більшості будівельних конструкцій можна визначити точно, їх варіації незначні, а коефіцієнти, які враховують їх вплив у загальній формулі (1) – є малі, тому частка цих параметрів та їх відхилень у загальній похибці  $\delta_r$  є мізерною.

Реальна призмova міцність бетону й арматури може значно відрізнитися від нормативного значення  $i$ , як наслідок, значно впливати на точність геодезичних робіт. За дослідженнями [10] коефіцієнт варіації для збірних конструкцій становить  $9 \div 10\%$  для призмovoї міцності бетону та  $8 \div 9\%$  для сталі. Інший автор [13] наводить схожі дані  $m_{R_b} / R_b = 6 \div 25\%$ ,  $m_{R_s} / R_s = 5 \div 14\%$ . У науковій праці [12] наведено такі результати: коефіцієнт варіації міцності для монолітних конструкцій становить 12% для бетону класу B25 та 8% – для бетону класу B60. Щовищий клас бетону, то менше відносне відхилення. Для відповідальних конструкцій слід визначати реальне значення призмovoї міцності бетону. Для цього можуть бути використані руйнівні та неруйнівні методи контролю. Тепер ефективними стають неруйнівні, зокрема – метод пружного відскоку та ультразвуковий.



Варіації міцності бетону є другим фактором за мірою впливу на точність геодезичних робіт, тому об'єктивне їх врахування у формулі (1) потребує нових, ширших досліджень, а для унікальних та неординарних споруд – детальних робіт для визначення реальних точних значень міцності бетону в різних місцях конструкції. Варіації показника міцності сталі є меншими, але їх вплив на загальну похибку виявляється значним в конструкціях, які працюють на згин та розтягнення.

Один із найбільш відповідальних моментів цієї методики нормування точності геодезичних робіт полягає у виборі Гауссового показника надійності елементів  $\beta$  чи його відповідника. Автори [5;6] оперують безпосередньо саме Гауссовим показником для оболонки [5] та споруд баштового типу [6]. На час згаданих досліджень в будівельній теорії та практиці [13] широко рекомендувались значення показника  $\beta$  лише для таких споруд через їх унікальність, адже їх можливе руйнування могло спричинити значні людські та матеріальні втрати. Інші автори [1-4; 7; 8] не використовують Гауссового показника надійності конструкцій. Автори [7; 8] пропонують визначати точність геодезичних робіт, виходячи із 20-відсоткового надлишкового навантаження на арку моста. Це надлишкове навантаження є фактично відхиленням  $m_Q = 0,2Q$  у формулі (1) і може слугувати лише одиничним показником надійності за зусиллями, але не відображає загальної надійності конструкції. Останнім часом у світовій будівельній практиці широко використовують Гауссів показник надійності не лише для унікальних споруд, але й для масових традиційних конструкцій [14].

Практично в усіх згаданих роботах розглядаються показники надійності конструкції за міцністю. Потребують нових досліджень методики розрахунку точності геодезичних робіт, які базувалися б на аналізі можливої втрати стійкості споруд, а надалі на сумісному, комплексному застосуванні обох підходів.

Спостерігаючи за деформаціями споруд, автори [4] призначають точність геодезичних робіт, відповідну максимальній похибці визначення згинального моменту для основи фундаменту газокompресорної станції, враховуючи лише статичне навантаження від власної ваги конструкції та обладнання. Максимальна похибка моменту відповідна максимальній похибці геодезичних вимірювань, що певною мірою означатиме «занижену» точність робіт. Застосувати Гауссів показник надійності автори не намагалися.

Важливим моментом методики обґрунтування точності геодезичних робіт на підставі результатів аналізу напружено-деформованого стану будівельної конструкції є те, що формули будівельної механіки, які використовують для розрахунку конструкцій під час проектування і на основі яких отримують формули допустимої похибки геодезичних робіт, є наближеними, спрощеними і містять певну похибку. В різних джерелах трапляється інформація про те, що формули, наведені в ДЕСТах для розрахунку перерізів будівельних конструкцій дають змогу визначати зусилля з похибкою 5%. Проте конкретного посилання на якесь джерело стосовно обґрунтування цієї цифри автором не траплялося. Застосування програмних комплексів із розрахунку будівельних конструкцій дає можливість оцінити точність «наближених» формул розрахунку та їх вдосконалити.

**Висновок.** Методика обґрунтування точності геодезичного забезпечення, яка базується на врахуванні впливу похибок геодезії на зміну напружено-деформованого стану конструкції є, мабуть, найбільш «природною», адже в ній взято до уваги геодезичну складову у складному комплексі розрахунку, будівництва й експлуатації будівельної

споруди. Потребують подальших досліджень та вдосконалень такі питання, як всебічне врахування навантажень на конструкцію, точне визначення варіацій показників міцності бетону та сталі, а також ефективного застосування Гауссового показника надійності для усіх без винятку споруд. Важливими були б розробки нових методик розрахунку точності геодезичних робіт, які б враховували не лише розрахунок за міцністю, ай імовірну втрату стійкості споруди, а надалі – комплексне застосування обох методів.

### СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. *Терновских И.Н.* Применение формул строительной механики для обоснования точности геодезических работ при сооружении мостов / И.Н. Терновских // Известия ВУЗов. Геодезия и аэрофотосъемка. – 1966. – №5. – С. 23–30.
2. *Столбов Ю.В.* Теоретические основы назначения допусков на геодезические разбивочные и строительно-монтажные работы с учетом ответственности сооружений / Ю.В. Столбов // Геодезическое обеспечение строительства, монтажа и эксплуатации инженерных сооружений. – М., 1991. – С. 38–41.
3. *Исаев А. П.* Связь ошибок геодезических построений с изменением внутренних усилий в элементах строительных конструкций / А. П. Исаев // Инженерная геодезия. – К.: Будівельник, 1989. – Вып.32. – С. 42–45.
4. *Староверов В. С.* К вопросу точности наблюдений деформаций фундаментов газокompрессорных станций с учетом априорного анализа напряженно-деформируемого состояния / В. С. Староверов, Ю. Ф. Гуляев // Инженерная геодезия. – К. – 2002. – Вып.48. – С. 219–226.
5. *Бачишин Б. Д.* Допустимі похибки геодезичного забезпечення спорудження оболонки / Б. Д. Бачишин // Інженерна геодезія. – К. – 2002. – Вып.46. – С. 8–14.
6. *Егоров А. И.* Расчет допустимой технологической погрешности возведения сооружений башенного типа / А. И. Егоров, А. П. Исаев // Инженерная геодезия. – К. – 2002. – Вып.48. – С. 94–99.
7. *Староверов В. С.* Методика визначення точності геодезичних робіт при будівництві мостових переходів шляхом моделювання напружено-деформованого стану конструкцій / В. С. Староверов, О. В. Адаменко // Вісник геодезії та картографії. – К. – 2009. – №5. – С. 7–12.
8. *Чібіряков В. К.* Визначення точності геодезичних робіт при будівництві аркових мостових опор / В. К. Чібіряков, В. С. Староверов, О. В. Адаменко // Інженерна геодезія. – К. – 2010. – Вып.55. – С. 195–203.
9. *Державні будівельні норми України: ДБН–В.1.2-2:2006.* Система забезпечення надійності та безпеки будівельних об'єктів. Навантаження і впливи. Норми проектування. – Введ. 2006-01-01. – К. : Мінбуд України, 2006. – 75с.
10. *Судаков В. В.* Контроль качества и надежности железобетонных конструкций / В. В. Судаков. – Л. : Стройиздат, 1980. – 168 с.
11. *Иванов, С. И.* Отклонение размеров сечений и величины защитного слоя при изготовлении монолитных железобетонных конструкций / С. И. Иванов, Д.В Кузеванов // Материалы XV научно-методической конференции ВИТИ. – Санкт-Петербург. – 2011. – С. 163–167.

12. Кузеванов Д. В. Надежность внецентренно сжатых железобетонных элементов при расчете по прочности нормальных сечений : дис. ... канд. техн. наук / Д.В. Кузеванов. – М., 2012. – 187 с.

13. Кудзис А. П. Оценка надежности железобетонных конструкций / А.П. Кудзис. – Вильнюс: Москлас, 1985. – 156 с.

14. Кузеванов Д. В. Требуемый уровень надежности [Электронный ресурс] / Д.В. Кузеванов. – Сайт лаборатории железобетонных конструкций и контроля качества НИИЖБ. – Режим доступа : <http://niizhb2.ru/article8.html/> – 10.06.2014р. – Загол. з екрана.

## REFERENCES

1. Ternovskikh, I.N. (1966). *Primenenije formul stroitelnojmekhaniki dlia osnovanijatochnostigeodezicheskikh rabot prisooruzhenijimostov* [Application of the formulas of structural mechanics to substantiate the accuracy of geodetic works in the construction of bridges]. *Izvestija VUZov. Heodezija i aerofotosjemka – Proceedings of the universities. Surveying and aerial photography*, 5, 23–30 [in Russian].
2. Stolbov, Yu. V. (1991). *Teoreticheskiye osnovy naznachenija dopuskov na geodezicheskije razbivochnyje i stroitelno-montazhnyje raboty s uchjotom otvetstvennosti sooruzhenij* [Theoretical Foundations destination tolerances for geodetic and construction work in the light of building structure liability]. *Geodezicheskoje obespechenije stroitelstva, montazha I ekspluatacziji inzhenernykh sooruzheniy – Geodesic support the construction, installation and operation of engineering structures*, 38–41 [in Russian].
3. Isajev, A. P. (1989). *Svjaz oshybok geodezicheskikh postrojeniy s izmeneniem vnutrennikh usilij v elementakh stroitelnykh konstruksij* [Communication the errors of geodetic constructions with the change of internal forces in elements of constructions]. *Inzhenernaja geodezija – Engineering surveying*, 32, 42–45 [in Russian].
4. Staroverov, V. S. & Huljajev Ju. F. (2002). *K voprosu tochnosti nabljudenij deformatsij fundamentov gazokompressornykh stantsij s uchjotom apriornoho analiza naprjazhenno-deformirujemoho sostojanija* [On the question of the accuracy of observation of deformations of foundations gas-compressor stations, taking into account the a priori analysis of the stress-strain state]. *Inzhenerna geodezija – Engineering surveying*, 48, 219–226 [in Russian].
5. Bachyshyn, B. D. (2002). *Dopustymi pokhybky heodezychnoho zabezpechennja sporudzhennja obolonok* [Permissible errors of geodetic support the building of shells]. *Inzhenerna geodezija – Engineering surveying*, 46, 8–14 [in Ukrainian].
6. Jehorov, A. I. & Isajev, A. P. (2002). *Raschet dopustimoj tehnologicheskoy pogreshnosti vozvedenija sooruzhenij bashennogo tipa* [Calculation of allowable technological error the construction of tower type structures]. *Inzhenerna geodezija – Engineering surveying*, 48, 94–99 [in Russian].
7. Staroverov, V. S. & Adamenko, O.B. (2009). *Metodyka vyznachennja tochnosti heodezychnyx robit pry budivnytsvi mostovykh perekhodiv shljakhom modeljuvannja napruzhenno-deformovanoho stanu konstruksiy* [Technique of determining the accuracy of geodetic work at the construction of highway stream crossings by modeling the stress-strain state of structures]. *Visnyk heodeziji ta kartografiji – Bulletin of Surveying and Mapping*, 5, 7–12 [in Ukrainian].

8. Chibirjakov, V. K. & Staroverov, V. S. & Adamenko, O.B. (2010). Vyznachennja tochnosti heodezychnyx robit pry budivnytsvi arcovykh mostovykh opor [Determining the accuracy of geodetic work at the building of arch bridge constructions]. *Inzhenerna geodezija – Engineering surveying*, 55, 195–203 [in Ukrainian].
9. DerzhavnibudivelninormyUkrajiny. Systemazabezpechennjanadiynostitabezpekybudivelnnykhobjektiv. Navantazhennja i vplyvy. Normy proektuvannja [State Construction Standards Ukraine. System of providing reliability and safety of construction projects. Loads and effects. Design standards] (2006). *DBN–V.1.2-2:2006 from 27<sup>th</sup> January 2006*. Kyiv: MinbudUkraine [in Ukrainian].
10. Sudakov, V. V. (1980). *Kontrol kachestva i nadezhnosti zhelezobetonnykh konstruksij [Control of quality and reliability of reinforced concrete structures]*. Leningrad: Strojizdat [in Russian].
11. Ivanov, S. I. & Kuzevanov D. V. (2011). Otklonenije razmerov sechenij i velichiny zashchitnogo sloja pri izgotovleniji monolitnykh zhelezobetonnykh konstruksij [Deviation the sizes cross sections and magnitudes of the protective layer in the manufacture of monolithic reinforced concrete structures]. *Proceedings of the 15th Scientific and Methodological Conference VIII*. – (pp. 163–167). St. Petersburg [in Russian].
12. Kuzevanov, D. V. (2012). Nadezhnost vnetsentrenno szhatykh zhelezobetonnykh elementov pri raschete po prochnosti normalnykh sechenij [Reliability eccentrically compressed concrete elements in calculating the strength of normal section]. *Candidate's thesis*. Moscow [in Russian].
13. Kudzis, A. P. (1985). *Otsenka nadezhnosti zhelezobetonnykh konstruksij [Assessment of the reliability of reinforced concrete structures]*. Vilnius: Mosklas [in Russian].
14. Kuzevanov, D. V. (2014). Trebujemyj uroven nadezhnosti [The required level of reliability]. – Sajt laboratoriji zhelezobetonnykh konstruksij i kontrolja kachestva NIIZhB [Site of laboratory of concrete structures and quality control NIIZhB]. *niizhb2.ru/article8.html/*– Retrieved from \www/ URL: <http://niizhb2.ru/article8.html/> [in Russian].

**Б.Д. Бачишин**

**ОБОСНОВАНИЕ ТОЧНОСТИ ГЕОДЕЗИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ  
СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ НА ОСНОВАНИИ АНАЛИЗА ИХ РАБОТЫ  
КАК УПРУГИХ ТЕЛ: СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ**

*Проанализировано современное состояние и перспективы использования методов расчета точности геодезических работ при строительстве и эксплуатации инженерно-строительных объектов, основанных на анализе напряженно-деформированного состояния конструкций. Исследованы основные факторы и их влияние на точность геодезических работ на основании данного метода. Выделены направления перспективных исследований, а именно: всесторонний учет нагрузок на конструкцию, точное определение вариаций показателей прочности бетона и стали, а также эффективное применение Гауссова показателя надежности для всех без исключения сооружений.*

**Ключевые слова:** геодезическое обеспечение, напряженно-деформированное состояние, нагрузки, Гауссов показатель надежности.

B.D. Bachyshyn

**JUSTIFICATION OF ACCURACY OF GEODETIC SUPPORT OF BUILDING  
STRUCTURES BASED ON AN ANALYSIS OF THEIR WORK AS ELASTIC BODIES:  
STATUS AND PROSPECTS**

*The current state and prospects of methods of calculation accuracy of geodetic work in the construction and operation of engineering objects based on an analysis of the stress-strain state of the structures. Powered generalized formula depending accuracy of geodetic works on the parameters of building structures. Was studied in detail the share of each factor in the overall level of accuracy of geodetic support Were identified those that have the greatest impact: reliability index Gauss, load and their variations, the error of determination of concrete strength. Random deviations of the strength of steel is lower, but their impact on the overall error is significant in designs that are bending and stretching The geometrical dimensions are determined accurately, their variations are small, and the indexes by which they are considered in the general formula are small, that's why the share of these parameters in the general level of error geodesy is negligible. Requires the development of methods for calculating precision geodetic work, in which will be considered not only the strength but also the stability of the structure. Would be effective comprehensive application of both methods.*

**Keywords:** geodetic support, the stress-strain state, load, Gauss reliability index.

Надійшла до редакції

12.02.2014.

УДК 528.48

**Р.А. Дем'яненко**, канд.техн.наук, доцент кафедри інженерної геодезії  
Київський національний університет будівництва і архітектури

**МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ ВИЗНАЧЕННЯ КООРДИНАТ ПУНКТИВ  
ПРОСТОРОВОЇ ГЕОДЕЗИЧНОЇ МЕРЕЖІ З ВИКОРИСТАННЯМ ДАНИХ  
ІНКЛІНОМЕТРИЧНИХ І СУПУТНИКОВИХ СПОСТЕРЕЖЕНЬ ПІД ЧАС  
БУДІВНИЦТВА ВИСОТНИХ БУДІВЕЛЬ**

*Під час будівництва висотних споруд на них діють зовнішні навантаження (вітрові, температурне та ін.), що викликає вертикальне коливання будівель. Найзначніші проблеми виникають з дотриманням вертикальності об'єктів. Традиційні способи оптичної вертикалі виявляються неефективними. Компанією «Leica Geosystems» запропоновано використання супутникових радіонавігаційних систем у поєднанні з інклінометрами (датчиками вертикалі) для геодезичного забезпечення спорудження хмарочоса Burj Khalifa. У статті наведено математичну модель визначення координат пунктів ПГМ під час будівництва висотних споруд із застосуванням супутникових радіонавігаційних систем та інклінометрів.*

**Ключові слова:** просторова геодезична мережа, висотне будівництво, інклінометри, супутникові радіонавігаційні системи.

© Р.А. Дем'яненко, 2014

геодезичного забезпечення висотного будівництва є досить новою, оскільки до недавнього часу висота споруд була незначною і їх розглядали лише як статичний об'єкт. У міру збільшення висотності об'єкти почали поводити себе в динаміці, тому використання традиційних способів (оптичної чи лазерної вертикалі) стало неможливим.

**Аналіз досліджень і публікацій.** Питання геодезичного забезпечення висотного будівництва в сучасних умовах висвітлено в декількох публікаціях.

У статті [1] представлено технологію геодезичного забезпечення будівництва найвищої усвіті будівлі Burj Khalifa але при цьому жодного слова не сказано про математичну модель та обробку даних інклінометричних та супутникових вимірювань.

Проблема була детально розглянута в дисертації [2] на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук автором Ю.В. Медведським. Автором запропоновано використання фільтра Калмана для визначення координат динамічного об'єкта, однак представлено опис лише математичної моделі фільтра Калмана, який відфільтровує випадкові похибки (шуми) супутникових спостережень динамічної системи.

**Постановка завдання.** Сучасні умови розвитку мегаполісів потребують раціонального використання міських територій. Одним з найбільш перспективних варіантів є будівництво модерних висотних будівель, які в поєднанні з класичною архітектурою визначають зовнішній вигляд сучасного міста.

Ріст обсягів будівництва, що характеризується висотністю, складністю будівельних конструкцій та інженерного устаткування, створення цілого ряду спеціальних споруд, постійне підвищення вимог до точності з'єднання вузлів конструкцій, дія статичних та динамічних навантажень на висотні будівлі та інженерні споруди під час будівництва зумовлюють збільшення обсягу та точності інженерно-геодезичних робіт. При цьому роль інженерно-геодезичного забезпечення будівництва висотних будівель та споруд набуває особливого значення та виходить на одну з ключових позицій в системі якості будівництва.

Будівельні та монтажні роботи на сучасних висотних спорудах ведуться одночасно, цілодобово та в будь-яку пору року. Звичайно їх проводять на багатьох ділянках, що потребує використання геодезичною службою сучасних технологій та приладів для оперативності у виконанні вимірювань та забезпеченні процесу будівництва. Задачі геодезичних вимірювань на сучасних висотних спорудах настільки різноманітні за точністю та методичним особливостям, що нерідко для встановлення кожного типу елементів потрібно розробляти окрему програму і методику виконання робіт, використовувати прилади різних типів та програмне забезпечення для одночасної оперативної обробки даних вимірювань.

Складність інженерно-геодезичного забезпечення викликана насамперед тим, що споруди такої висоти є динамічними. Вплив сили вітру та інших зовнішніх сил спричиняє коливання (відхилення) споруди від вертикалі. Ці відхилення є функціями часу, тому в процесі будівництва висотних об'єктів дотримання вертикальності набуває великого значення. Відхилення від вертикальності може бути наслідком періодичних коливань споруди або внаслідок похибок відхилення від проекту.

Традиційні методи (метод оптичної вертикалі, метод нахилоного проектування) не здатні забезпечити проектну геометрію висотних споруд.

**Основна частина.** Компанією «Leica Geosystems» під час будівництва найвищого на сьогодні хмарочоса Burj Khalifa (рис.1) в ОАЕ запропоновано технологію з використанням GPS приймачів, електронних тахеометрів, високоточних двохосьових інклінометрів для визначення відхилення від вертикалі і спеціалізованого програмного забезпечення [1]. В комплексі ці прилади разом з програмним забезпеченням в умовах динамічних навантажень дають змогу з високою точністю дотримувати проектних геометричних параметрів висотних будівель та споруд в процесі їх зведення.

Завданням геодезичної служби під час забезпечення будівництва висотних споруд є дотримання проектних геометричних розмірів та характеристик. Під дією зовнішніх сил споруда може коливатись в просторі, але при цьому не мати відхилень від «умовної вертикальної осі» у точках 1'– 5'(рис.2), які можуть бути спричинені похибками геодезичних та монтажних робіт.

Термін «умовна вертикальна вісь» означає вертикальна вісь споруди відхиляється внаслідок дії зовнішніх сил, а коли такої дії немає, вона повертається у проектне положення – точки 1-5 (рис. 2), при цьому повинна виконуватись умова вертикальності:

$$\begin{aligned} x_{n'} - x_n &= 0; \\ y_{n'} - y_n &= 0, \end{aligned}$$

де  $x_{n'}$  та  $y_{n'}$  – координати точок «умовної вертикальної» осі (динамічна модель);

$x_n$  та  $y_n$  – проектні координати точок вертикальної осі (статична модель).

Згідно з технологією запропонованою компанією «Leica Geosystems», по ярусно з кроком по висоті  $h_n$ , були встановлені двохосьові інклінометри для визначення відхилень від вертикалі. Позначимо відхилення на кожному ярусі як  $V_{n'}^x$ ,  $V_{n'}^y$  в горизонтальній координатній площині XY.

Під час дії зовнішніх сил на споруду (відхилення від вертикалі) координати точок



Рис.1. Найвища будівля світу Burj Khalifa (ОАЕ)

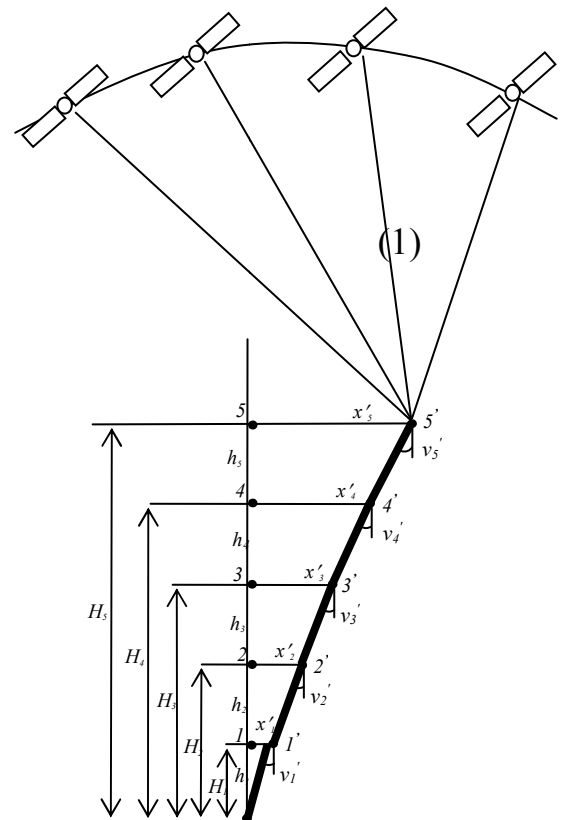


Рис.2. Модель відхилення будівлі від вертикалі

«умовної вертикальної осі» визначають за такими формулами:

$$\begin{aligned}x_{n'} &= x_{n'-1} + h_{n'} \cdot \operatorname{tg} v_{n'}^x; \\y_{n'} &= y_{n'-1} + h_{n'} \cdot \operatorname{tg} v_{n'}^y.\end{aligned}\quad (2)$$

Однак ця модель враховує лише відхилення споруди від вертикалі внаслідок дії зовнішніх сил, але відхилення від вертикалі додатково може бути спричинене похибками геодезичних розмічувальних робіт, виготовлення конструкцій та монтажних робіт.

Для побудови ПГМ (просторової геодезичної мережі) та визначення координат опорних точок на монтажному горизонті були використані GNSS-спостереження на базовій станції та на монтажному горизонті (рис. 3, 4).

Вважатимемо, що  $\widehat{x}_{n'}$  та  $\widehat{y}_{n'}$  – координати точок на монтажному горизонті, отримані в результаті GNSS-спостережень.

Отже, за відсутності відхилень від вертикалі внаслідок впливу зовнішніх сил на споруду координати опорних точок, отримані з GNSS, були б незмінні.



Рис. 3. Базова станція вихідної геодезичної мережі будівлі





Рис. 4. Приймачі на монтажному горизонті з призми 360°

Правильність координат точок ПГМ та відсутність похибок другої групи на монтажному ярусі, навіть за відхилення «умовної вертикальної осі» від вертикалі, є умовою рівності координат, визначених за даними інклінометрів та супутникових спостережень, що визначається рівнянням:

$$\begin{aligned}x_{n'} - \hat{x}_{n'} &= 0; \\y_{n'} - \hat{y}_{n'} &= 0.\end{aligned}\quad (3)$$

При цьому, якщо прибрати дію зовнішніх сил на споруду, значення відхилення від вертикалі дорівнюватиме нулю, а отже «умовна вертикальна вісь» будівлі збігатиметься з проектною вертикальною віссю. Недотримання умови (3) свідчатиме про наявність похибок другої групи.

**Висновок.** У дослідженні розглянуто та запропоновано математичну модель опрацювання даних інклінометричних та супутникових спостережень для інженерно-геодезичного забезпечення будівництва висотних споруд в умовах дії зовнішніх сил, що спричиняють коливання споруди у вертикальній площині.

### СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Дем'яненко Р.А. Сучасний стан інженерно-геодезичного забезпечення будівництва висотних споруд/ Р.А. Дем'яненко// Нові технології в будівництві. Науково-техн. журнал 2011. – Вип.22. – С.86-89.
2. Медведський Ю.В. Технологія і методика геодезичного забезпечення будівництва висотних споруд засобами GNSS-технологій: дис. кандидата техн. наук: 05.24.01 / Ю.В. Медведський. – К.: КНУБА, 2013. – 138 с.
3. Zeiner Agnes Rising High with GPS Network [Електронний ресурс] / Agnes Zeiner// Reporter. – Вип. 56. – Режим доступу: [http://www.leica-geosystems.com/media/new/product\\_solution/Reporter\\_56\\_en\\_BurjDubai.pdf](http://www.leica-geosystems.com/media/new/product_solution/Reporter_56_en_BurjDubai.pdf). – Заголовок з екрана.

### REFERENCES

1. Demianenko, R.A. (2011). Suchasnyistaninzhenerno-geodesychnohozabezpechenniabudivnytstvavysotnykhsporud [Thecurrentstate of geodetic providing of construction of high-rise buildings] . *Novi tekhnologii v budivnytstvi - New technologies in construction*, 22, 86-89.[in Ukrainian].
2. Medvedskiy, Yu.V. (2013). TekhnologiiimetrykageodezychnohozabezpechenniabudivnytstvavysotnykhsporudzasobamyGNSS-tekhnologii [The technology and methodology of geodetic ensure construction of high-rise buildings by GNSS-technology]. *Candidate's thesis*. Kyiv: KNUBA[in Ukrainian].
3. Agnes Zeiner. RisingHighwithGPSNetwork [RisingHighwithGPSNetwork]. *Zhurnal Reporter- Journal Reporter*, 56. Retrieved from [http://www.leica-geosystems.com/media/new/product\\_solution/Reporter\\_56\\_en\\_BurjDubai.pdf](http://www.leica-geosystems.com/media/new/product_solution/Reporter_56_en_BurjDubai.pdf)[in Ukrainian].

**Р.А. Демьяненко**

**МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ОПРЕДЕЛЕНИЯ КООРДИНАТ ПУНКТОВ  
ПРОСТРАНСТВЕННОЙ ГЕОДЕЗИЧЕСКОЙ СЕТИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ  
ДАНЫХ ИНКЛИНОМЕТРИЧЕСКИХ И СПУТНИКОВЫХ НАБЛЮДЕНИЙ  
ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВО ВЫСОТНЫХ ЗДАНИЙ**

*При строительстве высотных сооружений на них действуют внешние нагрузки (ветровые, температурные и др.), что вызывает отклонения сооружения по вертикали. Самые значительные проблемы возникают с обеспечением вертикальности объектов. Традиционные способы оптической вертикали оказываются неэффективными. Компанией "LeicaGeosystems" предложено использование спутниковых радионавигационных систем в сочетании с инклинометрами (датчиками вертикали) для геодезического обеспечения сооружения небоскреба Burj Khalifa. В статье приведена математическая модель определения координат пунктов ПГМ во время строительства высотных сооружений с применением спутниковых радионавигационных систем и инклинометров.*

**Ключевые слова:** *пространственная геодезическая сеть, высотное строительство, инклинометры, спутниковые радионавигационные системы.*

**R.A. Demyanenko**

**MATHEMATICAL MODEL OF POSITIONING STATION OF SPACE GEODETICAL  
NETWORK USING DATA FROM INCLINOMETRIC AND SATELLITES  
OBSERVATIONS IN THE CONSTRUCTION OF HIGH-RISE BUILDINGS**

*Ataheightrisebuildingthe externalforces(wind, changeof temperaturesandother) operate on building, that causesoscillationof buildingfromverticalaxe. Most problems arise up during building, atprovidingof building verticality. The traditional methodsof optical vertical line becomepowerless. A company LeicaGeosystems is offertouseGNSSin combination with*

*inclinometers (the vertical linesensors) for the geodesic providingof buildingto the sky-scraper of BurjKhalifa. In this article the mathematical modelofdetermination pointscoordinatesofSpatialGeodetic Networkis resulted during buildingof heightrisebuildingswith application of theGNSSand inclinometers. A complexcombination of GPS antenna/receivers, Total Stations, Continuously Operating GPS Reference Stations Leica GRX1200 Pro plus Leica GPS Spider and Leica GeoOffice Software, together with Leica Nivel220 dualaxis precise clinometers, accurately determines and analyzes displacement of the tower alignment from the vertical axis.*

**Keywords:** *spatial geodesic network, heightrisebuilding, inclinometers, GNSS.*

Надійшла до редакції

20.12.2013

УДК 528.14

**В.В. Зиборов,**

*канд. техн. наук, доцент кафедри  
геоінформатики и фотограмметрії,  
Киевский национальный университет  
строительства и архитектуры*

## **ВЫЯВЛЕНИЕ ГРУБЫХ ОШИБОК В ЗАДАЧЕ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ КООРДИНАТ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ РЕКУРРЕНТНОЙ ФОРМУЛЫ**

*Предложен контроль грубых ошибок в задаче преобразования координат по способу Гельмерта. При поступлении на вход информационной системы очередной четвёрки координат генерируется два уравнения поправок. Обратную матрицу новой системы нормальных уравнений предлагается искать на основе предыдущей обратной матрицы по рекуррентной формуле Шермана – Морриса. Грубая ошибка выявляется при анализе очередного вектора поправок. Если максимальная по модулю поправка оказывается большей некоторого ценза, то последняя четвёрка координат вводимой точки бракуется. Приведен численный пример решения задачи.*

**Ключевые слова:** *обработка результатов измерений, метод наименьших квадратов, уравнивание параметрическим способом, рекуррентное уравнивание, последовательное уравнивание, recursiveleastquares, выявление грубых ошибок измерений.*

**Постановка проблемы и обзор публикаций.** Суть рекуррентного уравнивания (его ещё называют последовательным, а также рекурсивным – recursiveleastquares) состоит в следующем. На вход некой информационной системы поступают данные измерений, они обрабатываются по методу наименьших квадратов. Каждое новое измерение с номером  $i + 1$  порождает новое уравнение поправок с новой строкой матрицы уравнений поправок. В задаче преобразования координат по способу Гельмерта для двумерного случая на вход системы поступает четвёрка координат, при этом две

координаты из них получают поправку. То есть генерируются ровно два уравнения поправок. Этим двум уравнениям соответствуют две строки матрицы уравнений поправок  $a_{i+1}$ . Соответственно, приходится составлять новую систему нормальных уравнений, причём матрица этой новой системы  $N_{i+1} = N_i + a_{i+1}^T a_{i+1}$  каждый раз подлежит обращению. Рекуррентное уравнение предполагает нахождение новой обратной матрицы  $N_{i+1}^{-1}$  на основе предыдущей  $N_i^{-1}$ , выполняя как бы уточнение предыдущей обратной матрицы. Матричное тождество, которое показывает, как изменяется обратная матрица при изменении самой матрицы, обычно называют [1, с. 158] формулой Шермана – Морриса. Из этой формулы следует частный случай следующего вида:

$$N_{i+1}^{-1} = N_i^{-1} - N_i^{-1} \cdot a_{i+1}^T \cdot (E + a_{i+1} \cdot N_i^{-1} \cdot a_{i+1}^T)^{-1} \cdot a_{i+1} \cdot N_i^{-1}. \quad (1)$$

Здесь  $E$  – единичная матрица. В этой формуле выражение в скобках представляет собой диагональную матрицу, то есть её обращение сводится к нахождению обратных чисел к диагональным элементам. Рекуррентную формулу (1) использовали профессора Ю.И. Маркузе [2; 3], М.Д. Герасименко [4] для проектирования геодезических сетей, их уравнивания, уравнивания геодезических сетей с учётом исходных данных, для контроля и поиска возможных грубых ошибок измерений и исходных данных, для анализа деформаций геодезических пунктов и пр.

© В.В. Зиборов, 2014 Мы использовали рекуррентную формулу в задаче преобразования координат по способу Гельмерта для выявления грубых ошибок при вводе данных. При этом после нахождения очередного вектора неизвестных параметров преобразования и вектора поправок мы предлагаем сравнивать максимальную по модулю поправку с некоторым цензом. Величина ценза может быть назначена из каких-либо практических соображений. Можно, например, ценз принять равным двум допустимым средним квадратическим ошибкам. Если максимальная по модулю поправка оказывается большей, чем указанный ценз, то последняя четвёрка координат вводимой точки бракуется и подлежит либо уточнению, либо исключению из процесса уравнивания. Мы приводим численный пример рекуррентного уравнивания параметров преобразования.

**Изложение основного материала.** Преобразование координат по способу Гельмерта [5] для двумерного случая осуществляется по формуле:

$$\begin{bmatrix} X \\ Y \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X_0 \\ Y_0 \end{bmatrix} + m \cdot \begin{bmatrix} \cos\varphi & -\sin\varphi \\ \sin\varphi & \cos\varphi \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} U \\ V \end{bmatrix}, \quad (2)$$

где  $\begin{bmatrix} X \\ Y \end{bmatrix}$  – вектор координат в «новой» системе;

$\begin{bmatrix} U \\ V \end{bmatrix}$  – вектор координат в «старой» системе;

$\begin{bmatrix} X_0 \\ Y_0 \end{bmatrix}$  – вектор начала координат «старой системы» в «новой» системе;

$m$  – масштаб координат «новой» системы относительно «старой»;

$\begin{bmatrix} \cos\varphi & -\sin\varphi \\ \sin\varphi & \cos\varphi \end{bmatrix}$  – матрица поворота;

$\varphi$  – угол поворота «новой» системы относительно «старой».

В этом преобразовании имеет место сдвиг на величину  $[X_0 Y_0]^T$ , вращение, представленное матрицей поворота, и масштабирование  $m$ . В преобразовании (2) имеем четыре неизвестных параметра преобразования:  $X_0$ ,  $Y_0$ ,  $m$  и  $\varphi$ . В формуле (2) избавимся от

нелинейной зависимости между неизвестными параметрами преобразования, для этого выполним замену переменных:  $\alpha = m \cdot \cos\varphi$ ,  $\beta = m \cdot \sin\varphi$ . Тогда

$$\begin{bmatrix} X \\ Y \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X_0 \\ Y_0 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \alpha & -\beta \\ \beta & \alpha \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} U \\ V \end{bmatrix}.$$

Здесь так же, как и в случае (2), мы по-прежнему имеем четыре неизвестных параметра преобразования:  $X_0, Y_0, \alpha$  и  $\beta$ . Но между ними есть линейная связь. В литературе [5, с. 426] последнее соотношение также называют преобразованием координат по способу Гельмерта, демонстрируя тем самым, что это преобразование является частным случаем аффинного преобразования. Поскольку теперь между неизвестными параметрами преобразования есть линейная связь, нет необходимости раскладывать соответствующую функцию в ряд Тейлора и ограничиваться линейными членами разложения, задаваясь приближенными значениями неизвестных.

Представим себе программную систему, выполняющую преобразование координат. Система в таблице для ввода данных предлагает пользователю ввести пару «старых» координат  $U_i, V_i$  и пару «новых» координат  $X_i, Y_i$ . Каждая такая строка в этой таблице из четвёрки вводимых координат порождает новую пару уравнений поправок:

$$\begin{cases} v_i^x = X_0 + \alpha \cdot U_i - \beta \cdot V_i - X_i \\ v_i^y = Y_0 + \beta \cdot U_i + \alpha \cdot V_i - Y_i \end{cases},$$

или в матричном виде:

$$\begin{bmatrix} v_i^x \\ v_i^y \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & U_i & -V_i \\ 0 & 1 & V_i & U_i \end{bmatrix} \cdot [X_0 Y_0 \quad \alpha \quad \beta]^T - \begin{bmatrix} X_i \\ Y_i \end{bmatrix},$$

более кратко

$$\begin{bmatrix} v_i^x \\ v_i^y \end{bmatrix} = a_i \cdot x - \begin{bmatrix} X_i \\ Y_i \end{bmatrix}.$$

Здесь  $a_i = \begin{bmatrix} 1 & 0 & U_i & -V_i \\ 0 & 1 & V_i & U_i \end{bmatrix}$  — матрица уравнений поправок, составленная для очередной вводимой точки.

Вектор  $x = [X_0 Y_0 \quad \alpha \quad \beta]^T$  — вектор неизвестных параметров преобразования.

Например, первую пару уравнений поправок для первой вводимой точки  $X_1 = 2, Y_1 = 5, U_1 = 3, V_1 = 4$  в численном виде можно представить как:

$$\begin{bmatrix} v_1^x \\ v_1^y \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 3 & -4 \\ 0 & 1 & 4 & 3 \end{bmatrix} \cdot x - \begin{bmatrix} 2 \\ 5 \end{bmatrix}.$$

Первая пара уравнений поправок создает матрицу системы нормальных уравнений:

$$N_1 = a_1^T \cdot a_1$$

и вектор свободных членов нормальных уравнений:

$$L_1 = a_1^T \cdot \begin{bmatrix} X_1 \\ Y_1 \end{bmatrix},$$

или в численном виде:

$$N_1 = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 3 & -4 \\ 0 & 1 & 4 & 3 \end{bmatrix}^T \cdot \begin{bmatrix} 1 & 0 & 3 & -4 \\ 0 & 1 & 4 & 3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 3 & -4 \\ 0 & 1 & 4 & 3 \\ 3 & 4 & 25 & 0 \\ -4 & 3 & 0 & 25 \end{bmatrix},$$

$$L_1 = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 3 & -4 \\ 0 & 1 & 4 & 3 \end{bmatrix}^T \cdot \begin{bmatrix} 2 \\ 5 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 2 \\ 5 \\ 26 \\ 7 \end{bmatrix}.$$

Поскольку введена всего одна точка, определитель  $N_1$  равен нулю.

На вход системы поступает вторая точка в виде четвёрки координат:  $X_2 = 3, Y_2 = 2, U_2 = 3, V_2 = 1$ . Это порождает вторую пару уравнений поправок:

$$\begin{bmatrix} v_2^x \\ v_2^y \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 3 & -1 \\ 0 & 1 & 1 & 3 \end{bmatrix} \cdot x - \begin{bmatrix} 3 \\ 2 \end{bmatrix},$$

которые уточняют матрицу нормальных уравнений и их столбец свободных членов:

$$N_2 = N_1 + a_2^T \cdot a_2;$$

$$L_2 = L_1 + a_2^T \cdot \begin{bmatrix} X_2 \\ Y_2 \end{bmatrix},$$

или в численном виде:

$$N_2 = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 3 & -4 \\ 0 & 1 & 4 & 3 \\ 3 & 4 & 25 & 0 \\ -4 & 3 & 0 & 25 \end{bmatrix} + a_2^T \cdot a_2 = \begin{bmatrix} 2 & 0 & 6 & -5 \\ 0 & 2 & 5 & 6 \\ 6 & 5 & 35 & 0 \\ -5 & 6 & 0 & 35 \end{bmatrix},$$

$$L_2 = \begin{bmatrix} 2 \\ 5 \\ 26 \\ 7 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 1 & 0 & 3 & -1 \\ 0 & 1 & 1 & 3 \end{bmatrix}^T \cdot \begin{bmatrix} 3 \\ 2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 5 \\ 7 \\ 37 \\ 10 \end{bmatrix}.$$

На этом этапе введены две точки, то есть на вход системы избыточных измерений ещё не поступило, но нормальные уравнения мы всё же решить можем. Понятно, что все поправки будут равны нулю. Из системы нормальных уравнений  $N_2 \cdot x = L_2$  находим вектор параметров преобразования  $x$ :

$$x = N_2^{-1} \cdot L_2 = \begin{bmatrix} 35/9 & 0 & -2/3 & 5/9 \\ 0 & 35/9 & -5/9 & -2/3 \\ -2/3 & -5/9 & 2/9 & 0 \\ 5/9 & -2/3 & 0 & 2/9 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} 5 \\ 7 \\ 37 \\ 10 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1/3 \\ 0 \\ 1 \\ 1/3 \end{bmatrix}.$$

Здесь, чтобы при округлениях не потерять точность, обыкновенную дробь мы не переводим в десятичную.

На вход системы поступает третья точка:  $X_3 = 7, Y_3 = 3, U_3 = 6, V_3 = 1$ . Это порождает третью пару уравнений поправок:

$$\begin{bmatrix} v_3^x \\ v_3^y \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 6 & -1 \\ 0 & 1 & 1 & 6 \end{bmatrix} \cdot x - \begin{bmatrix} 7 \\ 3 \end{bmatrix}.$$

Уточняем обратную матрицу нормальных уравнений по формуле (1):

$$N_3^{-1} = N_2^{-1} - N_2^{-1} \cdot a_3^T \cdot \beta \cdot a_3 \cdot N_2^{-1},$$

где  $\beta = (E + a_3 \cdot N_2^{-1} \cdot a_3^T)^{-1}$  – диагональная матрица.

В численном виде:

$$\beta = \left( E + \begin{bmatrix} 3 & 0 \\ 0 & 3 \end{bmatrix} \right)^{-1} = \begin{bmatrix} 1/4 & 0 \\ 0 & 1/4 \end{bmatrix};$$

$$N_3^{-1} = N_2^{-1} - N_2^{-1} \cdot \begin{bmatrix} 1 & 0 & 6 & -1 \\ 0 & 1 & 1 & 6 \end{bmatrix}^T \cdot \begin{bmatrix} 1/4 & 0 \\ 0 & 1/4 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} 1 & 0 & 6 & -1 \\ 0 & 1 & 1 & 6 \end{bmatrix} \cdot N_2^{-1},$$

или

$$N_3^{-1} = \begin{bmatrix} 2 & 0 & -1/3 & 1/6 \\ 0 & 2 & -1/6 & -1/3 \\ -1/3 & -1/6 & 1/12 & 0 \\ 1/6 & -1/3 & 0 & 1/12 \end{bmatrix}.$$

Уточняем вектор свободных членов нормальных уравнений:

$$L_3 = L_2 + a_3^T \cdot \begin{bmatrix} X_3 \\ Y_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 5 \\ 7 \\ 37 \\ 10 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 1 & 0 & 6 & -1 \\ 0 & 1 & 1 & 6 \end{bmatrix}^T \cdot \begin{bmatrix} 7 \\ 3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 12 \\ 10 \\ 82 \\ 21 \end{bmatrix}.$$

Находим новый вектор неизвестных:

$$x = N_3^{-1} \cdot L_3 = \begin{bmatrix} 2 & 0 & -1/3 & 1/6 \\ 0 & 2 & -1/6 & -1/3 \\ -1/3 & -1/6 & 1/12 & 0 \\ 1/6 & -1/3 & 0 & 1/12 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} 12 \\ 10 \\ 82 \\ 21 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1/6 \\ -2/3 \\ 7/6 \\ 5/12 \end{bmatrix}.$$

Вычислим поправки к «измеренным» величинам:

$$v = \begin{bmatrix} a_1 \\ a_2 \\ a_3 \end{bmatrix} \cdot x - [X_1 \ Y_1 \ X_2 \ Y_2 \ X_3 \ Y_3]^T = [0 \ 0.25 \ 0.25 \ -0.25 \ -0.25 \ 0]^T.$$

Зададимся следующим правилом для поиска грубых ошибок ввода: если максимальная по модулю поправка  $|v_i|$  будет меньше 0,4, то считаем введенные координаты доброкачественными и искать ошибку во введенных данных не следует. Иначе необходимо искать ошибку во введенных данных, причём во всех трёх введенных точках. Как видно, в нашем случае все поправки по модулю оказались меньшими 0,4.

Введём координаты следующей, четвертой точки:  $X_4 = 5, Y_4 = 6, U_4 = 6, V_4 = 5$ . Появится соответствующая матрица уравнений поправок:

$$\begin{bmatrix} v_4^x \\ v_4^y \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 6 & -5 \\ 0 & 1 & 5 & 6 \end{bmatrix} \cdot x - \begin{bmatrix} 5 \\ 6 \end{bmatrix}.$$

Уточняем обратную матрицу нормальных уравнений по формуле (1):

$$N_4^{-1} = N_3^{-1} - N_3^{-1} \cdot a_4^T \cdot \beta \cdot a_4 \cdot N_3^{-1},$$

где  $\beta = (E + a_4 \cdot N_3^{-1} \cdot a_4^T)^{-1}$ .

В численном виде:

$$\beta = \left( E + \begin{bmatrix} 17/12 & 0 \\ 0 & 17/12 \end{bmatrix} \right)^{-1} = \begin{bmatrix} 12/29 & 0 \\ 0 & 12/29 \end{bmatrix};$$

$$N_4^{-1} = N_3^{-1} - N_3^{-1} \cdot \begin{bmatrix} 1 & 0 & 6 & -5 \\ 0 & 1 & 5 & 6 \end{bmatrix}^T \cdot \begin{bmatrix} 12/29 & 0 \\ 0 & 12/29 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} 1 & 0 & 6 & -5 \\ 0 & 1 & 5 & 6 \end{bmatrix} \cdot N_3^{-1};$$

или

$$N_4^{-1} = \begin{bmatrix} 133/87 & 0 & -6/29 & 11/87 \\ 0 & 133/87 & -11/87 & -6/29 \\ -6/29 & -11/87 & 4/87 & 0 \\ 11/87 & -6/29 & 0 & 4/87 \end{bmatrix};$$

$$L_4 = L_3 + a_4^T \cdot \begin{bmatrix} X_4 \\ Y_4 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 12 \\ 10 \\ 82 \\ 21 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 1 & 0 & 6 & -5 \\ 0 & 1 & 5 & 6 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} 5 \\ 6 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 17 \\ 16 \\ 142 \\ 32 \end{bmatrix}.$$

Находим новый вектор неизвестных:

$$x = N_4^{-1} \cdot L_4 = \begin{bmatrix} 133/87 & 0 & -6/29 & 11/87 \\ 0 & 133/87 & -11/87 & -6/29 \\ -6/29 & -11/87 & 4/87 & 0 \\ 11/87 & -6/29 & 0 & 4/87 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} 17 \\ 16 \\ 142 \\ 32 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 19/29 \\ -10/87 \\ 86/87 \\ 9/29 \end{bmatrix}.$$

Вычислим поправки к «измеренным» величинам:

$$v = [0.38 \quad -0.23 \quad 0.31 \quad -0.20 \quad -0.72 \quad -0.26 \quad 0.03 \quad 0.69]^T.$$

Как видно, значения двух поправок по модулю превышают 0,4. Одна из этих поправок относится к третьей вводимой точке, а вторая — к четвертой. Однако мы понимаем, что метод наименьших квадратов распределяет невязку на все измерения. Мы помним, что первые три введенные точки были оценены нами, как доброкачественные. Делаем вывод, что ошибку следует искать в координатах последней введенной точки.

После нахождения грубой ошибки ( $Y_4$  оказался равным 8, а не 6) уравнения поправок для четвертой вводимой точки изменились:

$$\begin{bmatrix} v_4^x \\ v_4^y \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 6 & -5 \\ 0 & 1 & 5 & 6 \end{bmatrix} \cdot x - \begin{bmatrix} 5 \\ 8 \end{bmatrix}.$$

После применения всей процедуры новый вектор поправок будет:

$$v = [-0.10 \quad 0.32 \quad 0.24 \quad -0.26 \quad -0.17 \quad 0.08 \quad 0.03 \quad -0.14]^T.$$

Видно, что ни одна из значений поправок по модулю не превышает 0,4. Таким образом, введенные координаты четвертой точки уже не содержат грубых ошибок.

**Выводы.** В статье продемонстрирован разработанный автором процесс выявления грубых ошибок при вводе данных в программную систему преобразования координат по способу Гельмерта. После ввода четверки координат очередной точки уточняется обратная матрица нормальных уравнений на основе рекуррентной формулы Шермана–Морриса. Далее вычисляется вектор неизвестных параметров преобразования и вектор поправок. Поскольку метод наименьших квадратов распределяет невязку по всем измерениям, в качестве индикатора грубых ошибок предложен анализ вектора поправок. Если значение максимальной по модулю поправки превышает заданный ценз, то к какому бы измерению не относилась эта поправка, отбраковывается последняя введенная точка.

Можно вместо анализа максимальной по модулю поправки после ввода очередной точки вычислять новую среднюю квадратическую ошибку. Если она превышает допустимое значение, то аналогично бракуется последняя введенная точка. Процедура контроля грубых ошибок производится на этапе ввода данных. Она не позволяет пользователю ввести координаты следующей точки до тех пор, пока не будут введены доброкачественные координаты текущей точки.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Воеводин В.В. Энциклопедия линейной алгебры: Электронная система ЛИНЕАЛ / В.В. Воеводин, Вл.В. Воеводин. – СПб.: БХВ-Петербург, 2006. – 544 с.
2. Большаков В.Д. Уравнивание геодезических построений: Справочное пособие / Большаков В.Д., Маркузе Ю.В., Голубев В.В. – М.: Недра, 1989. – 413 с.
3. Маркузе Ю.И. Основы метода наименьших квадратов и уравнительных вычислений: Учеб. пособие / Ю.И. Маркузе. – М.: МИИГАиК, 2005. – 280 с.
4. Герасименко М.Д. К вопросу о выявлении грубых ошибок измерений / М.Д. Герасименко // Геодезия и аэрофотосъемка. – 2010. – № 6. – С. 3–6.
5. Михайлович К. Геодезия: Уравнивательные вычисления / К. Михайлович. – М.: Недра, 1978. – 448 с.

## REFERENCES



1. Voevodin, V.V., & Voevodin, V.I. (2006). *Entsiklopedia lineynoy algebrы:Elektronnaia sistema LINEAL [Encyclopaedia of linear algebra: Electronic system LINEAL]*. St.Peterburg: BHV-Petergurg [in Russian].
2. Bolshakov, V.D., Markuze U.V., & Golubev, V.V. (1989). *Uravnivanie geodezicheskikh postroehiy: Spravochnoe posobie [Adjustment of Networks: Certificate manual]*. Moscow: Nedra [in Russian].
3. Markuze, U.V. (2005). *Osnovy metoda naimenshikh kvadratov i uravnitelnykh vychisleniy: Uchebnoe posobie [Bases of Least Squares Method and Adjustment Calculations: Train aid]*. Moscow: MIIGAİK [in Russian].
4. Gerasimenko, M.D. (2010). К вопросу о выявлении грубых ошибок измерений [To the question about diagnostic of measurements gross errors]. *Izvestia vuzov. Geodezia i aerofotosemka — News of higher educational establishments. A section is a geodesy and aero surveying*, 6, 3-7. Moscow: MIIGAİK [in Russian].
5. Mikhailovich, K. (1978). *Geodezia: Uravnitelnye vychislenia [Geodesy: Adjustment Calculations]*. Moscow: Nedra [in Russian].

**В.В. Зіборов**

### **ВИЯВЛЕННЯ ГРУБИХ ПОМИЛОК В ЗАДАЧІ ПЕРЕТВОРЕННЯ КООРДИНАТ ЗВИКОРИСТАННЯМРЕКУРЕНТНОЇ ФОРМУЛИ**

*Запропоновано контроль грубих помилок в задачі перетворення координат за способом Гельмerta. Під час подання на вхід інформаційної системи чергової четвірки координат генерується два рівняння поправок. Зворотну матрицю нової системи нормальних рівнянь пропонується шукати на основі попередньої зворотної матриці за рекурентною формулою Шермана–Морріса. Груба помилка виявляється в процесі аналізу чергового вектора поправок. Якщо максимальна модулем поправка виявляється більшою за деякий ценз, то остання четвірка координат точки, що вводиться, бракується. Наведено чисельний приклад розв'язання задачі.*

**Ключові слова:** обробка результатів вимірювань, метод найменших квадратів, вирівнювання параметричним способом, рекурентне вирівнювання, послідовне вирівнювання, виявлення грубих помилок вимірювань.

**V.V. Ziborov**

### **GROSS ERRORS DIAGNOSTIC IN THE TASK OF HELMERT COORDINATES TRANSFORMATION WITH THE USE OF RECURRENT FORMULA**

*Gross errors diagnostic is offered in the task of Helmert coordinates transformation. At a receipt on the entrance of the informational system of next four of coordinates in obedience to method of least squares two equalizations of residuals are generated. It is suggested to calculate the inverse matrix of the new system of normal equalizations on the basis of previous inverse matrix on the Sherman–Morrison recurrent formula. After the receipt of new inverse matrix we calculate the next vector of adjustment corrections. A gross error is revealed during the analysis of the vector of adjustment corrections. If a maximal on the module amendment appears greater*

*some qualification, the last four of coordinates of the entered point is scrapped. It is possible, for example, to accept qualification equal to two possible middle quadratic errors. The numeral example of decision of task is resulted.*

**Keywords:** *transformation of coordinates, gross errors diagnostic, processing observed measurements, method of least squares, gross errors, critical values of residuals, parametric adjustment of observed measurements, recursive adjustment, recurrent adjustment, recursive least squares.*

Надійшла до редакції

20.03.2014

УДК 528.7

**О.Є. Куліковська**

*д-р техн. наук, доцент, професор кафедри геодезії,  
ДВНЗ «Криворізький національний університет»*

## **РЕЗУЛЬТАТИ ГЕОДЕЗИЧНИХ СПОСТЕРЕЖЕНЬ ЗА ОСІДАННЯМИ СПОРУД ДП «КРИВОРІЗЬКА ТЕПЛОЦЕНТРАЛЬ»**

*Розглянуто особливості деформаційних процесів котлотурбінного цеху, однієї із споруд технологічного комплексу ДП «Криворізька теплоцентраль», та обґрунтовано потребу в систематичному геодезичному моніторингу стану об'єкта. Дослідження виконано шляхом огляду літературних джерел, лабораторних дослідів, натурних вимірювань, обробки й аналізу їх результатів. Для проведення досліджень закладено спостережну станцію. Визначено можливі причини виникнення вертикальних деформацій інженерних споруд котлотурбінного цеху. Виконано розрахунок точності геодезичних спостережень та наведено методика досліджень. У результаті реалізації трьох циклів спостережень визначено відмітки осадових марок і глибинних реперів. Аналіз спостережень дав змогу виявити характер деформування й осідань котлотурбінного цеху. Отримані дані рекомендується використовувати для складання графіків планово-запобіжних ремонтів досліджуваної споруди.*

**Ключові слова:** *деформації, осідання, інженерні споруди, глибинні репери, осадові марки, геометричне нівелювання, інженерно-геологічні умови, гірничі роботи, висотна геодезична мережа.*

**Вступ.** *Нормальна, безаварійна робота ДП «Криворізька теплоцентраль» залежить від стійкості основних будівель і споруд цього технологічного комплексу. Однак внаслідок конструктивних особливостей, природних умов і діяльності людини інженерні*

споруди ДП «Криворізька теплоцентраль» в цілому та їх окремі елементи зазнають різноманітних деформацій. Під постійним тиском маси споруд ґрунти в основі фундаменту поступово ущільнюються (стискаються) через що відбувається зміщення у вертикальній площині або осідання об'єкта. Крім тиску власної маси, осідання споруд викликане й іншими причинами: карстовими і зсувними явищами, зміною рівня ґрунтових вод, роботою важких механізмів, рухом транспорту, сейсмічними явищами і т. п. На особливу увагу заслуговує та обставина, що споруди розміщено в безпосередній близькості від гірничодобувних підприємств, на яких провадиться видобуток рудної маси із застосуванням масових вибухів.

**Аналіз останніх досліджень.** Починаючи з 1986 р., фахівцями Криворізького гірничорудного інституту (нині – ДВНЗ «Криворізький національний університет») були розпочаті дослідження стійкості основних інженерних споруд Криворізької ТЕЦ [2-5], за допомогою високоточних приладів виконано серію спостережень з визначення відміток осадкових марок і глибинних реперів. Протягом 1986–1990 рр. в районній котельні (РК) № 1 і впродовж 1992 – 1994 рр. в РК №5 виконано інструментальні спостереження за деформаціями фундаментів цих об'єктів, які стали складовою частиною планово-запобіжних ремонтів. Згодом через фінансові труднощі підприємства геодезичні спостереження були призупинені і майже двадцять років не виконувалися.

© О.Є. Куліковська, 2014 Відповідно до методичних вказівок [1], на підставі договору між адміністрацією ДП «Криворізька теплоцентраль» та ДВНЗ «Криворізький національний університет» навесні 2013 р. поновлено високоточні геодезичні спостереження за осіданням фундаментів будівель котлотурбінного цеху (КТЦ), районної котельні № 5 та газорозподільного пункту № 1 (ГРП-1) районної котельні № 2. З метою виявлення ділянок, на яких може виникнути перерозподіл навантажень, що призведе до критичних деформацій, здатних вплинути на безпечну роботу підприємства, визначено такі завдання: відновити стаціонарні геодезичні полігони для подальших систематичних геодезичних вимірювань; розробити методику визначення швидкості осідання фундаментів інженерних споруд; підготувати моделі їх переміщення; розробити рекомендації щодо запобігання виникненню надзвичайних ситуацій на об'єктах спостереження.

**Основна частина.** КТЦ розміщено на території Жовтневого району міста Кривий Ріг. На півночі ділянка межує з гірничими відводами ПАТ «Суха Балка», на півдні – з ПАТ «Криворізький залізорудний комбінат» (шахта «Батьківщина»), із заходу – з кар'єром «Велика Глеюватка» Центрального ГЗК.

У сейсмічному відношенні ділянка, згідно зі СНиП П-7-81, належить до IV району, а з геологічного погляду – до структури Українського щита. Розташована у південній насувній частині Саксаганського рудного поля, має типову для нього геологічну будову. Ділянка складається з метаморфічних порід криворізької серії та осадкових порід кайнозою (рис. 1).

Слід зазначити, що на території КТЦ великих розривних порушень не виявлено. На ділянці спостерігається змінання пластів у складки, ускладнені дрібними тектонічними порушеннями. У результаті гідрогеологічних досліджень з'ясовано, що нині в межах ділянки КТЦ породи висушені завдяки роботі дренажних комплексів. Про це свідчать дані свердління та режимних спостережень, отримані зі свердловин родовища «Велика

Глеюватка»; родовища, які відпрацьовують фахівці КЖРК, до глибини 350 – 500 м виявились безводними [6].

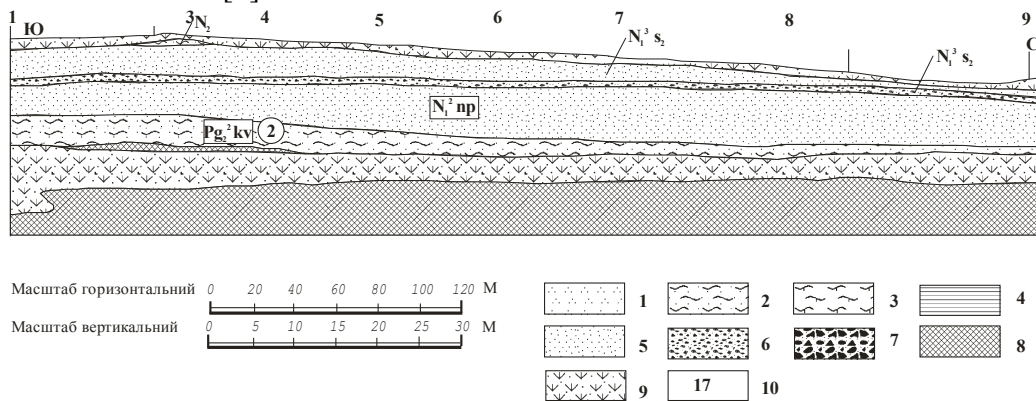


Рис. 1. Геологічний розріз кайнозойських відкладів ділянки КТЦ:

1 – алеврити гравійно-піщанисті; 2 – глини піщанисті; 3 – породи глинисто-піщанисто-карбонатні; 4 – глини окремененні; 5 – піски; 6 – породи піщано-гравійні; 7 – алювіальні відкладення; 8 – породи залізисто-кременистої формації; 9 – задерновані ділянки розрізу; 10 – номери профілів

Система осадових марок і реперів на території інженерних споруд ДП «Криворізька теплоцентраль» була закладена у період післявоєнної відбудови [3]. При цьому застосовано систему висот, основу якої становила будівельна сітка. Пізніше відмітки реперів і марок були узгоджені з державною системою координат, у результаті чого їх позначки почали обчислювати у Балтійській системі висот. Розгляд робіт, раніше виконаних фахівцями виробничо-технічного відділу, засвідчив, що всі вимірювання проводилися нівелірами технічної точності [5]. У зв'язку з цим середні квадратичні похибки визначення висотного положення осадових марок в деяких випадках могли значно перевищувати величини осідань фундаментів будівель і споруд. Отже, результати спостережень були недостатньо достовірні, а самі вимірювання не давали змоги забезпечити точність, пропоновану відповідними інструкціями та рекомендаціями [1; 6].

Відповідно до вимог [1] допустима похибка визначення вертикальних деформацій основ фундаментів інженерних споруд теплоцентралі (ТЦ) дорівнює  $\pm 1$  мм. Тоді величина граничної похибки визначення абсолютної відмітки  $m_H$  може бути знайдена з виразу

$$m_H \leq \frac{m_{H\text{доп}}}{\sqrt{n}},$$

де  $m_{H\text{доп}}$  – допустима похибка визначення вертикальних деформацій в основах фундаментів, мм;  $n$  – кількість визначень.

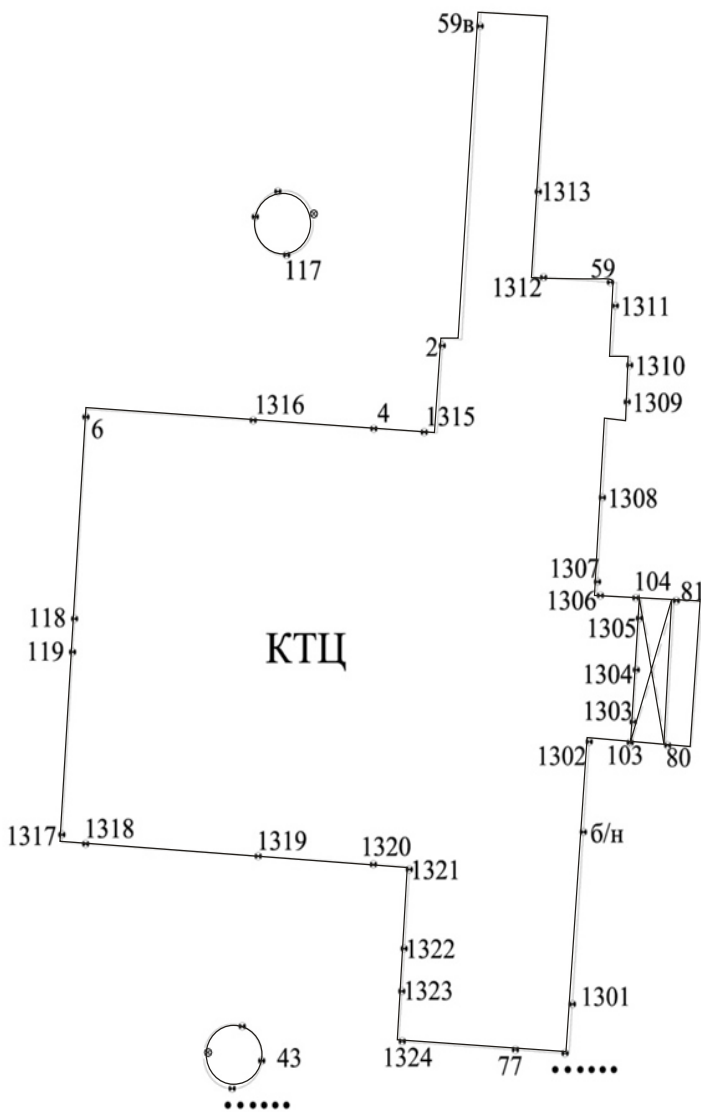


Рис. 2. Розміщення осадових марок на території промислового майданчика КТЦ

відстані 0,3-1,0 м від поверхні землі. Місця їх закладання обрано так, щоб не тільки була можливість вільного підходу до марок, а й вони збігалися з основними осями споруди.

Для забезпечення необхідної точності спостережень за вертикальними деформаціями досліджуваної споруди контролювалася стійкість висотної основи [13-17]. Похибка визначення перевищень у замкнутому полігоні між вихідними глибинними реперами 1, 4, 5 за програмою I класу становила в 1986 – 1987 рр.  $\pm 0,40 \dots \pm 0,75$  мм за гранично допустимої  $\pm 0,95$  мм [8].

Оскільки зміна висоти реперів між поточним і початковим спостереженнями не перевищує подвійної середньої квадратичної похибки визначення різниці висот, то це свідчить про відносну стабільність реперів висотної основи. Таким чином, можна дійти висновку, що всі репери основи можуть слугувати вихідною висотною основою під час визначення вертикальних деформацій марок.

У 2013 р. проведено три цикли спостережень за осадовими марками. Перед початком робіт виконано фотозйомку (рис. 3), у місцях виявлення тріщин вирішено закріпити додаткові марки.

Підставивши у наведену формулу значення  $m_{H_{don}} = \pm 1$  мм і  $n = 2$ , отримаємо величину граничної похибки нівелювання точки, яка буде дорівнювати  $\pm 0,7$  мм.

Розрахунки обґрунтування точності спостережень із застосуванням рекомендацій [7 – 10] дали можливість визначити їх методику та обрати відповідні інструменти, а саме метод високоточного геометричного нівелювання короткими візирними променями [11] за допомогою оптичного нівеліра АТ-G2 [12].

Як засвідчили дослідження 2013 р. на території КТЦ збереглися тільки два куща реперів висотної основи, через що виникла потреба в закладанні додаткових кущів реперів. Розміщення осадових марок на території промислового майданчика КТЦ відображено на рис. 2. Осадкові марки являють собою виготовлені з бурової сталі металеві штирі завдовжки 150 – 200 мм, забетоновані у несучих конструкціях споруди на



Рис. 3. Фотоматеріал про наявність рушення фундаменту та конструкцій споруди

У тому ж році закладено репер, який дістав назву «Реп 3 новий». Виконано три цикли високоточного нівелювання між реперами висотного обґрунтування. Обчислення зрівняних відміток вихідних реперів реалізовано у програмному комплексі «Digitals» [18] (таблиця).

Таблиця

#### Висотні відмітки вихідних реперів на промисловому майданчику КТЦ

Назва репера	Відмітки реперів за циклам, м					
	1	2	3	4	5	6
	1986-1987 рр.			2013 р.		
	Цикл 1	Цикл 2	Цикл 3	Цикл 1	Цикл 2	Цикл 3
	ХІІ, 1986	УІІІ, 1987	ХІ, 1987	26.04.13 р.	16.05.13 р.	25.06.13 р.
1	71,5265	71,5265	71,5265	71,5265	71,5265	71,5265
1	71,6002	71,6003	71,6000	71,6007	71,6008	71,6007
4	73,1828	73,1830	73,1827	знищено		
Реп 3 новий				72,7429	72,7431	72,7430

Гранично допустимі різниці в перевищеннях між глибинними реперами не перевищували для ходу 1-4 –  $\pm 0,48$  мм, для ходу 4–Реп 3 новий –  $\pm 0,51$  мм, а для ходу Реп 3 новий – 1  $\pm 0,64$  мм. У результаті виконаних спостережень будівлі виявлено, що осідання осадкових марок за період з вересня 1987 р. до червня 2013 р. перебувало у межах від  $-0,9$  до  $+0,9$  мм, а швидкість осідання становила від  $-0,5$  до  $+0,4$  мм/міс. При цьому максимальні швидкості вертикальних деформацій, що перевищують граничні, виявлено в районі марок 81, 1324, 77, 7а, 1316 (рис. 4). Однак під час виконання спостережень критичних деформацій і тріщин не зауважено.

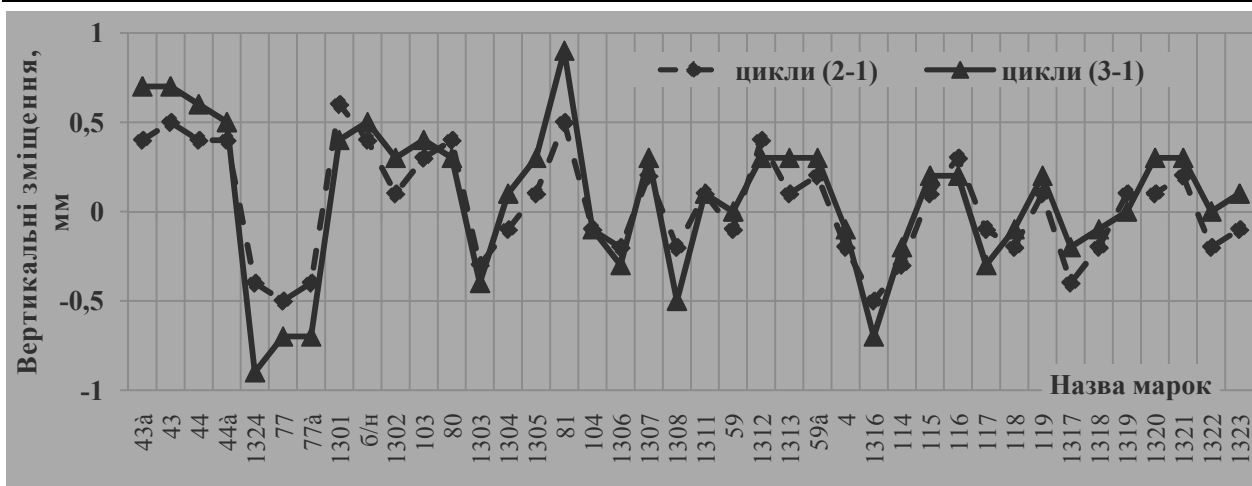
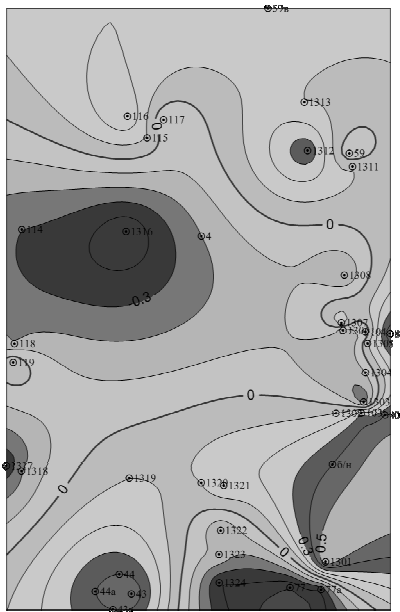


Рис. 4. Вертикальні деформації осадкових марок у фундаменті КТЦ

За обчисленими значеннями вертикальних зміщень створено моделі динаміки вертикальних деформаційних процесів із часом у пакеті «Surfer»(рис. 5). Аналіз контурних карт свідчить про активізацію деформаційних процесів. Вертикальні зміщення мають як додатний знак, так і від'ємний.

*a*



*б*

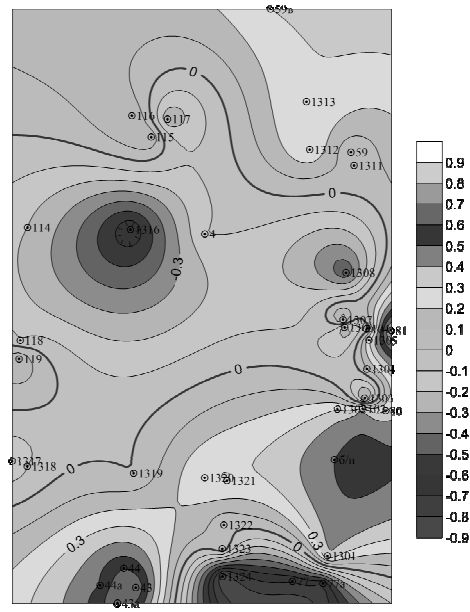


Рис. 5. Контурна карта розвитку вертикальних деформаційних процесів осадкових марок КТЦ у 2013 році: *a*– цикли 2-1; *б*– цикли 3-1

Побудова каркасної моделі зміщень шляхом використання можливостей «3DWireframe» із позначенням векторів зміщень (рис. 6), дала змогу більш наочно визначити найнебезпечніші ділянки на об'єкті дослідження; пояснити наявність тріщин як у стінах будови КТЦ, так і на підлозі, всередині споруди.

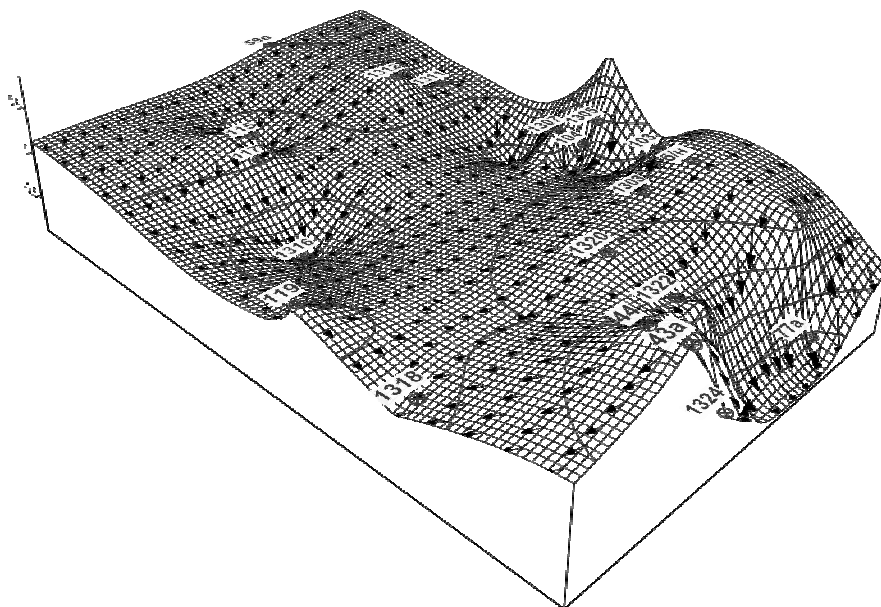


Рис. 6. Каркасна модель зміщень з використанням можливостей «3DWireframe»

**Висновки.** Одержані значення вертикальних деформацій дали можливість виявити, що деформаційні процеси на промисловому майданчику КТЦ відбуваються досить інтенсивно, через що рекомендується здійснювати моніторингові спостереження раз на півроку. Таким чином, представлена система організації моніторингу за стійкістю інженерного об'єкта дає підстави своєчасно в процесі його експлуатації розробляти заходи для запобігання та усунення неприпустимих для конструкції споруди деформацій, виконувати планово-запобіжні ремонти.

З метою подальших досліджень рекомендується не припиняти робіт з визначення стабільності реперів висотної основи, оскільки період між моментом закладання нових реперів та початком виконання циклів спостережень відповідно до інструкції [14] не перевищує трьох місяців.

#### СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. *Методические указания по наблюдениям за осадками фундаментов, деформациями конструкций зданий и сооружений и режимом грунтовых вод на тепловых и атомных электростанциях.* – М.: Союзэнерго, 1985. – 72 с.
2. *Исследование устойчивости инженерных сооружений Криворожской ТЭЦ им. Ильича [Текст]: отчет НИР (промежуточный);* рук. Сазонов В.А. – № 7–54–86; ГР 01860077781. – Кривой Рог, 1986. – 52 с.
3. *Исследование устойчивости инженерных сооружений Криворожской ТЭЦ им. Ильича [Текст]: отчет НИР (промежуточный);* рук. Сазонов В.А. – № 7–54–86; ГР 01860077781. – Кривой Рог, 1987. – 71 с.
4. *Исследование устойчивости инженерных сооружений Криворожской ТЭЦ им. Ильича [Текст]: отчет НИР (промежуточный);* рук. Сазонов В.А. – № 7–54–86; ГР 01860077781. – Кривой Рог, 1988. – 71 с.



5. *Исследование устойчивости инженерных сооружений Криворожской ТЭЦ им. Ильича* [Текст]: отчет НИР (промежуточный); рук. Сазонов В.А. – № 7–54–86; ГР 01860077781. – Кривой Рог, 1989. – 75 с.
6. *Геодезичні спостереження за осіданнями споруд ДП «Криворізька теплоцентраль»* [Текст]: звітНДР; кер.Куліковська О.Є.– № 9-951-13; ГР 02860057897.– Кривой Рог: КНУ, 2013. – 83 с.
7. *Уставич Г.А.* Геодезические работы при строительстве и эксплуатации крупных энергетических объектов [Текст]: / Г.А. Уставич, Г.Д. Костина. – М.: Недра, 1983. – 132 с.
8. *Справочное руководство по инженерно-геодезическим работам* [Текст]: справочник / под редакцией Большакова В.Ф., Левчука Г.П. – М.: Недра, 1980. – 781с.
9. *Жуков Б.Н.* Геодезический контроль сооружений и оборудования промышленных предприятий[Текст]: монография. – Новосибирск: СГГА, 2003. – 356 с.
10. *Михелев Д. Ш.* Геодезические измерения при изучении деформаций крупных инженерных сооружений [Текст]: учеб. пособие/ Д. Ш. Михелев, И. В. Рунов, А. И. Голубцов. – М.: Недра, 1977. – 152 с.
11. *Перепечкин А.А.* Об оптимальной длине визирного луча при измерении осадок сооружений [Текст]/ А.А. Перепечкин // Геодезия и картография. – 1976. – № 2. – С. 27–31.
12. *Topcon Corporation Headquarters* [Електронний ресурс].– Режим доступу:<http://www.topcon.ua/>.– 13.11.2014 р. – Загол. з екрана.
13. *Черников В.Ф.* Создание высотной опорной сети для наблюдения за осадками промышленных сооружений [Текст] / В.Ф. Черников // Известия вузов. Геодезия и аэрофотосъемка. – 1963. – № 3. – С. 37–42.
14. *Инструкция по нивелированию I, II, III и IV классов* [Текст: ГКИНП (ГНТА)-03-010-02].– Изд. офиц. – М.: Недра, 2003. – 136 с.
15. *Геодезические методы исследования деформаций сооружений* [Текст]: учеб. пособ. / А.К. Зайцев, П.В. Марфенко, Д.Ш. Михелев [и др.] – М.: Недра, 1991. – 272 с.
16. *Luccio M.*The concrete and the clay: monitoring large structure deformation [Текст] / M. Luccio // GPSWorld, Vol. 13. – 2002. – № 8. – Р. 16.
17. *Костецька Я.* Дослідження методів визначення нестабільності висот реперів у нівелірних мережах [Текст] / Я. Костецька, Р. Озімбловський, Н. Турчин // Сучасні досягнення геодезичної науки і техніки. – Львів: Вид-во Львівської політехніки, 2011. – №1(121). – С. 121–125.
18. *Программное обеспечение для цифровой картографии и землеустройства* [Электронный ресурс]. - Режим доступу:<http://www.geosystema.net/digitals/>.– 13.11.2014 г. – Загл. с экрана.

#### REFERENCES

1. *Metodicheskie ukazaniya po nablyudeniya za osadkami fundamentov, deformatsiyami konstrukcij zdaniy i sooruzhenij i rezhimom gruntovykh vod na teplovykh i atomnykh e'lektrostantsiyax* [Guidelines for the control for the foundations, deformations of buildings and structures and the groundwater regime in thermal and nuclear power plants]. (1985). – М.: SoyuzEnergo [in Russia].

2. *Issledovanie ustojchivosti inzhenernyx sooruzhenij Krivorozhskoj TE'C im. Il'icha* [Investigation of the stability of engineering structures Krivoy Rog TPP them. Ilyich]. № 7–54–86; GR 01860077781. (1986). KrivoyRog: KNU[in Ukrainian].
3. *Issledovanie ustojchivosti inzhenernyx sooruzhenij Krivorozhskoj TE'C im. Il'icha* [Investigation of the stability of engineering structures Krivoy Rog TPP them. Ilyich]. № 7–54–86; GR 01860077781. (1987). KrivoyRog: KNU[in Ukrainian].
4. *Issledovanie ustojchivosti inzhenernyx sooruzhenij Krivorozhskoj TE'C im. Il'icha* [Investigation of the stability of engineering structures Krivoy Rog TPP them. Ilyich]. № 7–54–86; GR 01860077781. (1988). KrivoyRog: KNU[in Ukrainian].
5. *Issledovanie ustojchivosti inzhenernyx sooruzhenij Krivorozhskoj TE'C im. Il'icha* [Investigation of the stability of engineering structures Krivoy Rog TPP them. Ilyich]. № 7–54–86; GR 01860077781. (1989). KrivoyRog: KNU[in Ukrainian].
6. *GeodezychnisposterezhennjazaosidannjamysporudDP «Kryvoriz'kateplocentral'»* *Geodezichni sposterezhennyaforosidannyamysporudDP «Krivorizkaheatingplant»*. № 9–951–13 (02860057897). (2013). KryviyRih:KNU [inUkrainian].
7. Ustavich G.A., & Kostin, G.D.(1983). *Geodezicheskie raboty pri stroitelstve i ekspluatatsii krupnyh energeticheskikh obektov* [Geodetic works in the construction and operation of large power plantst]. Moscow: Nedra [in Russia].
8. Bolshakov V.F., Levchuk, G.P. (Eds.). (1980). *Spravochnoe rukovodstvo po ynzhenerno-geodezycheskym rabotam* [Reference engineering and geodetic works]. Moscow: Nedra [in Russia].
9. Zhukov B.N. (2003) *Geodezicheskiy kontrol sooruzheniy i oborudovaniya promyshlennyh predpriyatij* [Geodetic control facilities and equipment of industrial enterprises]. Novosibirsk: SSGA [in Russia].
10. Mikhelev D. Sh. Rounov, I. V., & Golubtov, A. I. (1977). *Geodezicheskie izmereniya pri izuchenii deformatsiy krupnyh inzhenernyh sooruzheniy* [Geodetic measurements in the study of deformations of large engineering structures]. Moscow: Nedra [in Russia].
11. Perepechkin A.A. (1976). Ob optimal'noj dlyne vyzyrnogo luchu pry yzmerenyy osadok sooruzhenyj [On the optimal length of the sight line in the measurement of sediment structures].*Geodezyja i kartografyja – Geodesy and Cartography*, 2, 27–31[in Ukrainian].
12. *Sajt kompanii Topcon Corporation Headquarters* [The company's website Topcon Corporation Headquarters].[www.topcon.ua/](http://www.topcon.ua/). Retrieved from <http://www.topcon.ua/> [in Ukrainian].
13. Chernikov V.F. (1963). *Sozdanie vysotnoy opornoj seti dlya nablyudeniya za osadkami promyshlennyh sooruzheniy* [Creating a high-rise core network to monitor precipitation industrial structures]. *Izvestiya vuzov. Geodeziya i aerofotosemka – Proceedings of the universities. Surveying and aerial photography*, 3, 37–42 [in Russia].
14. *INSTRUKCIYa po nivelirovaniyu I, II, III i IV klassov* [INSTRUCTIONS for leveling I, II, III and IV classes]. (2003). GKNP (GNTA) –03–010–02. Moscow: Nedra [in Russia].
15. Zaitsev A.K., Marfenko P.V.& Mikhelev D.Sh. (1991). *Geodezicheskie metody issledovaniya deformacij sooruzhenij* [Geodetic methods of research deformation structures]. Moscow: Nedra [in Russia].
16. Luccio M. (2002). The concrete and the clay: monitoring large structure deformation [The concrete and the clay: monitoring large structure deformation]. *GPS World – GPS World*, Vol. 13, 8, 16 [in USA].

17. Kostetska J., Ozimblovsky, R. & Turchin, N. (2011). Doslidzhennya metodiv viznachennya nestabilnosti visota reperiv in nivelirnih trammel [Research methods for the determination of the instability of the heights of the reference points in levelling networks]. *Suchasni dosyagnennya geodezichnoї science i tehniki. – Recent advances in geodetic science and technology*. Lviv: VidavniststvoLvivskoї politehniki, №1 (121), 121–125.

18. *Programmnoe obespechenie dlja cifrovoj kartografii i zemleustrojstva [Software for digital cartography and land management]*. www.geosystema.net/digitals. Retrieved from <http://www.geosystema.net/digitals/> [in Ukrainian].

**О.Е. Куликовская**

### **РЕЗУЛЬТАТЫ ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ НАБЛЮДЕНИЙ ЗА ОСАДКАМИ СООРУЖЕНИЙ ГП «КРИВОРОЖСКАЯ ТЕПЛОЦЕНТРАЛЬ»**

*Рассмотрены особенности деформационных процессов котлотурбинного цеха, одного из сооружений технологического комплекса ГП «Криворожская теплоцентраль», и обоснована необходимость систематического геодезического мониторингасостояния объекта. Исследования выполнено путем обзора литературных источников, лабораторных опытов, натурных измерений, обработки и анализа их результатов с использованием современного программного обеспечения. Для проведения исследований заложена наблюдательная станция. Определены возможные причины образования вертикальных деформаций инженерных сооружений котлотурбинного цеха. Выполнен расчет точности геодезических наблюдений и приведена методика исследований. В результате реализации трех циклов наблюдений определены отметки осадочных марок и глубинных реперов.*

*Полученные значения вертикальных деформаций позволили установить, что деформационные процессы на промышленной площадке котлотурбинного цеха протекают достаточно интенсивно, в связи с чем рекомендуется осуществлять мониторинговые наблюдения один раз в полгода. Представленная система организации мониторинга за устойчивостью инженерного объекта предоставит право своевременно, во время его эксплуатации, разрабатывать меры по предупреждению и устранению недопустимых для конструкции сооружения деформаций, осуществлять плано-предупредительные ремонты. С целью дальнейших исследований, рекомендуется продолжить работы по определению стабильности реперов высотной основы.*

**Ключевые слова:** деформации, оседания, инженерные сооружения, глубинные реперы, осадочные марки, геометрическое нивелирование, инженерно-геологические условия, горные работы, высотная геодезическая сеть.

**O.Ye. Kulikovskaya**

### **RESULTS OF GEODETIC OBSERVATIONS OF PRECIPITATION STRUCTURES SE «KRIVOROZHSKAYA TEPLOCENTRAL»**

*The features of deformation processes and turbine plant, one of the technological complex structures SE «Krivorozhskaya teplocentral» and the necessity of a systematic geodetic monitoring. The studies were conducted by analyzing the literature, laboratory studies, field measurements, process and analyze their results using modern software. For research laid the observation station. The possible causes of the vertical deformation of engineering structures boiler-turbine plant. Made a miscalculation precision geodetic observations and describes a*

*method of research. As a result of three cycles of observation determines the height of sedimentary brands and deep frames.*

*The values obtained for the vertical deformation revealed that the deformation processes in the industrial area of boiler turbine plant occur quite rapidly, in connection with what is recommended in monitoring every six months. The proposed system for monitoring the stability of the organization of the engineering object will provide the right to a timely, during its operation, to develop measures to prevent and eliminate harmful to the building structure deformation carried out scheduled preventive maintenance. For the purpose of further research, it is recommended to continue work on defining the stability of frames of high-altitude base.*

**Keywords:** *deformation, subsidence, engineering structures, deep frames, sedimentary brand, geometric leveling, geotechnical conditions, mining, high-altitude geodetic network.*

Надійшла до редакції

25.02.2014.

УДК 528.38

**Г.М.Литвин**, канд.тех.наук, доцент кафедри інженерної геодезії  
**В.В.Голубенко**, асп. кафедри міського будівництва  
**К.В.Голубенко**, студент 2-го курсу спеціальності ГІСТ  
Київський національний університет будівництва і архітектури

## ДО СТАНДАРТИЗАЦІЇ СИМВОЛІВ, ЗНАКІВ І ПОЗНАЧЕНЬ В СПЕЦІАЛЬНІЙ ЛІТЕРАТУРІ

*У статті розглянуто сучасний стан символіки в геодезичній, науково-технічній та навчальній літературі. Відмічено, що символи і позначення фізичних величин суперечать рекомендаціям міжнародних організацій із стандартизації. Так, одні і ті самі величини можуть бути позначені різними символами з різних алфавітів, є розбіжності в їх трактуванні тощо, що призводить до ускладнення розуміння текстів. Рекомендовано заходи для поліпшення стану символіки в геодезичній літературі.*

**Ключові слова:** *стандарт, символ, знак, позначення, формула, літера, індекс.*

**Вступ.** Невід'ємною частиною сфери геодезії, картографії і землеустрою є стандарти. Стандарт – це документ, яким встановлюють загальне і багаторазове застосування правил для оптимального впорядкування в галузі та взаємопорозуміння суб'єктів діяльності. Стандарти визначають правила взаємодії всіх учасників процесу. Правильно побудована система стандартів повинна містити відповідні поняття, символи і позначення та правила користування ними. Нині актуальними є стандарти Міжнародної організації зі стандартизації (ISO).

На сучасному етапі стан стандартизації геодезичної символіки, знаків і позначень є незадовільним, оскільки в україномовних підручниках, посібниках, наукових статтях одні і ті самі величини позначено різними символами.

© Г.М. Литвин, В.В. Голубенко,  
К.В.Голубенко, 2014

ичерпну відповідь та визначити науково-обґрунтовані  
ином привернути увагу офіційних осіб та широкого  
загалу спеціалістів в галузі до даної проблеми.

**Аналіз досліджень і публікацій.** В Україні укладено Державний стандарт ДСТУ-2399-94 [1] на терміни та визначення в геодезії. Це один з перших офіційних документів, яким систематизовано і затверджено україномовні терміни в геодезії, тому, звичайно, у стандарті трапляються недоліки та неточності. Так, в ньому зовсім не помітні спроби дати лад в символіці, застосовуваної у формулах. У пізніших публікаціях присвячених цьому питанню також не приділялося достатньої уваги. Зокрема, в літературі [2] окреслено глобальні завдання сертифікації геодезичної продукції в Україні, принципи та правила побудови і функціонування систем сертифікації, її структуру і функції, зв'язки й узгодження з міжнародними організаціями. Це завдання на перспективу. Але в цій роботі не знайшлося місця для стандартизації символів, знаків і позначень.

Значна робота ведеться з проблем відтворення українською мовою англійських географічних назв і термінів [3]. У 2005 році набрав чинності закон України «Про географічні назви» [4]. Порушено питання стандартизації геодезичних термінів і визначень [12], але також не йдеться про розроблення стандартизації символів, знаків і позначень. Зважаючи на сучасний стан цієї проблеми, її розв'язання є першочерговим завданням офіційних геодезичних служб.

**Постановка завдання.** Упропонованій публікації проаналізовано офіційні документи та науково-технічна україномовна геодезична література і запропоновано деякі заходи для вирішення проблеми стандартизації символів, знаків та позначень в геодезичній галузі.

**Основна частина.** Символи – це умовні позначення якого-небудь предмета, явища, поняття. Розглянемо лише графічні символи, що належать до символіки точних наук.

Знак – це матеріальний об'єкт, що сприймається як носій певного смислу, значення, інформації, змісту. Ознака, за якою можна пізнати що-небудь, слугує відмітною характеристикою чого-небудь.

Символіка – сукупність або система символів з певної галузі, в нашому випадку – геодезії. Вдало створена символіка благотворно впливає на розвиток інших передових теорій і напрямів геодезії.

Ще в 1591 р. Ф. Віет запровадив для позначення відомих величин в математиці приголосні, а невідомих – голосні, скориставшись латинським алфавітом, тобто застосував систематичний підхід. Свого часу Г. Лейбніц створив символіку диференціального та інтегрального числень, яку вживають до тепер. Як приклад вдалої символіки можна навести хімічні символи – літерні позначення хімічних елементів, складені з першої або з першої та однієї з наступних літер латинської назви хімічного елемента.

Однак, запроваджуючи нові символи та знакислід одночасно проводити стандартизацію наявних.

Вимоги стандарту є обов'язковими для виконання всіма суб'єктами сфери топографічної та картографічної діяльності.

У сучасних умовах стрімкого розвитку інформаційних і цифрових технологій топографо-геодезичні дані стають переважним видом кінцевої продукції виробництва. Стандарти розробляють для уніфікації структури і складу бази топографічних даних, поліпшення якості та інформаційної сумісності топографічних даних, які надходять з різних джерел. Вони сприяють уніфікації технологій і засобів формування і використання

баз топографічних даних у картографічному та геодезичному виробництві, в цифрових системах різного призначення, використанні літературних джерел.

Об'єктами стандартизації є конкретна продукція, послуги, норми, вимоги, методи, терміни, символи, позначення тощо, які мають перспективу багаторазового застосування в науці, проектуванні, виробництві продукції та інших сферах діяльності.

Стандарт – нормативно-технічний документ, який містить єдині обов'язкові вимоги до типів, розмірів, форми, якості та інших основних властивостей об'єктів стандартизації і базується на досягненнях науки і практичному досвіді.

Види стандартів розрізняють за їх значимістю: державний, галузевий, стандарт підприємства. Всі вони спрямовані на впорядкування діяльності в певній галузі і повинні систематично переглядатися відповідно до останніх досягнень науки і техніки.

Характеризуючи сучасний стан стандартизації символів, знаків і позначень в геодезії, слід визначити його незадовільним.

Навіть в одному підручнику чи іншому друкованому виданні трапляються позначення однієї й тієї ж величини неоднаковими символами, не кажучи вже про різні публікації. До цього призводить відсутність стандартів на символи і, отже, неякісне редагування. Останнім часом виникло багато загальнодержавних та приватних книжкових видавництв і гостро постало питання правильної передачі інформації. Це потребує корегування нині чинних та створення нових нормативних документів для досягнення взаємного порозуміння.

Усі недоречності позначень можна згрупувати за такими характеристиками:

- в одній формулі використано символи (букви) різних алфавітів;
- однаковими символами позначено різні фізичні величини;
- одну і ту саму величину позначено різними символами;
- символи, якими позначено фізичні величини, відрізняються від загальноновживаних.

Незважаючи на відсутність стандартів символіки, нині широко вживають усталені позначення, відомі класичними творами геодезії, математики та інших наук, наприклад, такі:  $H$  – висота;  $h$  – перевищення;  $f$  – фокусна відстань;  $i$  – кут в нівелірах;  $\nu$  – кут нахилу візирного променя;  $C$  – швидкість світла;  $r$  – рефракція;  $m$  – середньквдратична похибка;  $t$  – температура;  $P$  – тиск;  $\nu$  – відхилення від середнього арифметичного;  $\tau$  – ціна поділки рівня;  $\delta$  – систематична похибка;  $\eta$  – випадкова похибка;  $\alpha$  – дирекційний кут;  $A$  – азимут тощо. У словнику [11] наведено назви і позначення одиниць фізичних величин в міжнародній системі одиниць Si (або в українській транскрипції Ci), яких потрібно суворо дотримуватися. Це такі позначення фізичних величин, як-от: плоскі кути –  $\alpha, \beta, \gamma, \nu, \theta, \varphi, \psi$ , тілесні кути –  $\Omega, \omega$ , площа –  $S$ , периметр –  $P$ , ширина –  $b$ , довжина –  $l$ , діаметр –  $d$  та інші. Як символи (позначення) фізичних величин міжнародна організація із стандартизації рекомендує застосовувати великі та малі букви латинського, грецького, готичного та російського (українського) алфавітів. В деяких випадках допускають заміну малих букв великими і навпаки (коли заміна не викликає непорозуміння). Букви латинського, російського (українського) алфавітів набирають курсивом, а грецького і готичного – прямим шрифтом.

Для індексів у символах застосовують арабські і римські цифри та букви латинського і грецького алфавітів.

У друкованих виданнях допускаються як міжнародні, так і українські (російські) буквені позначення, але заборонено застосування обох видів буквених позначень в одному й тому самому виданні.

Загалом більшість спеціалістів обізнані з відповідними позначеннями, але використовують їх автоматично, не замислюючись. Зрозуміло, що деякі неправильні позначення, можна сказати, «в'їлись» навіть на побутовому рівні і перейменувати їх надто складно або й неможливо.

Наводимо характерні приклади вільного застосування позначень, знаків і символів, що трапляються в проаналізованих літературних джерелах у сфері геодезії. Зокрема, в офіційному виданні [6] у формулі визначення кута перестановки лімба між прийомами одночасно застосовані символи:  $n$  – (кількість прийомів) латинського алфавіту і  $\sigma$  – грецького. Так само в іншій формулі кількість прийомів позначена чомусь буквою  $r$ .

Звичним є позначення відносної похибки у вигляді  $1/T$  (в полігонометрії), але в теодолітних ходах вона позначена як  $1/N$ . В деяких виданнях лінійний елемент центрування та редукції позначений через  $e$ , а в деяких – як  $l$ .

Ще можна змиритися з тим, що в окремій публікації допущені позначення, які відрізняються від загальноживаних. Але якщо вони потім входять в якесь інше видання, де використано інші позначення, виникає значне непорозуміння.

Із аналізу капітальної праці [7] декількох співавторів видно, що в позначеннях і символах панує неузгодженість.

Наприклад, символом  $L$  позначені довжина секції нівелірного ходу, віддалі між костілями в точках  $A$  і  $B$ , довжина ходу полігонометрії, довжина замикальної в полігонометричному ході, довжина ходу нівелювання, лінзи. Там само довжина створу позначена літерою  $X$ , довжина плеча –  $S$  і  $d$ , відстань  $l$  і  $q$ . В іншому місці вага ходу позначена як  $X$ , кут перестановки лімба – через  $\alpha$ , кут в трикутнику – також  $\alpha$ , далі кути позначені буквами  $m, n$ , кількість кутів – також  $n$ . Похибки центрування –  $X$ , похибки напрямку –  $x'$  та  $y'$ ,  $\Delta Q$  – кутова нев'язка ходу та інше.

У виданні [9] через  $L$  позначена висота сигналу,  $A$  – кількість кутів, напрямки –  $M_i$ .

У формулі для місце zenіту одночасно вжито латинські  $MZ$  й букви українського алфавіту  $KL$  і  $KP$ . Кількість умовних рівнянь –  $S$ .

У підручнику [8] довжина лінії в різних місцях позначена як  $S, L, D, P$  та  $d$ , різниця відліків – то як  $d$ , то як  $\Delta$ .

В інших виданнях натрапляємо на таке: довжини сторін ходу –  $d$ , а нев'язка –  $f_s$ . Площа позначена як  $P$  та  $S$ , елементи кривої –  $K, T, B$  і там само радіус –  $R$  (різні алфавіти). У посібнику [10] різниця дирекційних кутів позначена через  $E$ , довжина горизонталей – як  $S$ , центр кола  $Q$ , перевищення –  $H$ , кут нахилу місцевості –  $\gamma$ .

Це тільки невелика частина того, що виявлено в результаті огляду публікацій, але в наявності всі чотири типи недоречностей. Така сама ситуація спостерігається в публікаціях і в науково-технічних збірниках з геодезії, і в збірниках з інших технічних напрямків. Це вкрай утруднює розуміння тексту, особливо у початківців – студентів та молодих вчених.

**Висновки.** З викладеного випливає, що в питаннях символіки виникає колізія на ґрунті використання неоднакових позначень для одних і тих самих фізичних величин. Питання стандартизації позначень є досить складними, тому їх розв'язання потребує не тільки культури мислення, а і бачення логічного зв'язку між символами. Потрібно, щоб

символи доповнювали один одного, а не перетиналися, тоді як використанню позначень бракує не тільки уніфікованості й ладу, а й логіки.

Побутує таке прислів'я: там, де починається суперечка про термінологію, наука закінчується, татут йдеся не про науку, а про дуже сумний стан символіки в геодезії.

Нагальним є наведення ладу, і чим швидше, тим краще.

Сучасне будівельне виробництво, техніка й інженерна геодезія характеризуються взаємопроникненням різноманітних наукових і прикладних дисциплін, що накладає відбиток на вживання термінів і позначень.

Тому варто було б почати з глибокого засвоєння усталених в цих дисциплінах наукових термінів, символів і позначень. Отже, визначитися з позначеннями можна за допомогою символіки в курсах фізики, математики та інших наук, де накопичено великий досвід її використання.

Немає сумніву, що такі позначення (символи) відомі фахівцям, але наведені приклади свідчать про звичну професійну недбалість в їх вживанні.

На сучасному етапі проектування, будівництва, експлуатації і моніторингу інженерних споруд давно визріли умови для уніфікації і типізації позначень геодезичних величин для успішного утвердження однозначності і надійності геодезичних даних. Для раціонального користування слід звести багато видів позначень до невеликої кількості типових. Цим повинні опікуватися всі офіційні структури в галузі геодезії, за цим повинні пильнувати автори, редакції та редактори науково-технічних видань, відповідальні за випуск друкованої продукції. Як висловився колись Р. Декарт, «уточніть значення слів, і ви позбавите людство половини помилок». Це повною мірою стосується й символів, знаків та позначень в геодезії.

## СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. *Геодезія. Терміни та визначення: ДСТУ 2393-94.* – [Чинний від 1994]. – Київ.: Держстандарт України, 1994. – 64с. – (Національні стандарти України).
2. *Нестеренко О.В.* Стан сертифікації геодезичної продукції в Україні / О.В.Нестеренко // *Інженерна геодезія.* – К.: КНУБА, 2007. – Вип.53. – 156с.
3. *Топографо-геодезична та картографічна діяльність: законодавчі та нормативні акти.* – Вінниця: Антекс, 2000. – Ч.1. – 408с.; 2002. – Ч.2. – 656с.
4. *Державна картографо-геодезична служба України 1991-2006/* за ред. Р. І. Сосси. – К.: НДІГК, 2006. – 378с.
5. *Закон України Про стандартизацію: прийнятий 17 травня 2001 року №2408-III.* // *Голос України.* – 2001. – №83. – 9 квітня. – С.8-10.
6. *Інструкція з топографічного знімання у масштабах 1:5000, 1:2000, 1:1000 та 1:500 (ГКНТА - 2.-4.02-980).* – К.: Головне управління геодезії, картографії та кадастру України, 1999. – 155 с.
7. *Геодезія: підручник.* / Островський А.Л., Мороз В.Л., Тарановський В.Л. - Львів: НУ "Львівська політехніка". – Ч. II. – 2007. – 507 с.
8. *Войтенко С.П.* Інженерна геодезія: Підручник / С.П.Войтенко. – К.: Знання, 2009. – 55 с.
9. *Перович Л.М.* Геодезія: навч. посібник / Л.М. Перович, М.П. Лісевич. – Львів: Новий світ, 2000. – Ч. II. – 2005. – 208 с.



10. Тартачинський Р.М. Основи інженерної геодезії: навч. посіб. / Р. М. Тартачинський. – Львів.: ДУЛП, 1995. – 200 с.
11. Политехнический словарь /гл.ред. А.Ю.Ишлинский. –2-е изд. – М.: Советская энциклопедия, 1980. – 656 с.
12. Литвин Г.М. Проблеми стандартизації геодезичних термінів і визначень / Г.М. Литвин, В.В. Голубенко // Інженерна геодезія. – К.: КНУБА, 2008. – Вип.54. – 188 с.

## REFERENCES

1. Heodeziia. Terminyavyznachennia[*Geodezy. Termsanddefinitions*]. (1994). DSTU 2393-94 from 1994. Kyiv: DerzhstandartUkraine [inUkrainian].
2. Nesterenko O.V. (2007). Stan sertyfikatsii heodezychnoi produktsii v Ukraini [The state of certification of geodesic products in Ukraine]. *Inzhenerna heodesiia - Engineering geodesy*, 53, Kyiv, KNUBA [in Ukrainian].
3. *Topografo-heodesychna ta kartografična diialnist: Zakonodavchi ta normatyvni akty [Topographic-and-geodesic and mapping activity]*. (2000, 2002). Vinnytsia: Anteks. [inUkrainian].
4. Sossa, R.I. (Eds.). (2006).Derzhavnakartografo-heodesychnasluzhbaUkrainy1991-2006 [*Statemapping-and- geodesicUkrainianservice 1991-2006*]. Kyiv: NDIHK [in Ukrainian].
5. Zakon Ukrainy Pro standartyzatsiiu pryiniaty 17 travnia 2001 roku №2408-III. [Law of Ukraine on standartisation from May 17 2001, №2408-III]. (2001, April 9). *Holos Ukrainy - Voice of Ukraine*, 83, pp 8-10 [in Ukrainian].
6. Instruksiia z topografichnogo znimannia u masshtabakh 1:5000, 1:2000, 1:1000 ta 1:500 (HKNTA - 2.-4.02-980). [*Instructions for topographic surveying in scales 1:5000, 1:2000, 1:1000 and 1:500 (HKNTA - 2.-4.02-980)*] (1999). Kyiv: Holovne upravlinnia heodezii, kartografii ta kadastru Ukrainy - Head-office of geodesic, cartography and cadastre. [in Ukrainian].
7. Ostrovskiy, A.L., Moroz, V.L. & Taranovskiy, V.L. (2007). *Heodeziia, ch. II [Geodesy, part 2]*. Lviv: NU Lvivska politehnika [in Ukrainian].
8. Voitenko S.P. (2009). *Inzhenerna heodeziia [Engineering geodesy]*. Kyiv. Znannia. [in Ukrainian]
9. Perovych, L.M., & Lisevych, M.P. (2005). *Heodeziia, ch.2 [Geodesy, part 2]*. Lviv. "Novyi svit" [in Ukrainian].
10. Tartachynskiy, R.M. (1995). *Osnovy inzhenernoii heodezii [Engineering geodesy foundation]*. Lviv. DULP. [in Ukrainian].
11. Ishlinskii, A.Yu. (Eds.). (1980). *Politekhnicheskii slovar [Polytechnic dictionary]*. Moskva. Sovetskaia entsiklopediia. [in Russian]
12. Lytvyn, H.M. & Holubenko, V.V. (2008). Problemy standartyzatsii heodezychnykh terminiv i vyznachenn [Standardization problems of geodesic terms and definitions]. *Inzhenerna heodesiia - Engineering geodesy*. Kyiv. KNUBA. N54 188 [in Ukrainian].

Г.М. Литвин,

**В.В. Голубенко,  
Е.В. Голубенко**

## **К СТАНДАРТИЗАЦИИ СИМВОЛОВ, ЗНАКОВ И ОБОЗНАЧЕНИЙ В СПЕЦИАЛЬНОЙ ЛИТЕРАТУРЕ**

*В статье рассмотрено совершенное состояние символики в геодезической научно-технической и учебной литературе. Отмечается, что символы и обозначения физических величин не отвечают рекомендациям международных организаций по стандартизации. Так, одни и те же величины могут быть обозначены различными символами, из разных алфавитов, существуют различные их трактования, что приводит к алогичности понимания текстов. Даны рекомендации по улучшению состояния символики в геодезической литературе.*

**Ключевые слова:** стандарт, символ, знак, обозначения, формула, буква, индекс.

**H.M.Lytvyn,  
V.V.Holubenko,  
K.V.Holubenko**

## **STANDARDISATION OF THE SYMBOLS, SIGNS AND DESIGNATION IN SPECIAL LITERATURE**

*The article considers the current state of symbolism in geodetic science, technology and educational literature. The importance of its standardization was stressed. It was found that the symbols and designations of physical quantities in geodetic literature do not meet recommendations of international standardization organizations.*

*Common accepted symbols and conventions is incorrectly used. Different value is named by same letters. The same values is named by different symbols. Large and small letters of different alphabets used haphazardly. This leads to difficulties of understanding the text, especially from different sources.*

*The article analyzes the official documents and scientific and technical literature in Ukrainian geodesic. According to the different characteristics the ill-defined was systematized and grouped, and was given their examples. The main directions and trends, which is necessary to move to rectify the situation, were identified.*

*The article provides some guidelines to eliminate differences in the symbolism of the geodesic literature.*

**Keywords:** standard, symbol, sign, designation, formula, the letter, index.

Надійшла до редакції

05.11.2013.

**О.В.Мельник**, канд.техн.наук, доцент кафедри геодезії,  
землевпорядкування і кадастру, Східноєвропейський  
національний університет імені Лесі Українки

## АНАЛІЗ СТАБІЛЬНОСТІ ПЛАНОВИХ ГЕОДЕЗИЧНИХ МЕРЕЖ ПІД ЧАС СПОСТЕРЕЖЕННЯ ЗА ДЕФОРМАЦІЯМИ ГІДРОТЕХНІЧНИХ СПОРУД

Щоб мати можливість визначити стабільність геодезичної мережі, потрібно дослідити ступінь деформації, якої вона зазнає. Одним з найпростіших способів опису ступеня деформації є визначення індивідуальних зсувів кожної з точок, з яких складається мережа. Аналіз концепції деформації в геометрії мережі схожий на аналіз деформації у твердому тілі, яка визначається як відношення, або пропорція, зміни (градієнта) зсуву об'єкта щодо свого положення. В основу пропонованої методики дослідження деформації геометрії геодезичної мережі покладено аналіз деформацій у твердому тілі, що визначається через розширення, поворот і нахил. Запропонований у статті підхід дав змогу отримати досить репрезентативні результати, які добре корелюють із результатами класичних GPS-спостережень.

**Ключові слова:** планові геодезичні мережі, стабільність мережі, вектори зсувів, стійкість до масштабу, диференціальне обертання, скалярна деформація.

**Вступ.** Грунтові греблі за рівнем складності деформаційних процесів в них та ступенем аварійності мають у декілька разів вищий порядок, ніж будь-яка гідротехнічна споруда іншого типу. Для надійної оцінки просторово-часового стану таких об'єктів потрібно виконувати комплексні режимні геодезичні спостереження. На основі таких даних оцінюють різноманітні параметри і явища, що спричиняють процеси деформацій, зокрема аварійні. Проте, окрім комплексних спостережень, важливими є питання швидкої оцінки загального стану мережі, особливо якщо це мережа спеціального призначення. В статті розглянуто питання оперативного визначення ступеня стабільності планової геодезичної мережі, призначеної для спостережень за деформаційними процесами ґрунтової греблі водосховища ХАЕС.

**Аналіз публікацій.** Питання оцінки стабільності геодезичних мереж не раз порушені в літературі [1-4], і ґрунтуються переважно на контролі за окремими вихідними пунктами. Проте проблеми одержання оперативної інформації про стан мереж спеціального призначення, які застосовують для контролю за гідротехнічними об'єктами, особливо в періоди зміни гідрологічного стану, мало досліджені.

**Постановка проблеми.** Щоб мати можливість визначити ступінь стабільності геодезичної мережі, потрібно дослідити ступінь деформації, якої вона зазнає. Одним з найпростіших способів опису ступеня деформації є визначення індивідуальних зсувів кожної із точок, з яких складається мережа. Відомо, що вирівнювання геодезичних мереж можна описати за допомогою виразу [5]:

$$\mathcal{X} = X^{(0)} + \delta\mathcal{X} = (A^T P A)^{-1} A^T P [l - F(X^{(0)})], \quad (1)$$

де  $\mathcal{X}$  – вектор шуканих невідомих;  $X^{(0)}$  – вектор початкових значень кожного з параметрів, що потрібно визначити;  $\delta\mathcal{X}$  – вектор поправок наближених значень;  $A$  –

матриця коефіцієнтів параметричних рівнянь поправок;  $P$ – вагова матриця;  $[(l - F(X^{(0)}))]$ – вектор-стовпець вільних членів рівнянь поправок.

Різниця у визначенні параметрів, якщо не брати до уваги мінімально виявлені помилки, може бути записана як

$$\delta = \mathcal{X} - \mathcal{X}^{(k)}. \quad (2)$$

Звідси отримуємо значення  $\mathcal{X}^{(k)}$ , яке може бути виражене як функція мінімально визначених помилок  $\delta_{\min}^{(k)}$  (внутрішня надійність). Зважаючи на рівняння (1), маємо

$$\begin{aligned} \mathcal{X}^{(k)} &= N^{-1} A^T P (L - \delta_{\min}^k); \\ \mathcal{X}^{(k)} &= N^{-1} A^T P L - N^{-1} A^T P \delta_{\min}^k; \\ \mathcal{X}^{(k)} &= \mathcal{X} - N^{-1} A^T P \delta_{\min}^k. \end{aligned} \quad (3)$$

Підставляючи рівняння (3) в формулу (2), отримуємо визначення зовнішньої надійності для вимірів за допомогою супутникової GNSS-технології [6;7]:

$$\begin{aligned} \delta &= \mathcal{X} - \mathcal{X}^{(k)}; \\ \delta &= \mathcal{X} - \mathcal{X}^{(k)} = N^{-1} A^T P \delta_{\min}^k. \end{aligned} \quad (4)$$

Аналіз концепції деформації в геометрії мережі схожий на аналіз деформації у твердому тілі, яку визначають як відношення, або пропорцію, зміни (градієнта) зсуву об'єкта щодо свого положення.

**Основна частина.** Припустимо, що точка мережі  $P_i$  має горизонтальний зсув, виражений в термінах внутрішньої надійності через вектор  $\Delta X_i$ :

$$\Delta X_i = \begin{bmatrix} \Delta x_i \\ \Delta y_i \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} u_i \\ v_i \end{bmatrix}. \quad (5)$$

Слід зазначити, що стійкість розглядається тільки в горизонтальній системі, тим самим для GNSS-вимірів потрібно трансформувати вектор зсувів (4) із просторової в горизонтальну систему, використовуючи матрицю повороту, що задається як

$$R = \begin{bmatrix} -\sin \varphi \cos \lambda & -\sin \varphi \sin \lambda & \cos \varphi \\ -\sin \lambda & \cos \lambda & 0 \\ \cos \varphi \cos \lambda & \cos \varphi \sin \lambda & \sin \varphi \end{bmatrix}. \quad (6)$$

де  $\varphi, \lambda$  – геодезичні координати, визначені на досліджуваній ділянці. Ця матриця переводить вплив мінімально визначених помилок для вимірів GNSS із просторової в локальну систему. Таким чином, шуканий вектор зсувів являє собою

$$\begin{aligned} R\delta &= R[\mathcal{X} - \mathcal{X}^{(k)}]; \\ R\delta &= R[N^{-1} A^T P H_k \delta_{\min}^k]. \end{aligned} \quad (7)$$

Вводячи визначення матриці зсувів  $E$  як тензора градієнта стосовно його початкового положення, можна визначити матрицю, що складається з чотирьох лінійних зсувів [8;9]:

$$E_i = \text{grad}(\Delta X_i) = \begin{bmatrix} \partial u_i / \partial x & \partial u_i / \partial y \\ \partial v_i / \partial x & \partial v_i / \partial y \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} e_{ix} & e_{iy} \\ e_{vx} & e_{vy} \end{bmatrix}, \quad (8)$$

де  $\Delta X_i$  – вектор зсувів точки  $P_i$ ;  $E_i$  – матриця деформацій у точці  $P_i$ .

У точці  $P_i$  виконується визначення чотирьох похідних. Матриця деформацій  $E_i$  може бути представлена у вигляді симетричної  $S$  і антисиметричної  $A$  частин. Від симетричної частини залежить розширення і стиск мережі, а також зсув, тоді як антисиметрична частина описує поворот точки  $\omega$ , яка і цікавить нас :

$$E_i = S + A, \quad (9)$$

де

$$S = \begin{bmatrix} \partial u_i / \partial x & \frac{1}{2}(\partial u_i / \partial y + \partial v_i / \partial x) \\ \frac{1}{2}(\partial u_i / \partial y + \partial v_i / \partial x) & \partial v_i / \partial y \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \varepsilon_{xx} & \varepsilon_{xy} \\ \varepsilon_{xy} & \varepsilon_{yy} \end{bmatrix};$$

$$A = \begin{bmatrix} 0 & \frac{1}{2}(\partial u_i / \partial y - \partial v_i / \partial x) \\ \frac{1}{2}(\partial v_i / \partial x - \partial u_i / \partial y) & 0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & -w \\ w & 0 \end{bmatrix}.$$

Градiєнт локального зсуву оцінюють незалежно для кожної координати. Для аналізу стійкості треба переконатися, що для кожної з аналізованих точок  $P_i$  є принаймні дві сусідні точки  $P_j$ , інакше аналіз не можна вважати повним (закінченим).

Матриці деформацій (8) можна визначати в різний спосіб незалежно для кожної точки. Для цього придатний метод прямого знаходження частинних похідних зсувів, отриманих з вектора (5).

Отримана система рівнянь може бути розв'язана за методом найменших квадратів. Розв'язуючи систему для невідомих частинних похідних і для незалежних параметрів і беручи до уваги, що параметри  $u$ ,  $v$  мають однакову вагу, можна записати цю систему рівнянь у матричному вигляді, а саме для кожної точки ( $P_i$ ) мережі:

$$K_i = \begin{bmatrix} a_0 \\ a_1 \\ a_2 \end{bmatrix} = [(K_i^T K_i)^{-1} K_i^T] u_i = Q_i u_i;$$

$$K_i = \begin{bmatrix} b_0 \\ b_1 \\ b_2 \end{bmatrix} = [(K_i^T K_i)^{-1} K_i^T] v_i = Q_i v_i;$$
(10)

де  $Q_i = (K_i^T K_i)^{-1} K_i^T$ ;  $K_i$  – матриця розмірністю  $n \times 3$ , що має вигляд  $[1 \times u]$ .

Після одержання значень  $[a_0 \ a_1 \ a_2]^T$  і значень  $[b_0 \ b_1 \ b_2]^T$  перепозначимо змінні як

$$e_{ux} = a_1; \quad e_{uy} = a_2;$$

$$e_{vx} = b_1; \quad e_{vy} = b_2. \quad (11)$$

Отримаємо три параметри від яких залежить стійкість мережі, визначені через розширення, поворот і нахил:

- розширення  $\sigma$  – елемент, що описує середнє розширення точки мережі, відомий також як стійкість до масштабу, і визначається як

$$\sigma = \frac{e_{ux} + e_{vy}}{2}; \quad (12)$$

- диференціальне обертання  $\omega_z$  – це елемент, відомий як середнє значення диференціального обертання. Описує обертання через локальну вертикальну вісь точки. Відомий також як показник стійкості до повороту і задається як

$$\omega_z = \frac{e_{uy} - e_{vx}}{2}; \tag{13}$$

- локальна конфігурація (повний зсув)  $\gamma_{xy}$  описує скалярну деформацію (стійкість до конфігурації) і визначається за такою формулою:

$$\gamma_{xy} = \sqrt{\tau_{xy}^2 + v_{xy}^2}, \tag{14}$$

де

$$\tau_{xy} = -\tau_{yx} = \frac{1}{2}(e_{ux} - e_{vy});$$

$$v_{xy} = -v_{yx} = \frac{1}{2}(e_{uy} + e_{vx}).$$

Значення трьох параметрів, обчислені за формулами (12-14), що характеризують стійкість мережі (рисунок), наведено в таблиці.

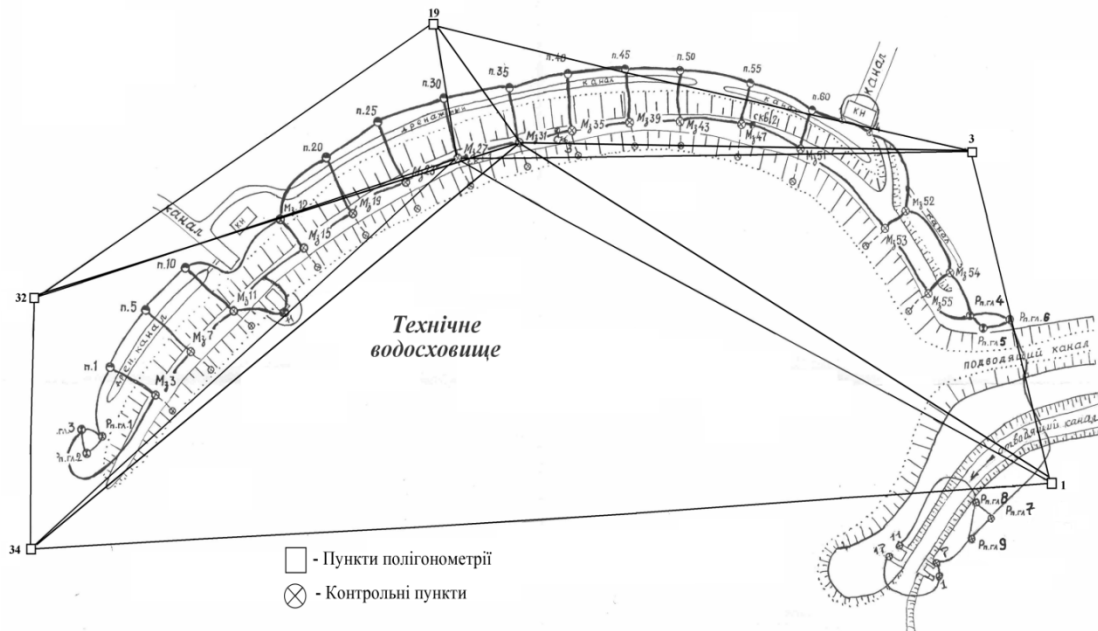


Рисунок. Загальна схема планово-висотної мережі греблі водосховища Хмельницької АЕС

Таблиця

**Результати обчислення стабільності планової мережі греблі водосховища ХАЕС**

Пункт	Стійкість до масштабу, мм	Стійкість до повороту, мм	Стійкість до конфігурації, мм
ПП1	1.32	1.44	1.96
ПП3	1.28	1.39	1.89
ПП19	1.25	1.24	1.87
ПП32	1.24	1.21	1.86
ПП34	1.27	1.27	1.89
Мз27	1.41	1.39	2.02
Мз31	1.46	1.45	2.13
Середнє	1,29	1,16	1,90

значення			
----------	--	--	--

Варто зауважити, що найбільше значення кожного з параметрів є відповідним найменшій стійкості мережі в певній точці, тому у випадку стійкої мережі слід домогтися відносно невеликих значень за цими трьома показниками.

**Висновки.** За допомогою запропонованого статті альтернативного підходу до вивчення й аналізу надійності та стійкості планових геодезичних мереж отримано достатньо репрезентативні результати, які добре корелюють із результатами класичних GPS-спостережень, що свідчить про доцільність їх використання та дає змогу отримувати оперативну інформацію про досліджувані деформаційні процеси. Вивчення такого підходу є метою подальших досліджень.

### СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. *García López Ramón*. Solución del Campode Gravedad Empleando Datos Combinados de las misiones GRACE y CHAMP usando el principio de Conservación de la energía / García López Ramón, Moraila Valenzuela Carlos, López Moreno Manuel, Vázquez Becerra Esteban, Balderrama Corral Rigoberto, Plata Rocha Wenseslao y Trejo Soto Manuel // Reunion Annual de la Union Geofisica Mexicana. - №6. - p.36-37.
2. *Чан Хань*. Анализ стабильности пунктов опорной сети при наблюдении за горизонтальными смещениями гидротехнических сооружений во Вьетнаме / Чан Хань, Нгуен Вьет Ха // Известия ВУЗов. - Геодезия и аэрофотосъёмка. – 2008. - №5. - С. 33-38.
3. *Nilforoushani F*. GPS network monitors the Arabia-Eurasia collision deformation in Iran / Nilforoushani F., Masson F., Vemant P., Vigny C, Abbassis M., Nankali H., Hatzfeld D., Bayer R., Chery J., Doerflinger E. // Springer Berlin. Heidelberg. Journal of Geodesy, 2003, 77: 411-422 p.
4. *Гуляев Ю. П.* Классификация и взаимосвязь математических моделей для прогнозирования процессов деформации сооружений по геодезическим данным / Ю.П. Гуляев // Изв. вузов. Геодезия и аэрофотосъёмка. - 1985. - № 1. - С. 39-44.
5. *Маркузе Ю.И.* Обобщенный рекуррентный алгоритм уравнивания свободных и несвободных геодезических сетей с локализацией грубых ошибок / Ю.И. Маркузе // Изв. вузов. Геодезия и аэрофотосъёмка. 2000. - №1. - С. 3—16.
6. *Snow Kyle Brian*. Applications of Parameter Estimation and Hypothesis Testing GPS Network Adjustments/ Kyle Brian Snow // Report No. 465. The Ohio State University (2002). - Geodetic and Geoinformation Science.
7. *Even-Tzur G*. GPS vector configuration design for monitoring deformation network/G. Even-Tzur // Springer Berlin Heidelberg. Journal of Geodesy (2002) 76 455-461.
8. *Vanicek P*. Robustness analysis of geodetic horizontal networks. / P. Vanicek, M.R. Craymer, E.J. Krakiwsky // Springer Berlin / Heidelberg. - Journal of Geodesy (2001) 75: 199-209.
9. *Hsu R*. Decomposition of deformation primitives of horizontal geodetic networks: Applications to Taiwan's GPS network. / R.Hsu, S.Li // Springer Berlin Heidelberg. Journal of Geodesy (2004) 78: 251-262.

### REFERENCES

1. García López Ramón, & Moraila Valenzuela Carlos, & López Moreno Manuel, & Vázquez Becerra Esteban, & Balderrama Corral Rigoberto, & Plata Rocha Wenseslao, & Trejo Soto Manuel. (2006). *Solución del Campo de Gravedad Empleando Datos Combinados de las misiones GRACE y CHAMP usando el principio de Conservación de la energía. Reunion Annual de la Union Geofisica Mexicana*, 6, 36-37
2. Chan Khan', & Nhuen V'et Kha (2008). Analyz stably'nosty punktov opornoy sety pry nablyudenyuy za horyzzontal'nymy smeshchenyamy hydrotekhnicheskyykh sooruzhenyy vo V'etname [Stability analysis of points core network when observing horizontal displacements of hydraulic structures in Vietnam] *Yzvestyya VUZov, Heodezyya y aerofotos'emka* - Proceedings of the universities. Geodesy and aerial photography. 5. 33-38.
3. Nilforoushani F., & Masson F., & Vemant P., & Vigny C, & Abbassis M., & Nankali H., & Hatzfeld D., & Bayer R., & Chery J., & Doerflinger E. (2003). GPS network monitors the Arabia-Eurasia collision deformation in Iran. *Journal of Geodesy* 77. 411-422.
4. Hulyaev Yu. P. (1985). Klassyfykatsyya y vzaymosvyaz' matematycheskyykh modeley dlya prohnozyrovaniya protsessov deformatsyy sooruzhenyy po heodezycheskym dannym [Classification and relationship of mathematical models for predicting the deformation processes on geodetic data structures]. *Yzvestyya VUZov, Heodezyya y aerofotos'emka*. Proceedings of the universities. Geodesy and aerial photography. 1. 39-44.
5. Marcuse Y. I.  
Obobshchennyye rekurrentnyy alhorytmuravnyvaniyasvobodnykhynesvobodnykh heodezycheskyykh hseteyslokalizatsyyehrubyykhoshybok  
[Generalized recursive algorithm for equalization of free and non-free geodetic networks with localization blunders] *Yzvestyya VUZov, Heodezyya y aerofotos'emka*. Proceedings of the universities. Geodesy and aerial photography. 1. 3-16.
6. Kyle Brian Snow. (2002) Applications of Parameter Estimation and Hypothesis Testing GPS Network Adjustments. The Ohio State University. *Geodetic and Geoinformation Science*. Report No. 465
7. G. Even-Tzur. (2002). GPS vector configuration design for monitoring deformation network. *Journal of Geodesy*. 76. 455-461.
8. P. Vanicek, & M. R. Craymer, & E. J. Krakiwsky. (2001). Robustness analysis of geodetic horizontal networks. *Journal of Geodesy*. 75. 199-209.
9. R. Hsu, & S. Li. (2004) Decomposition of deformation primitives of horizontal geodetic networks: Applications to Taiwan's GPS network. *Journal of Geodesy*. 78. 251-262.

**А.В. Мельник**

### **АНАЛИЗ СТАБИЛЬНОСТИ ПЛАНОВЫХ ГЕОДЕЗИЧЕСКИХ СЕТЕЙ ПРИ НАБЛЮДЕНИИ ЗА ДЕФОРМАЦИЯМИ ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ**

*Чтобы иметь возможность определить стабильность геодезической сети, необходимо исследовать степень деформации, которой она подвергается. Одним из самых простых способов описания степени деформации является определение индивидуальных смещений каждой из точек, из которых состоит сеть. Анализ концепции деформации в геометрии сети похож на анализ деформации в твердом теле, которая определяется как отношение, или пропорция, изменения (градиента) смещения объекта относительно своего положения. В основу предлагаемой методики исследования*



деформації геометрії геодезическої мережі положен аналіз деформацій в твердому тілі, який визначається через розширення, поворот і нахил. Представлений в статті підхід дозволив отримати достатньо репрезентативні результати, які добре корелюють з результатами класических GPS-наблюдень.

**Ключеві слова:** планові геодезическі мережі, стабільність мережі, вектори зміщень, стійкість до масштабу, диференціальне обертання, скалярна деформація.

O.V. Melnyk

## STABILITY ANALYSIS OF PLANNED GEODETIC NETWORKS DURING OBSERVATIONS ON DEFORMATION OF HYDRAULIC STRUCTURES

*In order to determine the degree of stability of the geodetic network, it is necessary to examine extent of deformation, which is undergoing network. One of the easiest ways to describe the degree of deformation is to determine the displacement of each of the individual points that make up the network.*

*Analysis of concepts in geometry deformation network is similar to the analysis of deformation in solids which is determined as the ratio or proportion of change (gradient) shift the object relative to its position.*

*Is necessary to notice that resistance is considered only in the horizontal system, thus for GNSS measurements necessary to transform the vector of spatial displacements in the horizontal system using matrix rotation. Local displacement gradient is estimated independently for each coordinate. The basis of the proposed methodology for analyzing the deformation geometry of the geodetic network based on the analysis of deformations in solids, as determined through the expansion, rotation and tilt. Is necessary to notice that the highest value for each parameter correspond to the smallest stability of the network at this point. Therefore in the case stable network necessary to achieve relatively small values for these three parameters.*

*Proposed in the article an alternative approach to the study and analysis of reliability and sustainability of planned geodetic networks provided a sufficiently representative results are in good agreement with the results of classical GPS observations, indicating the feasibility of their use and allows you to get current information about the studied deformation processes.*

**Keywords:** *planned geodetic network, network stability, displacement vectors, resistance to scale differential rotation, scalar deformation.*

Надійшла до редакції

15.04.2014.

УДК 528.48

**В.К. Чибіряков**, д-р техн. наук, професор кафедри вищої математики,  
**В.С. Староверов**, канд. техн. наук, професор кафедри інженерної геодезії,  
**К. О. Нікітенко**, асп. кафедри інженерної геодезії,  
 Київський національний університет будівництва і архітектури

**ГЕОДЕЗИЧНИЙ МОНІТОРИНГ НАПРУЖЕНО-ДЕФОРМОВАНОГО СТАНУ  
 МАГІСТРАЛЬНИХ ГАЗОПРОВІДІВ З ОГЛЯДУ НА ОПІР  
 НАВКОЛИШНЬОГО ҐРУНТУ**

*Розглянуто і проаналізовано загальний порядок визначення напружено - деформованого стану на ділянках магістрального газопроводу «Уренгой – Помари - Ужгород» (УПУ), прокладеному в складному ґрунтовому масиві.*

© В.К. Чибіряков, В.С. Староверов, модель магістрального газопроводу у вигляді балки на  
К.О. Нікітенко, 2014 у. Розглянуто гіпотезу Фусса–Вінклера, що дає  
допустимих напружень.

*Розв'язано систему рівнянь з певними граничними умовами за допомогою ефективного чисельного методу С.К. Годунова, що дає можливість диференційовано підходити до обґрунтування точності геодезичних робіт.*

*Використана методологія дозволяє оцінити динаміку зсувних явищ, визначити стадію руху масиву, розподілення в ньому ділянок розтягувань і стиснень, а також визначити мінімальну довжину в зсувному масиві, за якої можлива поява критичних напружень.*

*Завдяки отриманим результатам можна чітко простежити закономірність зміщення газопроводу внаслідок зміни шару і властивостей ґрунту і дійти висновку, що величина напружень є змінною по довжині газопроводу.*

*Ділянки газопроводу, розміщені в зоні переходу слабких ґрунтів і ґрунтів, які мають досить велику несучу здатність, характеризуються підвищеним рівнем напружень характеристик НДС і більшою імовірністю зміщення газопроводу від проектного положення.*

*Запропоновано рекомендації щодо обґрунтування точності виконання інженерно-геодезичних робіт у процесі спостереження за газопроводом у небезпечних геологічних умовах.*

**Ключові слова:** магістральний газопровід (МГ), напружено-деформований стан (НДС), зсув, прогин трубопроводу.

**Постановка проблеми.** Територія України насичена транзитними газотранспортними магістралями. Наприклад, газопровід «Уренгой — Помари — Ужгород» (УПУ) з'єднує уренгойське газове родовище та газові родовища півночі Західного Сибіру із Ужгородом. Далі газ транспортується споживачам у Центральній та Західній Європі. Ці магістралі є джерелами підвищеної небезпеки як погляду екології, так і можливого виникнення надзвичайної ситуації внаслідок аварій на газопроводах.

Отже, актуальним завданням є геодезичний контроль технічного стану газопроводів.

Геодезичний моніторинг напружено-деформованого стану магістральних газопроводів полягає у визначенні характеристик напружено-деформованого стану з метою підвищення точності виконання інженерно-геодезичних робіт.

**Постановка завдання.** Метою дослідження є аналіз й оцінка напружено-деформованого стану на ділянках магістрального газопроводу «Уренгой – Помари – Ужгород» (УПУ) в ґрунтовому масиві. Визначення максимально допустимих значень прогинів трубопроводів дасть змогу вирішити актуальну наукову проблему – моделювання точності геодезичних робіт.

**Виклад основного матеріалу.** В реальних умовах магістральний трубопровід, за умов безканального прокладання, перебуває в деякому об'ємі ґрунту. Напружено-деформований стан труб у зв'язку з цим визначається двома видами впливу

навколишнього ґрунту на трубопровід. З одного боку, вище розташований ґрунт справляє тиск на трубопровід, тобто з погляду будівельної механіки зумовлює навантаження на трубопровід. З другого боку, нижче розташований ґрунт забезпечує опір трубопроводу.

Для виявлення функціональних зв'язків між величиною деформацій та властивостями ґрунтового масиву треба брати до уваги всі навантаження і впливи на магістральний газопровід [1].

У гірських умовах можливі зсуви частини ґрунту, що призводить до більших ускладнень у визначенні напружено-деформованого стану (НДС) газопроводу.

Для того щоб проводити геодезичний моніторинг потрібно мати уявлення принаймні про наближений рівень і характер НДС: саме за ними можна визначити потрібну точність геодезичних досліджень та їх оптимальну технологію, загалом.

Для оцінки НДС магістрального газопроводу скористаємося деякими методами будівельної механіки.

У будівельній механіці прогнозування НДС починають із застосування деякої розрахункової моделі. Найпростішою розрахунковою моделлю магістрального газопроводу може бути модель балки під час згинання, тоді НДС газопроводу можна описати одновимірним напружено-деформованим станом балки, тобто одновимірною системою, яка є прямою, що збігається з поздовжньою віссю трубопроводу.

Вплив ґрунту, що знаходиться нижче трубопроводу, враховується за гіпотезою Фусса–Вінклера як сукупність пружних стержнів жорсткістю  $k$ , де  $k$ -коефіцієнт постелі (рис.1).

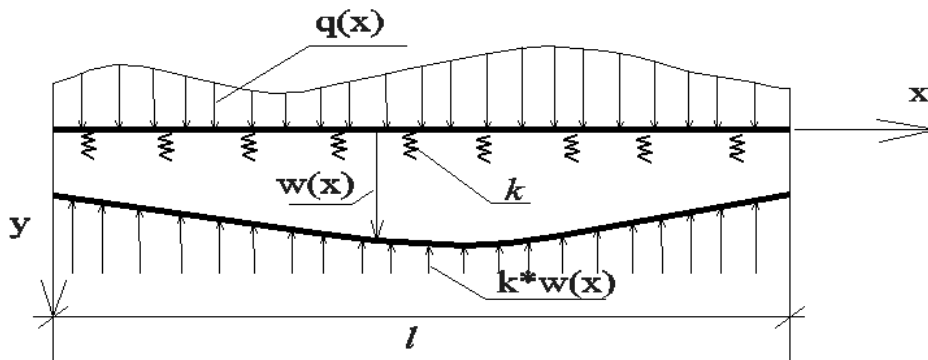


Рис.1. Розрахункова модель магістрального газопроводу

Моделлю вінклеровської основи може слугувати ряд пружин однакової жорсткості, що спираються на абсолютно жорстку основу і діють незалежно одна від одної. Друге припущення теорії: пружна основа однаково працює на стиск і на розтяг [2].

Відповідно до гіпотези Фусса–Вінклера реакція пружної основи в кожній точці пропорційна прогину балки. Диференціальне рівняння пружної лінії балки має такий вигляд:

$$EI \frac{d^4 w}{dx^4} + kw = q, \quad (1)$$

де  $EI$ – жорсткість балки;  $q$ – навантаження; величина  $k = k_0 \cdot h_{сл}$ . називається погонним коефіцієнтом постелі.

Коефіцієнт постелі визначають за усередненими значеннями модуля деформації і коефіцієнта Пуассона для ґрунта:

$$k_0 = \frac{E_{гр}}{H_c(1 - 2m_{гр}^2)}, \quad (2)$$

де  $E_{гр}$  – модуль деформації;  $m_{гр}$  – коефіцієнт Пуассона;  $H_c$  – глибина стислої товщі.

Навантаження і дії, пов'язані з вигинанням осі газопроводу (тиск і реакція ґрунту) слід визначати згідно із СНиП 2.05.06-85 \* [3] на підставі аналізу ґрунтових умов і їх можливої зміни в процесі експлуатації.

Якщо частина ґрунту може зсуватися з деякою швидкістю  $V$ , то можна розглядати такий наслідок як задані кінематичні дії на розрахункову модель газопроводу.

Розрахунковою математичною моделлю газопроводу є система звичайних диференціальних рівнянь, розрахункові функції яких мають бути відповідними певним граничним умовам, які впливають з умов закріплення газопроводу.

Використання досить простої в той же час достатньо адекватної розрахункової моделі магістрального газопроводу дає змогу орієнтуватися щодо рівня його напружено-деформованого стану, що потрібно для визначення оптимальної точності геодезичного моніторингу.

Стан балки на пружній основі описують системою диференціальних рівнянь, у яких використовуються кінематичні фактори:

- вертикальне переміщення  $w(x)$ ;
- горизонтальне переміщення  $U(x)$  (з огляду на зсув);
- кути повороту перерізів  $\varphi(x)$ ;

та статичні фактори:

- нормальна сила  $N(x)$ ;
- перерізуюча сила  $Q(x)$ ;
- згинальний момент  $M(x)$ .

Система диференціальних рівнянь має вигляд:

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{dU}{dx} = \frac{N}{EF}; \\ \frac{dw}{dx} = \varphi; \\ \frac{d\varphi}{dx} = -\frac{M}{EI_x}; \\ \frac{dN}{dx} = -k \cdot U - q(x); \\ \frac{dQ}{dx} = \begin{cases} -q(x) + k \cdot w(x) & (x < a) \\ -q(x) + k \cdot w(x) + k_3 \cdot w_3(x) & (x > a) \end{cases} \\ \frac{dM}{dx} = Q. \end{array} \right. \quad (3)$$

Розрахункові функції в кінцевих точках розрахункової моделі  $x=0$  та  $x=l$  повинні бути заданими (граничні умови):

$U=0, w=0, \varphi=0$  – якщо кінець жорстко защемлений;

$U=0, w=0, M=0$  – якщо йдеться про шарнірне опирання;

$N=0, Q=0, M=0$  – якщо кінець зовсім не закріплений.

Для розв'язання цієї системи рівнянь з певними граничними умовами використовують ефективний чисельний метод С.К.Годунова, який дає змогу отримувати результати з будь-якою точністю.

У результаті розв'язання цієї системи відповідно до конкретних граничних умов отримуємо різні величини:  $dU$ ,  $dw$ ,  $d\varphi$ ,  $dN$ ,  $dQ$ ,  $dM$ , що дає можливість диференційовано підходити до обґрунтування точності геодезичних робіт.

Розроблену спрощену методику реалізовано у вигляді програми для РС-ЕОМ. За допомогою програми написаної алгоритмічною мовою FORTRAN можна проаналізувати рівні НДС за різних неоднорідних умов:

- зміни товщини шару ґрунту над газопроводом,
- зміни фізичних характеристик ґрунту внаслідок замочування,
- можливі зсуви ґрунту в гірських районах та інше.

Можливості розробленої методики ілюструє приклад розрахунку (рис.2).

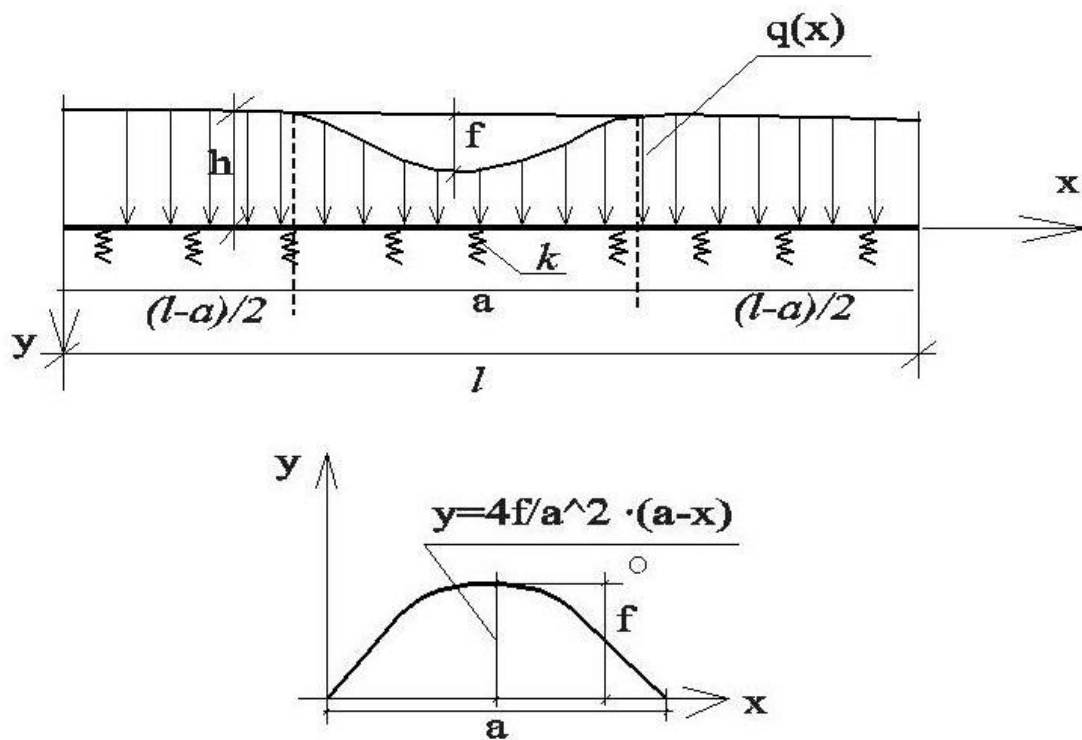


Рис. 2. Розрахункова модель зміни товщини шару ґрунту над газопроводом

Тут  $q(x)$  – зовнішнє навантаження;  $k$  – коефіцієнт постелі ґрунту;  $l$  – розрахункова довжина ділянки газопроводу;  $h$  – шар ґрунту;  $f$  – зміна висоти шару ґрунту.

Приклад розрахунку для визначення прогину газопроводу та приблизна структура аналізу результатів наведені в таблиці та на рис.3.

Для розрахунку були використані такі дані: довжина прогону ділянки газопроводу  $l=50$ м, довжина прилеглих ділянок  $\frac{a-l}{2}=17,5$ м.

Відстань від осі трубопроводу до верху засипки  $h_{сл}=5$ м.

Газопровід УПУ виконаний з труб діаметром  $D= 1,42$ м та товщиною стінки  $\delta=0,018$  м; метал труби - сталь  $E = 2.10 \cdot 10^8$  кПа.

Питома вага ґрунту, який складається з суглинку легкого пилуватого твердого та напівтвердого становить  $\gamma=19,4 \frac{\text{кН}}{\text{м}^3}$ .

У розрахунках вертикальна складова навантаження на одиницю довжини трубопроводу дорівнює  $q = 1,42\text{м} \cdot 19,4 \frac{\text{кН}}{\text{м}^3} = 27,548 \frac{\text{кН}}{\text{м пог}}$ .

Таблиця

**Розрахунок моделі магістрального газопроводу**

Кількість точок	1	2	3	4	5
Горизонтальне переміщення	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000
Прогин	0,02400	0,02352	0,02300	0,02234	0,02139
Кут повороту	-0,00019	-0,00019	-0,00023	-0,00031	-0,00045
Нормальна сила	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000
Перерізуюча сила	0,00000	0,00000	0,00001	0,00001	0,00001
Згинальний момент	0,00000	0,00001	0,00002	0,00004	0,00006

Кількість точок	6	7	8	9	10
Горизонтальне переміщення	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000
Прогин	0,02005	0,01826	0,01610	0,01391	0,01226
Кут повороту	-0,00063	-0,00080	-0,00090	-0,00081	-0,00048
Нормальна сила	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000
Перерізуюча сила	0,00000	-0,00001	-0,00003	-0,00004	-0,00003
Згинальний момент	0,00007	0,00006	0,00001	-0,00009	-0,00017

11	12	13	14	15	16
0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000
0,01164	0,01226	0,01391	0,01610	0,01826	0,02005
0,00000	0,00048	0,00081	0,00090	0,00080	0,00063
0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000
0,00000	0,00003	0,00004	0,00003	0,00001	0,00000
-0,00020	-0,00017	-0,00009	0,00001	0,00006	0,00007

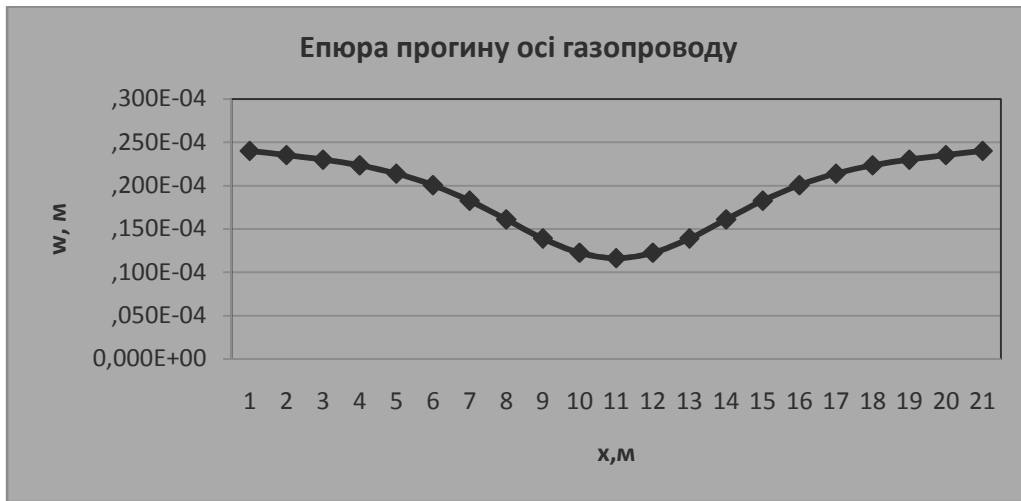
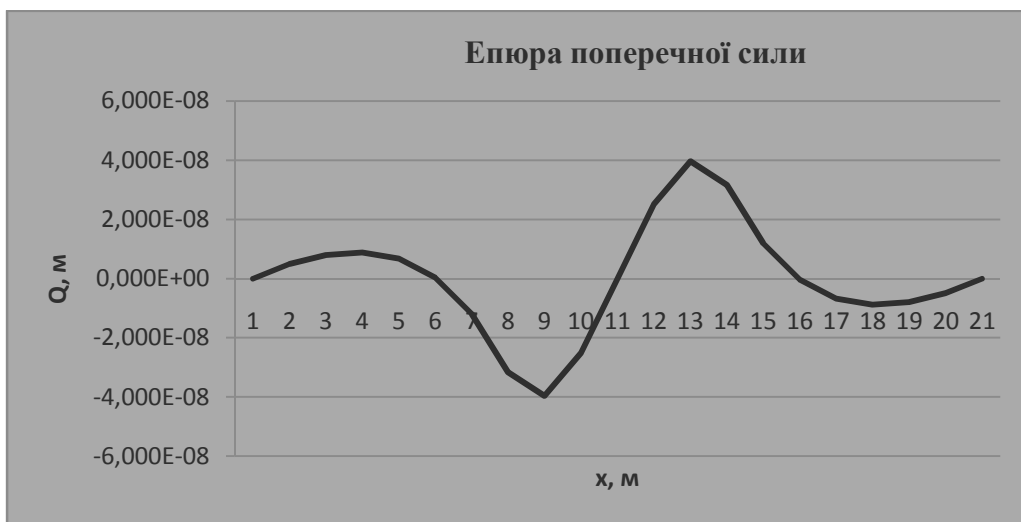
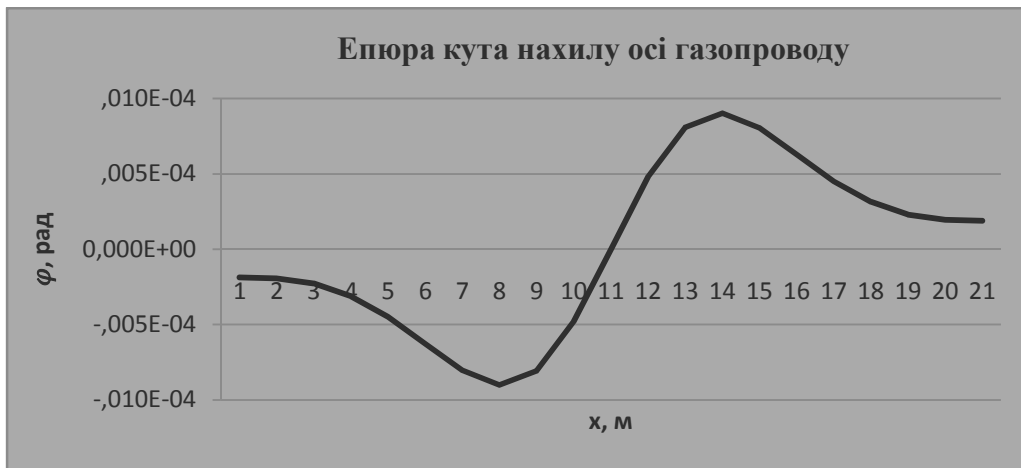


Рис. 3. Епюри НДС газопроводу УПУ в ґрунтовій основі (закінчення на с. 54)



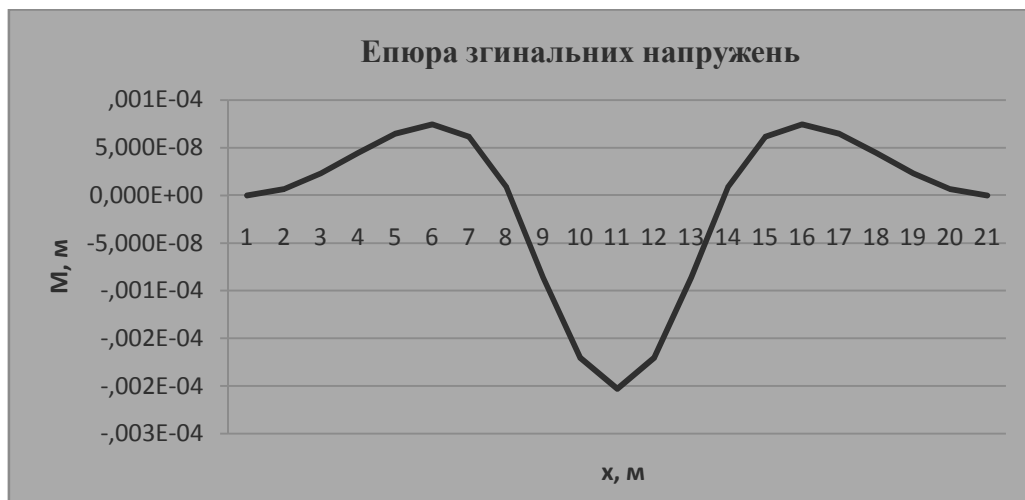


Рис.3. Закінчення

Дослідження прогину газопроводу дає можливість перейти до моделювання деформації газопроводу, на підставі якого можна обґрунтувати точність геодезичних спостережень за деформаціями і точність виконання геодезичних робіт.

Функція прогину і її похідні повністю описують напружено-деформований стан газопроводу що знаходиться в ґрунтовому масиві [4]. На графіках епюр легко проглядаються проміжки зростання та спадання функцій прогинів, точки локального максимуму і мінімуму, а також інтервали опуклості й увігнутості графіків цих функцій.

Таким чином, точність геодезичних робіт під час моніторингу магістральних газопроводів залежить від того, наскільки повно відображено фактори, що позначалися на моделюванні напружено-деформованого стану, зокрема й ті, які були під час будівництва.

На підставі розрахунків й аналізу графіків можна дійти такого висновку:

1. За незначних розмірів провалу і висоти засипки ґрунту над трубою характеристики напружено-деформованого стану газопроводу можна визначити, розв'язавши задачу в лінійній постановці.

2. Кінці труби, що знаходиться в ґрунті, просідають пропорційно вазі труби з газом і вазі ґрунту над трубою. Глибина просідання може бути оцінена за значенням коефіцієнта постелі для цього типу ґрунту.

3. Джерелом максимальних напружень є не вага труби, а її защемлення в ґрунті.

Наведена методологія дає можливість прогнозувати вплив небезпечних геологічних процесів на газопровід і розробити рекомендації та обґрунтувати точність виконання геодезичних робіт, тобто виконати моделювання точності на такому рівні, який сприяє фіксації деформацій конструкції та ґрунтового масиву.

Зважаючи на викладене, можна запропонувати рекомендації з організації геодезичних спостережень за напружено-деформованим станом магістральних газопроводів в ґрунтовій основі.

1. Якщо в процесі рекогностування траси газопроводу виявлено ділянки з рухом ґрунту, то на цих ділянках потрібно встановити постійні станції спостереження, розмістивши їх в зоні без впливу переміщень ґрунту.



2. У разі значних ґрунтових зрушень перед початком детальних досліджень потрібно попередньо закріпити ряд контрольних марок в місцях прояву НДС газопроводу.

3. Для виконання спостережень за деформаціями створити планово – висотну локальну геодезичну мережу. Схема і точність геодезичної мережі та методика спостережень залежать від розміру досліджуваної ділянки, протяжності небезпечної в деформаційному відношенні частини ділянки. Для дослідження деформацій газопроводів потрібно створювати планову геодезичну основу, точність якої визначають на підставі напружено - деформованого стану .

**Висновок.** Визначення напружено-деформованого стану магістральних газопроводів з використанням методів фізичного та математичного моделювання з подальшим розв'язанням крайових задач дає змогу визначити місця максимально допустимих напружень, а щодо кожної ділянки газопроводу – можливі характеристики деформацій. Отримані дані дають можливість обґрунтовано обрати місця для контрольних марок, визначити потрібну точність вимірювань і дійти висновку про стан будівельної конструкції та споруди в цілому на момент спостережень.

### СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Рудаченко А.В. Исследование напряженно-деформированного состояния трубопроводов / А. В.Рудаченко. – Томск: Изд-во Томского политехнического ун-та, 2011. – 136с.
2. Антонович П.Б. К расчету балок и плит, опирающихся на упругое основание / П.Б. Антонович. – Томск: Известия Томского политехнического ин-та им. С.М. Кирова, 1954. – Т.76. – 150с.
3. Магистральные трубопроводы: СНиП III-42-80\*. – М.: М-во регион. развития Российской Федерации, 2012.
4. Расчет напряженно-деформированного состояния и прочности газопровода, проходящего по карстовой территории / Р.М.Зарипов, Г.Е.Коробков, В.А.Чичелов, Р.А. Фазлетдинов. –Уфа: Изд-во УГНТУ, 1999 – 74с.

### REFERENCES

1. Rudachenko, A.V. (2011). *Issledovaniya napryazhonno-deformirovannogo sostoyaniya truboprovoda [Investigation of the stress-strain state of the pipelines]*. Tomsk: Publishing House of Tomsk Polytechnic University [in Russian].
2. Antanovych P.B. *Kraschety balok i плит, opirayushchikhsya na uprugoe osnovanie [By calculation beams and plates, based on elastic cushion]*. Tomsk: Tomsk Polytechnic Institute Proceedings behalf S.M.Kyrova, [in Russian].
3. *SNIP III-42-80 \*(2012). Magistralnue tryboprovodu [Major Pipelines]*. Moscow: Ministry of Regional Development [in Russian].
4. Zarypov P.M., Korobkov G.E., Chychelov V.A., Fazletdinov R.A. (1999) *Raschet napryazhonno-deformirovannogo sostoyaniya i prochnosti gazoprovoda [Calculation of stress-strain state and Strength pipeline, transmitted on karstovoy territory]*. Ufa: UGNTU [in Russian].

**В.К. Чибиряков,  
В.С. Староверов,  
К.А. Никитенко**

## **ГЕОДЕЗИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ МАГИСТРАЛЬНЫХ ГАЗОПРОВОДОВ С УЧЕТОМ СОПРОТИВЛЕНИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ ИХ ПОЧВЫ**

*Рассмотрен и проанализирован общий порядок определения напряженно-деформированного состояния на участках магистрального газопровода «Уренгой - Помары - Ужгород» (УПУ), проложенного в сложном грунтовом массиве.*

*Смоделирована расчетная модель магистрального газопровода в виде изгиба балки на упругом основании. Рассмотрена гипотеза Фусса - Винклера, позволяющая определить места максимально допустимых напряжений.*

*Решена система уравнений с определенными граничными условиями с помощью эффективного численного метода С.К. Годунова, позволяющая дифференцированно подходить к обоснованию точности геодезических работ.*

*Использованная методология позволяет оценить динамику оползневых явлений, определить стадию движения массива, распределения в нем областей растяжений и сжатий, а также определить минимальную длину в оползневом массиве, при которой возможно появление критических напряжений.*

*Благодаря полученным результатам можно четко проследить закономерность смещения газопровода с изменением слоя и свойств почвы и прийти к выводу, что величина напряжений является переменной по длине газопровода.*

*Участки газопровода, расположенные в зоне перехода слабых грунтов и почв, которые имеют достаточно большую несущую способность, характеризуются повышенным уровнем напряжений и большей вероятностью смещения газопровода от проектного положения.*

*Предложены рекомендации по обоснованию точности выполнения инженерно-геодезических работ при наблюдении за газопроводом в опасных геологических условиях.*

**Ключевые слова:** *магистральный газопровод (МГ), напряженно-деформированное состояние (НДС), прогиб газопровода.*

**V.K. Chibiriakov  
V.S. Staroverov  
K.O. Nikitenko**

## **GEODETIC MONITORING OF THE STRESS-STRAIN STATE OF THE MAIN GAS PIPELINES CONSIDERING THE RESISTANCE OF THE SURROUNDING SOIL**

*Considered and analyzed general procedure for determining the stress-strain state in areas main gas pipeline "Urengoy - Pomary - Uzhgorod" (UPU), which is a complex array of soil.*

*Simulated calculation model gas pipeline in the form of beams on elastic foundation bending. Considered hypothesis Fuss - Winkler, to determine the maximum allowable stress space.*

*We solve the system of equations with certain boundary conditions through effective numerical S.K. Godunov's method that enables differentiated approach to the study of precision geodetic work.*

*The methodology used allows us to estimate the dynamics of landslide phenomena determine the stage of the movement of the array, it shares regions of compression and stretching, as well as determine the minimum length of shear array in which the possible emergence of critical stress.*

*The obtained results allow to clearly trace the pattern shift with changes in the pipeline and a layer of soil properties and say that the magnitude of the stress variable along the length of the pipeline. Pipeline located in the transition zone of weak soils and soils that have a fairly large carrying capacity, characterized by increased levels of stress characteristics of VAT and will have the greatest displacement of the gas pipeline project location.*

*The recommendations for the study accuracy of geodetic work in monitoring the pipeline in dangerous geological conditions.*

**Keywords:** *gas pipeline (MG), the stress-strain state (NDS), the deflection of the pipeline.*

Надійшла до редакції

3.04.2013.

УДК 528.3

**Р.В. Шульц**, *д-р техн. наук, професор кафедри інженерної геодезії, Київський національний університет будівництва і архітектури,*

**О.І. Терещук**, *канд. техн. наук, доцент кафедри геодезії, картографії та землеустрою, Чернігівський державний інститут економіки та управління,*

**А.О. Анненков**, *канд. техн. наук, доцент кафедри інженерної геодезії, Донбаська національна академія будівництва і архітектури*

**І.О. Нисторьяк**, *асп. кафедри геодезії, картографії та землеустрою, Чернігівський державний інститут економіки та управління*

## **ПРАКТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ТОЧНОСТІ ВИЗНАЧЕННЯ КООРДИНАТ ЗА СУПУТНИКОВИМИ ТЕХНОЛОГІЯМИ В РЕЖИМІ РЕАЛЬНОГО ЧАСУ**

*У статті висвітлено питання точності координатного забезпечення за допомогою RTK-технологій. Досліджено ефективність застосування шести моделей поправок під час спостережень на пунктах Державної геодезичної мережі в УСК-2000. Виявлено, що локальні спотворення, що не перевищують 20 см, не можуть суттєво вплинути на результати топографічних та кадастрових знімів у межах фрагмента Чернігівської області розміром 100x120 км.*

**Ключові слова:** *GPS, GNSS, референсні станції, RTK-технологія, VRS.*

**Постановка проблеми.** Система супутникового позиціонування на основі наземної мережі активних референсних GNSS-станцій дає змогу точно визначати координати під час статичних спостережень та в режимі реального часу (RTK). Відомі методи RTK мають властивості зменшувати похибки, які залежать від відстані, що дає можливість збільшити

відстань між базовою станцією та пересувною (ровером), тобто довжину базових ліній. Для отримання розв'язку потрібно, щоб ровер був наділений алгоритмом, здатним обирати, дані яких базових станцій будуть використані для отримання рішення, яка кількість станцій і яка методика використовуватиметься для зменшення похибок. Зазначимо, що тоді ровер може постійно оцінювати точність отриманого RTK-розв'язку і стежити за ефективністю диференціальної корекції. У цьому полягає перевага такого підходу. Отже, якщо згідно з алгоритмом ровера рішення не є оптимальним з певних причин, він може обрати іншу стратегію корекції й отримати оптимальний мережевий розв'язок.

У випадку, коли сервер керує мережевим RTK-розв'язком, він використовує одну стратегію, оптимальну для мережі, але не для окремого ровера. Серверу не відомо, в яких умовах працює кожний ровер і, якщо мережеве рішення не підходить для якогось ровера, RTK-розв'язок може не бути оптимальним і швидка ініціалізація – недотриманою. Тоді, щоб гарантовано виконувати швидку ініціалізацію і забезпечувати оптимізацію RTK-розв'язку, ровер повинен бути здатним керувати RTK-розв'язком. Звідси випливає, що GNSS-мережа моделює (продукує) різними методами RTK-поправки залежно від можливостей та взаємодії з роверним приймачем. Метод формування поправок, застосований у мережі RTK, як зазначалося, значною мірою залежить від мінімізації похибки, зумовленої відстанню. Моделювання за методами, наприклад MAX, FKP та Virtual Reference Station (рис. 1), виконується або на сервері мережі, або ровером.

© Р.В. Шульц, О.І. Терещук,  
А.О. Анненков, І.О. Нисторьяк, 2014

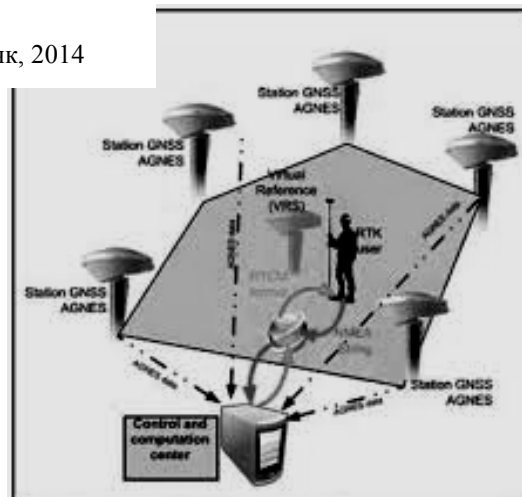


Рис.1. Метод VRS

**Аналіз останніх досліджень та публікацій.** Питанням практичної реалізації комерційної RTK-мережевої служби надано особливої уваги у роботі [20]. У вересні 2000 року для громадськості Японії був введений прототип інфраструктури для комерційної RTK-корекції. Пропонуються принципи розвитку супутникової інфраструктури для використання різних каналів передавання даних, зокрема послуги з широкомовної передачі, стільникові телефони та Інтернет, обговорюється також підхід до вибору алгоритму мережі RTK (рис.1). Висвітлено питання концепції розвитку системи, зокрема інтернет-глобалізації - GALILEO, ГЛОНАСС і точне використання ефемерид. Ідея кінематики в реальному часі RTK-послуг мережі була розроблена багато років тому, але тільки недавно їх реалізацію розпочато в деяких країнах. Важливість мережі RTK збільшується щороку.

Основною проблемою, на думку авторів, є необхідність розміщення базової станції в безпосередній близькості до користувача. Відстань від базової станції в разівикористання RTK повинна бути не більшою за 10 км, на відміну від DGPS, коли відстань до базової станції може перевищувати кілька сотень кілометрів. Це означає, що для забезпечення площі 1000 км<sup>2</sup> надійним сервісом служби RTK повинно бути встановлено близько 2500 базових станцій. Єдиний спосіб подолати цю проблему із збереженням точності і часу для ініціалізації полягає у застосуванні підходу, аналогічного до WAAS, а саме – зменшення кількості базових станцій, наприклад, до 100 – 400 залежно від іоносферних умов. Така об'єднана мережа станцій, кожна з яких надсилає корекції даних через лінії передачі даних до центру управління, який обробляє їх та вдруге посилає визначені поправки до користувача іншим каналом передавання даних.

У космічному позиціонуванні, де методи спостереження забезпечують абсолютне положення відносно земної системи точного визначення, реалізація наземних та інерційних систем відліку має принципове значення [19].

Завдяки значному поліпшенню технології приймача, розширенню й ущільненню супутникової мережі разом з більш точним визначенням положення і швидкості стеження, GPS сьогодні можна розглядати як глобальну геодезичну систему позиціонування, що забезпечує практично миттєве тривимірне визначення положення об'єкта з високою точністю – близько 1 – 2 см. Нині послуга RTK дає змогу визначати координати з середньою похибкою у межах 0,02 – 0,03 м в плані та з похибкою не більше 0,1 м по висоті в реальному часі безпосередньо під час польових робіт на місцевості. Для прикладу схематично покажемо принцип роботи в RTK-режимі німецької GNSS-мережі SAPOS (рис.2).

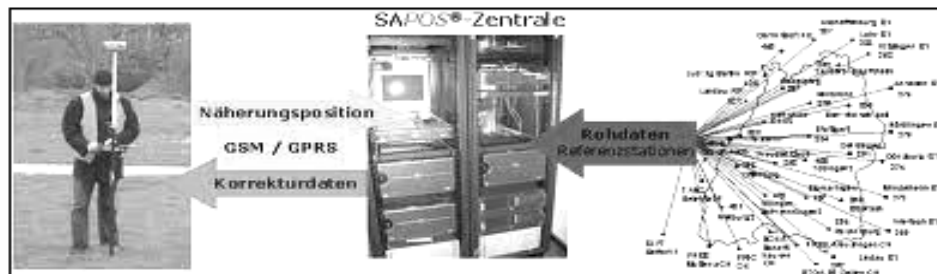


Рис. 2. Принцип роботи RTK-технологій у GNSS-мережі SAPOS

Спеціально для реалізації RTK-режиму була розроблена технологія NTRIP (NetworkedTransportofRTCMviaInternetProtocol) [23], яка є спеціальним TCP-протоколом для передавання даних за допомогою мережі Інтернет, покликаним забезпечити значній кількості користувачів надійний доступ до поправок і даних спостережень референціальних станцій.

Нині технологія RTKшироко впроваджується і на території нашої держави. Зокрема, у Закарпатській області створена перша в Україні мережа референціальних станцій UA-EUPOS/ZAKPOS, яка вже введена в експлуатацію та успішно працює [5; 6; 12; 20]. За короткий час створена також аналогічна мережа System.NET [23], яка охопила покриттям майже 90% території країни. З метою реалізації науково-дослідних та виробничих проектів створюються також і локальні GNSS-мережі у Львівській [7; 8; 9; 10;

11], Харківській [1; 2; 3; 4; 18], Чернігівській [3; 13; 14; 15; 16; 17] та інших областях. Впровадження в Україні нової високоефективної технології супутникового позиціонування – технології RTK дасть змогу досліджувати різноманітні наукові питання, такі як отримання та передавання диференційних поправок в реальному часі, та розробляти науково-методичне забезпечення і рекомендації щодо вдосконалення високотехнологічних виробничих процесів.

**Метою** пропонованої роботи є дослідження точності визначення координат пунктів за методикою RTK, із застосуванням різних способів моделювання поправок у референційній GNSS-мережі.

**Виклад основного матеріалу.** Як вже зазначено, через різну взаємодію між мережею та ровером у кожному способі можливі відмінності в реалізації точності і надійності місцеположення роверної станції. Дослідимо на конкретному прикладі, наскільки справедливим є таке твердження.

Робота була побудована таким чином. Перед виїздом у поле на базі факультету, що на вул. Белова, 4, були виконані налаштування приймачів. У спостереженнях брали участь шість бригад – одна з Києва та п'ять з Чернігова, мультисистемні GNSS-приймачі були різних фірм-виробників, їх характеристики подані у табл. 1. До налаштування приймачів належало налагодити зв'язок із сервером мережі SystemNET, виконати тестові спостереження за різних конфігурацій та контрольні вимірювання точок на території інституту, які належать до мережі полігонометричних ходів навчально-геодезичного полігону інженерно-будівельного факультету. Доступ до сервера мережі System.NET відбувався через протокол NTRIP, а поправки передавалися в форматі RTCMv3.

Таблиця 1

Характеристика GNSS-приймачів та антен

№ бригади	Система GNSS	Приймач	Антенa	Серійний номер приймача	Серійний номер антени
1	GPS	Leica GX 1230GG	AX 1202 OO	472882	09280025
2	GPS+GLONASS	Leica GX 1230GG	AX 1202 OO	472818	08480025
3	GPS+GLONASS	LeicaGS0 8 plus	контролер CS-10	2526772	1850914
4	GPS+GLONASS	GeoMAX Zenith 10	контролер Getac PS 236		GMZ 103640003
5	GPS+GLONASS	LeicaCS25	Leica Zeno GG03	206017	0242922
6	GPS	Topcon GRS1		59402027	308-21177

Після налаштування приймачів та узгодження деяких організаційних питань, бригади роз'їхалися на пункти спостережень, перелік яких заздалегідь отримав кожен бригадир. У процесі підготовки експерименту нам не вдалося повною мірою рекогностувати пункти Державної геодезичної мережі північного регіону і забезпечити карточками прив'язки пунктів триангуляції та полігонометрії. Тому пошук пунктів виконували здебільшого GPS-приймачами за методом «виносу точки», попередньо ввівши

у контролер координати шуканого пункту. Вимірювання виконували в системі координат СК63.

Як приклад на рис.3 показано знаходження пункту триангуляції Петрівське (PTRV) 3 кл. До речі, цей пункт знаходиться, як і переважна більшість інших, на переораних та засіяних озимими полях, без жодного окопування, без розпізнавальних елементів, на зразок «курганчика». Зауважимо, що процес пошуку пункту потребував стільки часу, скільки потрібно для його відкопування, не враховуючи часу на пішу ходу до місця, куди транспорт не міг доїхати. Траплялося так, що глибина залягання центру подекуди сягала 0,80 – 1,0 м.

Спостереження можна умовно поділити на декілька етапів. На першому етапі для передаванняRTK-поправок були використані перманентні станції мережі System.NET (Чернігів, Київ, Славутич, Щорс, Конотоп, Ніжин, Прилуки, Ромни, Новгород-Сіверський). Усі станції окрім останньої, брали участь у передаванніRTK-поправок у форматі RTCMv3 на надану IP-адресу через NtripCaster кожного приймача. Як відомо, протокол Ntrip розроблено німецьким федеральним агентством з картографії і геодезії та кафедрою комп'ютерних наук Дортмундського університету і випущений у вересні 2004 року як «Рекомендовані стандарти для мережевої передачі через Інтернет-протокол (NTRIP), версія 1.0». Нинішня версія протоколу є версією 2.0 з поправкою 1 від 28 червня 2011 року.

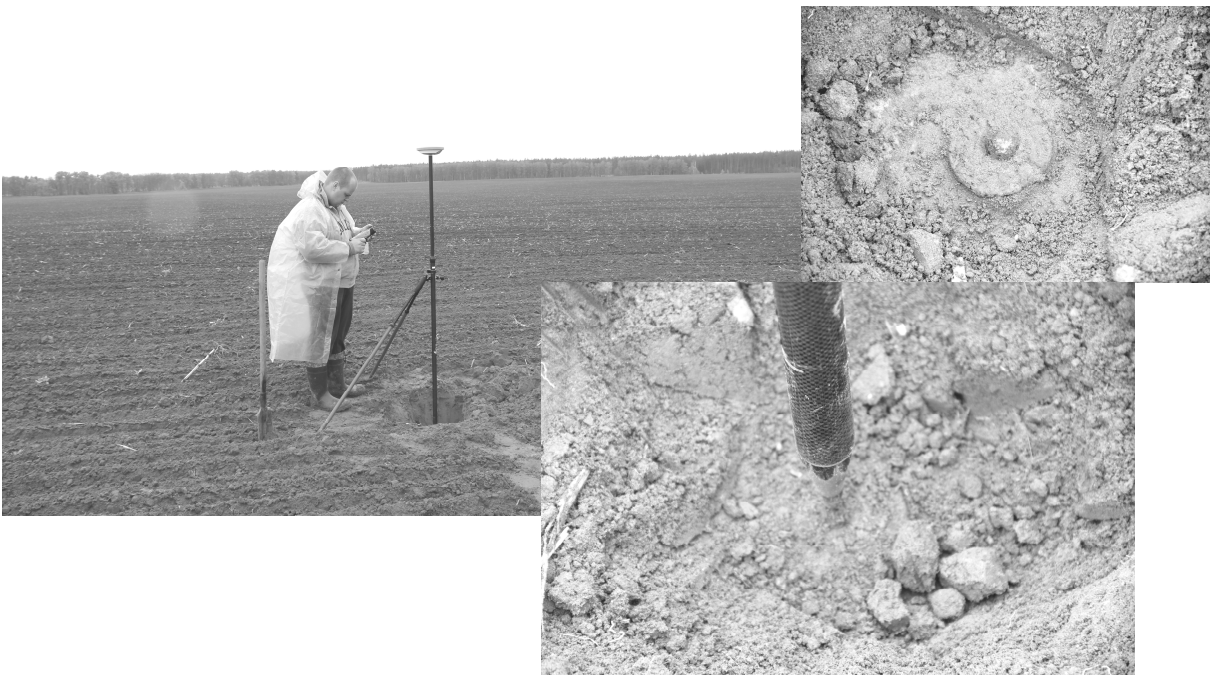


Рис. 3. Знаходження пункту триангуляції Петрівське, 3 кл.

Роботи на пунктах розпочинали зі статичних спостережень (протягом не менш як 1 год) для отримання контрольних значень координат. Були вибрані пункти триангуляції навколо Чернігова як базові – Киїнка (KINK), Яцево (JATS), Глушець (GLUS), на яких спостереження першого дня відбувалися в режимі «статика» майже протягом шістьох годин. За цей час решта три бригади спостерігали на пунктах міської полігонометрії,

щоразу починаючи з годинного режиму «FastStatic», а потім в RTK-режимі. Далі роверні приймачі налаштовували на прийом поправок від мережі System.NET. Для цього у контролерах були створені шість проектів, які мали різну конфігурацію, наприклад, проекту для бригади №5 надавали ім'я - 5.ата визначали місце, де буде зберігатися база даних цього проекту. Першепозначення в назві проекту змінюватися не буде – це номер бригади. Інші літери замінюються залежно від режиму (конфігурації) знімання, а саме: 5.a – autom; 5.v – vrs (virtualreferencestation); 5.n – nearest; 5.kv– точка монтування (kvda); 5.nz– точка монтування (nizh); 5.ch – точка монтування (cniv).

*Примітка:*

*autom* – *automax* – технологія мережевого RTK, розроблена компанією Leica Geosystems є базовою в роботі в мережі System.NET(рис.4). У разі використання цієї технології поправки вираховуються одночасно від кількох базових станцій;

*vrs* – *Virtual reference station* – технологія створення віртуальної базової станції в районі робіт, від координат якої відбувається розрахунок точних координат на контролері;

*nearest* – немережева технологія; поправки надходять від найближчої одиночної базової станції; (*kvda*), (*nizh*), (*cniv*) – поправки, отримані з точок монтування одиночних базових перманентних станцій, розміщених у Києві, Ніжині та Чернігові відповідно. Це потрібно було для того, щоб перевірити можливість під'єднання та отримання фіксованого розв'язку в режимі RTK за наддовгих баз (до 200км).

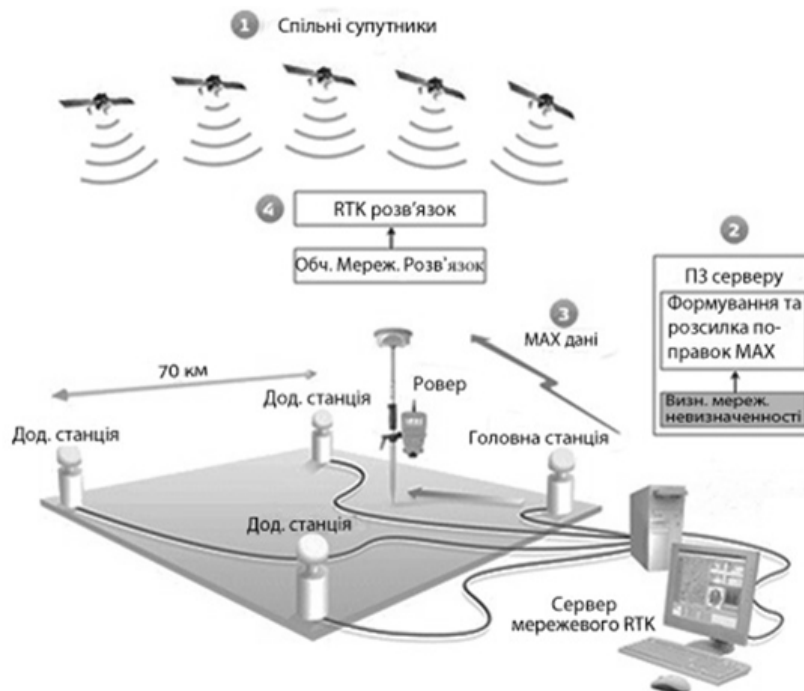


Рис. 4. Схема роботи методу automax

Під'єднуючись до RTK-сервера, вказуємо його ім'я, наприклад, *autom* – для точки монтування *autom*, *vrs* – для точки монтування *vrs* тощо, IP-адресу - 193.107.25.166 – для всіх конфігурацій, порт - 2114 – для точок: *autom*, *vrs*, *nearest*, порт-8085 – для точок



монтування: kvda, nizh, sniv. Доступ до сервера мережі System.NET відбувався через протокол NTRIP, а поправки передавалися в форматі RTCMv3.

Перед початком спостережень домовлено встановлювати у меню контролера орієнтовну кількість вимірів на точці – 30, а за статичного режиму – 3600, хоча за стандартними налаштуваннями кількість вимірів становить 5 позиціонувань для точок і 10 – для вершин ліній/полігонів (тобто 5 і 10 с відповідно).

На рис. 5 схематично показано розміщення пунктів полігонометрії та триангуляції на території міста Чернігова.



Рис.5. Схема розміщення пунктів у Чернігові

Наступного дня за програмою досліджень було заплановане GNSS-спостереження на пунктах триангуляції 1, 2 і 3 класів в області (рис. 6). З метою узгодження графіка робіт вимірювання розпочинали всі бригади одночасно – о 7.00 ранку на пунктах триангуляції, які спостерігалися нами у 2011 році. Після годинної «стативи» на цих пунктах переходили до RTK-вимірювань на решті пунктів триангуляції, які кожна бригада підготувала для себе напередодні. В області працювало чотири бригади, дві – у Чернігові за описаною програмою.



Рис. 6. Схематичне розміщення пунктів триангуляції на Чернігівщині, на яких виконували GNSS спостереження

Під час супутникових вимірювань методом RTK використано GSM/GPRS операторів мобільного зв'язку – «Київстар» та МТС як таких, що задовольняють багатьох користувачів площею покриття мережі та якістю зв'язку. Використовуючи технологію NTRIP, ми сподівалися отримати хороші результати навіть за значних віддалей між ровером та референційною станцією.

Обробку результатів спостережень виконували фахівці Науково-дослідного інституту геодезії та картографії. Перед початком оброблення результатів супутникових спостережень слід визначити та ввести абсолютні поправки за калібрування антен приймачів. Для цього ми скористалися даними, офіційно опублікованими на сайті NGS та схваленими до застосування для певних приладів і послуг (рис. 7).

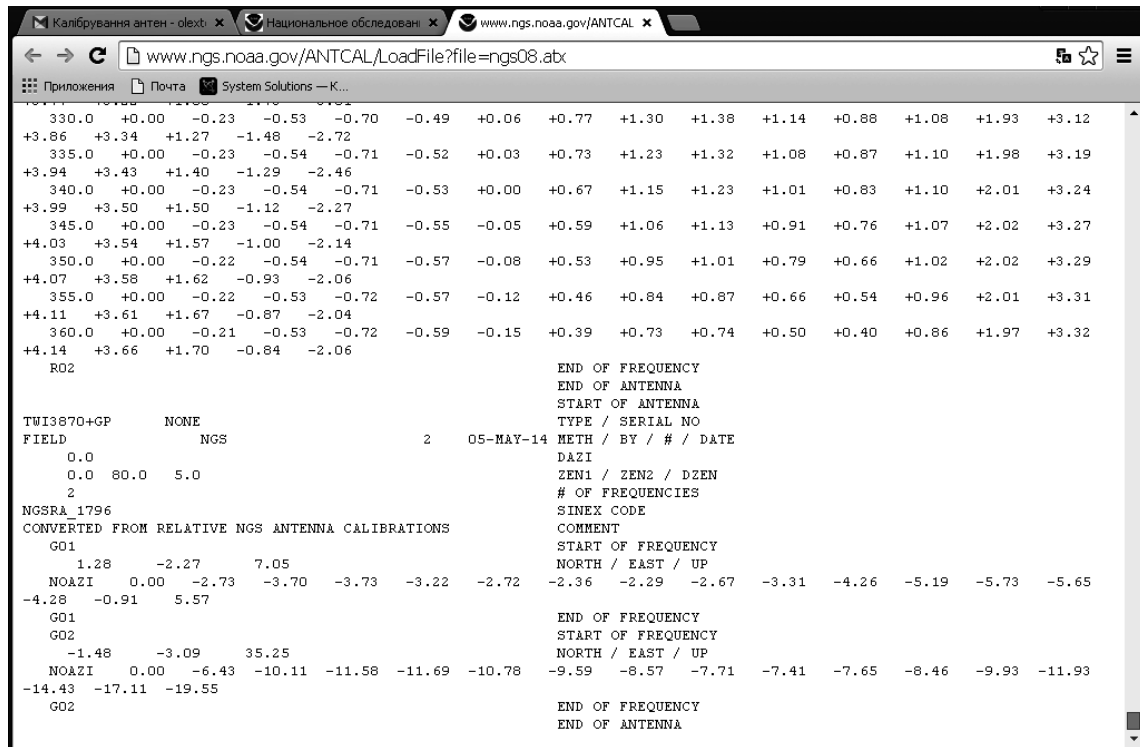


Рис. 7. Web-сторінка NGS з калібруванням для антени приймача LeicaGS08 plus

Абсолютні значення калібрувань використовують для оброблення даних з CORS в IGS08 епохи 2005,00 і NAD 83 (2011, MA 11, PA 11) епохи 2010,00. Для прикладу наводимо дані калібрування для антени приймача LeicaGS08 plus. Ці значення калібрувань мають певну відмінність від попередніх, наприклад, якщо їх використовувати для оброблення даних з CORS в ITRF00 епохи 1997,00 і NAD 83 (CORS 96, PACP00, MARP00) епохи 2002,00.

**Дані калібрувань для антени приймача LeicaGS08 plus**

LEIGS08PLUS NONE Internal geodetic antenna L1/L2, SmartTr IGS ( 5) 12/09/24

1.0 1.4 62.4  
 0.0 -0.1 -0.3 -0.7 -1.1 -1.4 -1.4 -1.2 -0.8 -0.5  
 -0.3 -0.5 -0.9 -1.2 -1.0 -0.2 1.1 2.1 2.0  
 0.6 -0.5 62.7  
 0.0 -0.0 -0.1 -0.3 -0.6 -0.9 -1.4 -1.8 -2.1 -2.0  
 -1.4 -0.5 0.6 1.3 1.4 0.7 -0.2 -0.3 1.8

Оскільки параметри зв'язку між системами IGS08 та ITRF2008 дорівнюють нулю, то на початку координати пунктів мережі були наведені на епоху 2005.0. Далі координати перераховувалися із системи ITRF2008 у систему ITRF2005 за офіційними параметрами зв'язку, опублікованими службою IGS [24] за такою формулою:

$$\begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix}_{ITRF\ 2005} = \begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix}_{ITRF\ 2008} + \begin{bmatrix} m & +\varepsilon_Z & -\varepsilon_Y \\ -\varepsilon_Z & m & +\varepsilon_X \\ +\varepsilon_Y & -\varepsilon_X & m \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix}_{ITRF\ 2008} + \begin{bmatrix} \Delta X \\ \Delta Y \\ \Delta Z \end{bmatrix} \quad (1)$$

Після цього координати пунктів Чернігівської мережі були перераховані із системи ITRF2005 у Державну геодезичну референцну систему координат УСК-2000 за параметрами, визначеними НДПК за формулою:

$$\begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix}_{УСК-2000} = \begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix}_{ITRF2005} + \begin{bmatrix} m & +\varepsilon_Z & -\varepsilon_Y \\ -\varepsilon_Z & m & +\varepsilon_X \\ +\varepsilon_Y & -\varepsilon_X & m \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix}_{ITRF2005} + \begin{bmatrix} \Delta X \\ \Delta Y \\ \Delta Z \end{bmatrix}. \quad (2)$$

Після перерахунку у систему УСК-2000 координати станцій мережі перетворювалися із просторових геоцентричних у плоскі прямокутні в проекції Гаусса-Крюгера у відповідні шестиградусні зони. Значення координат пунктів отримано також в СК-42.

За початкові взято значення з каталога координат. Нагадаємо, що на кожному пункті спостереження виконувалися у режимі RTK за різними конфігураціями.

Запишемо систему рівнянь:

$$\delta(a)_{i,j} = \varpi_a(X_i Y_j) - \kappa(X_i Y_j); \quad \delta(n)_{i,j} = \varpi_n(X_i Y_j) - \kappa(X_i Y_j); \quad \delta(v)_{i,j} = \varpi_v(X_i Y_j) - \kappa(X_i Y_j); \\ \delta(Ch)_{i,j} = \varpi_{Ch}(X_i Y_j) - \kappa(X_i Y_j); \quad \delta(Nz)_{i,j} = \varpi_{Nz}(X_i Y_j) - \kappa(X_i Y_j); \quad \delta(Kv)_{i,j} = \varpi_{Kv}(X_i Y_j) - \kappa(X_i Y_j), \quad (3)$$

де  $\delta(a)_{i,j}$ ,  $\delta(n)_{i,j}$ ,  $\delta(v)_{i,j}$ ,  $\delta(Ch)_{i,j}$ ,  $\delta(Nz)_{i,j}$ ,  $\delta(Kv)_{i,j}$  - похибки у значеннях координат, вимірних RTK за методами за шести різних конфігурацій;  $\varpi_a(X_i Y_j)$ ,  $\varpi_n(X_i Y_j)$ ,  $\varpi_v(X_i Y_j)$ ,  $\varpi_{Ch}(X_i Y_j)$ ,  $\varpi_{Nz}(X_i Y_j)$ ,  $\varpi_{Kv}(X_i Y_j)$  - вимірні значення координат за різних конфігурацій RTK-спостережень;  $\kappa(X_i Y_j)$  - каталожні значення координат пунктів триангуляційної мережі Чернігівщини.

Використавши систему рівнянь (3), зведемо результати опрацювання даних у табличному вигляді, представивши у табл. 2 похибки визначення координат пунктів триангуляційної мережі Чернігівщини за різних конфігурацій RTK-знімання.

Таблиця 2

**Похибки визначення координат пунктів триангуляційної мережі Чернігівщини за різних конфігурацій RTK-знімання**

Конфігурація/ пункти, клас	<b>auto</b> $\delta a_{i,j}$	<b>near</b> $\delta n_{i,j}$	<b>vrs</b> $\delta v_{i,j}$	<b>Ch</b> $\delta Ch_{i,j}$	<b>Nz</b> $\delta Nz_{i,j}$	<b>Kv</b> $\delta Kv_{i,j}$
Київка, 2 кл	-0,016	-0,012	0,009	-0,007	0,030	
	0,019	0,014	0,030	0,019	0,058	
Кроти, 3 кл	0,030	0,006	0,031			
	-0,016	-0,017	-0,005			
Сухоставець, 3 кл	0,231	0,019	0,021			
	-0,032	-0,052	-0,048			
Рудівка, 2 кл	0,009	-0,025	0,007		0,096	
	-0,005	-0,000	0,009		-0,026	
Мал. Дівиця, 2 кл	0,013	-0,082	-0,042		0,081	
	-0,036	-0,009	-0,022		0,008	
Яцеве, 2 кл	0,005	-0,146	0,476		0,001	0,037
	0,007	-0,056	0,034		0,002	-0,227
Вовча Гора, 1 кл	0,011	0,004	0,015	-0,129		-0,003
	-0,009	-0,012	-0,009	-0,054		-0,014
Орлове, 3 кл	-0,054	-0,056	-0,065	-0,079		-0,047

	0,018	0,013	0,016	0,018		0,012
--	-------	-------	-------	-------	--	-------

Закінчення табл. 2

Конфігурація/ пункти, клас	<b>auto</b> $\alpha(a)_{i,j}$	<b>near</b> $\alpha(n)_{i,j}$	<b>vrs</b> $\alpha(v)_{i,j}$	<b>Ch</b> $\alpha(Ch)_{i,j}$	<b>Nz</b> $\alpha(Nz)_{i,j}$	<b>Kv</b> $\alpha(Kv)_{i,j}$
Булахів, 2 кл	-0,019					
	0,102					
Петрівське, 3 кл	0,005	0,012	0,004			0,005
	0,018	0,008	0,013			0,010
Мог. Балачаха, 3 кл	-0,222					-0,011
	-0,045					0,016
Браниця, 2 кл	0,198	-0,025	0,099	0,199	0,192	-0,115
	0,176	0,030	0,101	0,029	0,159	-0,045
Данівка, 2 кл	-0,022	0,119	-0,087	0,298	0,122	-0,100
	0,005	0,083	0,124	0,005	0,125	-0,007
Димерка, 3 кл	0,010	0,020	0,021	0,021	0,016	-0,160
	0,039	0,028	0,036	0,031	0,030	-0,013
Кіпті, 2 кл	0,032	0,039	0,037	0,028	0,034	-0,092
	0,043	0,035	0,038	0,026	0,037	-0,009
Глушець, 3 кл	-0,011	-0,009	-0,006	0,149	-0,112	0,446
	0,013	0,009	-0,006	-0,012	0,103	-0,054
Березівка, 2 кл	-0,009	-0,003	-0,018	-0,002		-0,025
	0,056	0,045	0,050	0,041		0,047

*Примітка.* Дані спостережень наведені не в повному обсязі.

Як видно, не на кожному пункті вдалося досягти фіксованого розв'язку саме через проблеми зі зв'язком. Зазначимо, що в період проведення експериментальних робіт спостерігалися «перебої» в отриманні поправок від станцій «CNIV» та «NIZH».

Аналізуючи дані таблиці 2, можна дійти висновку, що точність RTK вимірювань залежить від довжини векторів, а саме: не варто перевищувати їх значення понад 100 км за похибок планового положення від 2 до 5 см. За потреби отримання вищої точності польових топографо-геодезичних робіт в межах 1–2 см слід використовувати технологію мережевого RTK – *automa* або *nearest* - немережеву технологію, поправки якої надходять від найближчої одиночної базової станції. Можна також скористатися поправками, отриманими з відповідних точок монтування, попередньо погодивши їх з оператором мережі. Правда, в таких випадках слід бути добре обізнаним з розміщенням пунктів супутникової перманентної мережі у районі ймовірних польових робіт, оскільки віддаленість базової станції від «ровера» може негативно позначитися на точності спостережень. Похибки 10 см і більше, що деколи трапляються під час спостережень в інших RTK-режимах, на нашу думку, можуть бути спричинені негативним впливом на вимірювання зовнішніх знаків – 4 - або 6 - метрових металевих пірамід, які ще подекуди збереглися. Це, зокрема, стосується пунктів Данівка, 2 кл, Браниця, 2 кл., (рис. 8.) а також Могила Балачаха, 3 кл., на інших пунктах точність визначення координат становить  $\pm 5$  см.

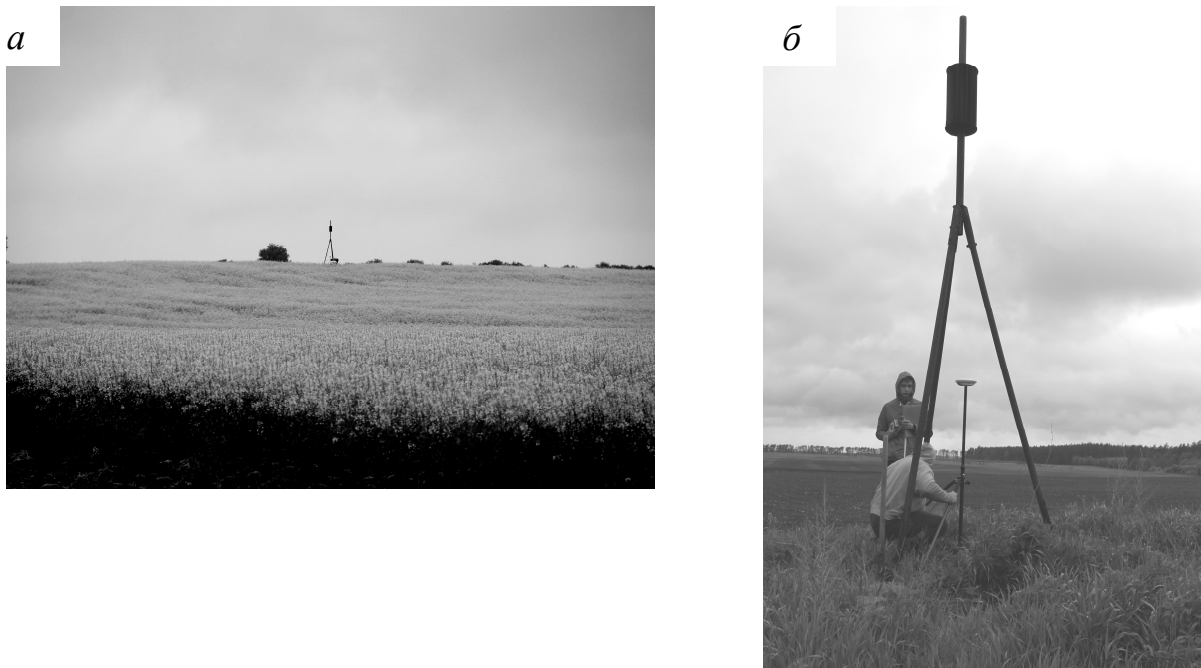


Рис. 8. Розміщення зовнішніх знаків – металевих пірамід на пунктах триангуляції:  
*a* – Данівка, 2 кл.; *б* – Браниці, 2 кл.

Нами виконано графічне представлення результатів обробки супутникових спостережень у межах Чернігівської області для усіх шести RTK-конфігурацій. У статті (рис.9 та 10) наводимо розподіл похибок координат  $\delta(a)_i$  та  $\delta(a)_j$  тільки у режимі autотах як такого, що найчастіше застосовується під час виконання кадастрових робіт.

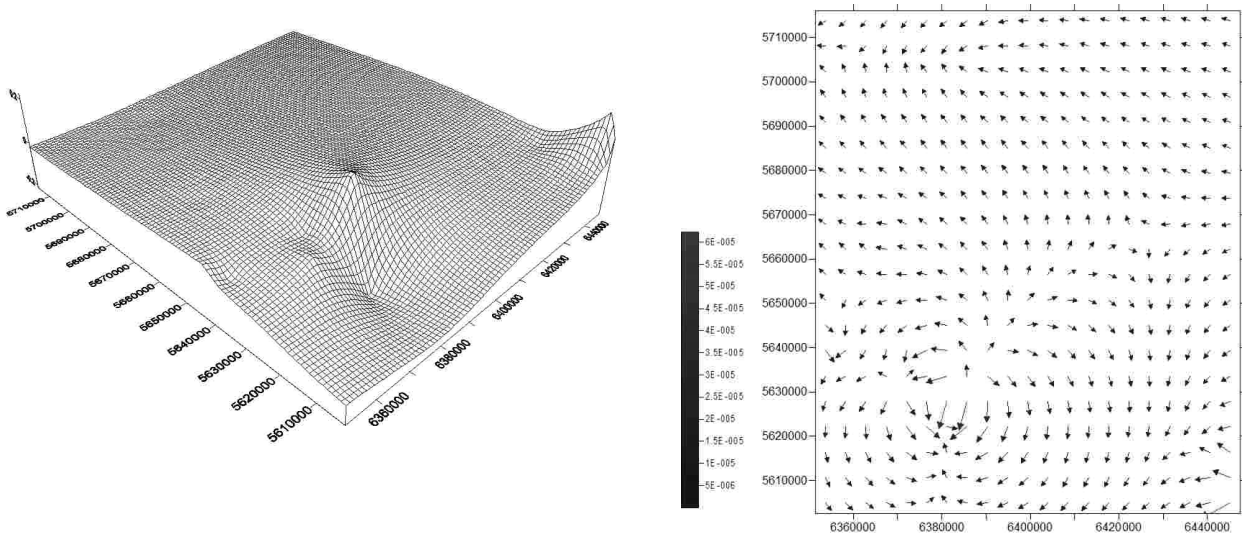


Рис. 9. Графічне зображення розподілу похибок координат  $\delta(a)_i$  під час RTK-вимірювань у конфігурації autотах на території Чернігівщини

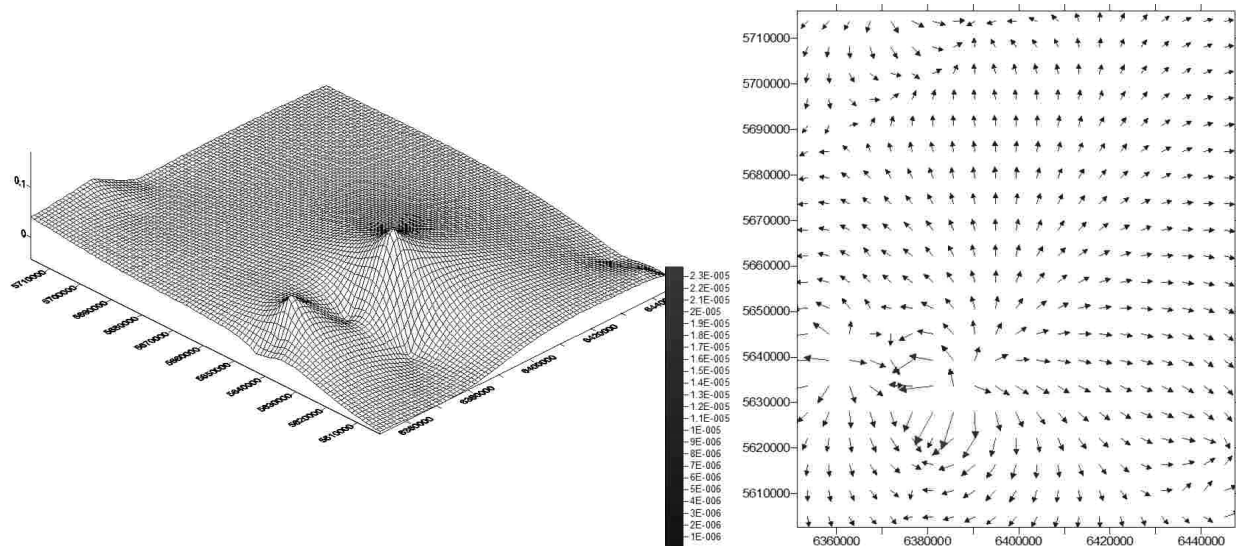


Рис. 10. Графічне зображення розподілу похибок координат  $\delta(a)_j$  під час RTK-вимірювань в конфігурації automax на території Чернігівщини

Аналізуючи графічний матеріал, зауважуємо відносно спокійний характер зміни похибок координат як в одному, так і в другому випадках. Помітно рівновеликий «стрибок» точності планового положення, як на осі абсцис X, так і на осі ординат Y, пунктів, у координатному відношенні відповідних пунктам триангуляції 2-го класу (Браниця, а також Данівка) та точність визначення координат яких становить близько 0,2 м. На нашу думку, таке локальне спотворення завбільшки 20 см, не може суттєво вплинути на результати топографічних та кадастрових зніманих у межах фрагмента Чернігівської області з розмірами 100x120 км.

**Висновки.** Подана оцінка точності стосується до пунктів Державної геодезичної мережі другого класу, хоча на практиці у більшості випадків доводиться використовувати також пункти розрядних мереж. У такому випадку слід очікувати більших розбіжностей, і наші дослідження містять таку інформацію.

Отже, доцільність застосування сучасних супутникових технологій в практиці геодезичного та кадастрового забезпечення є очевидною. Для успішної роботи RTK-технології з метою визначення координат пунктів можна застосовувати різні способи моделювання поправок у референційній GNSS-мережі. При цьому практична точність методу RTK за різних моделювань (конфігурацій) поправок цілком задовольняє вимогам кадастрового знімання.

## СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Горб А.И. Анализ точности GPS измерений в сети базовых станций / А.И. Горб, Р.В. Нежальский, Р.Н. Федоренко [Текст] // Сучасні досягнення геодезичної науки та виробництва: зб. наук.праць. – Львів: Львівська Політехніка, 2006. – С.97–102.
2. Горб А.И. Использование метода анализа иерархий для оптимального выбора канала информационного обмена в локальной сети GPS станций / А.И. Горб, А.В. Прокопов, Р.В. Нежальский [Текст] // Сучасні досягнення геодезичної науки та



виробництва: зб. наук.праць. – Львів: Львівська Політехніка, 2007. -Вип.ІІ (14). – С.118-122.

3. *Інформаційно-вимірвальнаGNSS система та мережна VRS технологія забезпечення геодезичних і кадастрових зйомок у Закарпатті та Чернігівщині: Заключний звіт про виконання науково-технічного проекту, ГАО НАНУ.– 2007.–С. 185.*

4. *Інформаційно-вимірвальнаGNSS система та мережна VRS технологія забезпечення геодезичних і кадастрових зйомок /Я.С.Яцків, В.П. Харченко, В.М. Шокало, О.І. Терещук та ін.:зб. наук. праць міжнар. конф. «Новітні досягнення геодезії, геоінформатики та землевпорядкування – європейський досвід». – Чернігів: Чернігівські береги, 2008. – Вип.4. – С.5-24.*

5. *Гриншишина-Полюга О.Я. Порівняльна характеристика визначення координат активних референцних станцій мережіZAKPOS/UA – EUPOSза даними спостережень 2009 / 2010 рр. [Текст] /О.Я. Гриншишина-Полюга //Геодезія, картографія, аерофотознімання, 2010. – Вип.73. – С.7-13.*

6. *Калинич І.В. Проектування супутникової системи координатного забезпечення задач земельного кадастру на прикладі Закарпатського регіону / І.В. Калинич, С.Г. Савчук, К.Р. Третяк // Новітні досягнення геодезії, геоінформатики та землевпорядкування – Європейський досвід: зб. наук. праць. – Чернігів: Чернігівські береги, 2007. – Вип.3. – С.87–91.*

7. *Савчук С.Г. Проблемні питання під час використання сучасних супутникових технологій визначення координат / С.Г. Савчук //Сучасні досягнення геодезичної науки та виробництва: зб. наук. праць. – Львів: Львівська політехніка, 2007. – Вип.69. – С.20–33.*

8. *Савчук С.Г. Дослідження точності визначення координат базової GNSS-станції Львівського національного аграрного університету / С.Г. Савчук, В.В. Петак, С.П. Перій// Сучасні досягнення геодезичної науки та виробництва: зб. наук. праць – Львів: Львівська політехніка. – 2012. – Вип.2 (24). – С.51–56.*

9. *Савчук С.Г. Використання технології віртуальних референцних станцій для координатного забезпечення геодезичних та кадастрових робіт/ С.Г. Савчук, Р.М. Гошовський // Сучасні досягнення геодезичної науки та виробництва: зб. наук. праць. – Львів: Львівська політехніка. – 2010.– Вип.11 (20). — С.102–107.*

10. *Савчук С.Г. Визначення координат пунктів у системі УСК-2000 із GPS-спостережень/ С.Г. Савчук, А.Р. Задемленюк, Р.В. Вовк // Сучасні досягнення геодезичної науки та виробництва: зб. наук. праць. – Львів: Львівська політехніка. – Вип. ІІ(24). – 2012. – С.57-60.*

11.*Савчук С.Г. Методика і попередні результати експериментальних досліджень ефективності використання сигналів GLONASS під час RTK вимірювань / С.Г. Савчук, В.Б. Керкер // Сучасні досягнення геодезичної науки та виробництва: зб. наук. праць. – Львів: Львівська політехніка. – 2011. – Вип.75. – С.25–30.*

12.*Савчук С.Г. Перша мережа активних референцних станцій в Україні ZAKPOS. Етапи становлення та початок діяльності / С.Г. Савчук, І.І. Проданець, І.В. Калинич // Геопрофіль. – К.: 2010. –Вип.І (10). – С. 16-23.*

13. *Терещук О.І. ПроектмережіактивнихперманентнихGPS-станційПівнічногорегіонуУкраїни [Текст] / О.І. Терещук, С.Г. Савчук:зб. наук.*

працьміжнар. конф. «Новітні досягнення геодезії, геоінформатики та землевпорядкування – європейський досвід». – Чернігів: Чернігівські береги. – 2007. – С. 16-23.

14. *Терещук О.І.* Перша GNSS-кампанія у Північному регіоні України/ О.І. Терещук, Я.С. Яцків, О.О. Хода та ін. // Сучасні досягнення геодезичної науки та виробництва: зб. наук. праць. – Львів: Львівська політехніка – 2012. – Вип. I(23). – С. 38–40.

15. *Терещук О.І.* Третя на Чернігівщині перманентна GPS-станція /Я.С. Яцків, О.І. Терещук, О.О. Хода та ін. // Вісник геодезії та картографії. – 2012. – №2. – С. 18-19.

16. *Терещук О.І.* Попередні результати та аналіз GNSS-спостережень на Чернігівщині/ О.І. Терещук, І.О. Нисторьяк // Сучасні досягнення геодезичної науки та виробництва: зб. наук. праць. – Львів: Львівська політехніка, 2013. – Вип. II(26). – С. 58-61.

17. *Терещук О.І.* Аналіз проведення першої кампанії у Північному регіоні України / О.І. Терещук, І.О. Нисторьяк// Чернігівський науковий часопис. Серія 2, Техніка і природа: ел. зб. наук. праць. – 2012 – Вип.1 (3). – С.18-22. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.chasopis.geci.cn.ua/index.php/uk/current-issue/item/40-seriya-2-tehnika-i-priroda-elektronniy-zbirnik-naukovih-prats.html>. – Назва з екрана.

18. *Результати експериментальних досліджень реалізації DGPS/RTK режиму супутникового позиціонування з використанням NTRIP-технології/ Д.О. Шелковенков, О.О. Желанов, О.О. Жаліло та ін. // Сучасні досягнення геодезичної науки та виробництва: зб. наук. праць. – Львів: Львівська політехніка. – 2008. – Вип. I (15). – С.125–132.*

19. *ŠimekJaroslav(2000) ModernGeodeticnetworkanddatuminEurope / ŠimekJaroslav, Jan Kostecky // FIGWorkingWeek 2000, 21-26 May, Prague. Retrieved from <http://www.fig.net/pub/proceedings/prague-final-papers/simek-kostecky.htm>.*

20. *Petrovskii.(2001) The Issues of Practical Implementation of the Commercial RTK Network Service/I.Petrovski, S. Kawaguchi, H. Torimoto [et al.]/ION GPS-01. September, 11 – 14, 2001, Salt Lake City. Retrieved from: [http://www.academia.edu/4426357/The\\_Issues\\_of\\_Practical\\_Implementation\\_of\\_the\\_Commercial\\_RTK\\_Network\\_Service](http://www.academia.edu/4426357/The_Issues_of_Practical_Implementation_of_the_Commercial_RTK_Network_Service).*

21. *SavchukS., KalynychI., Prodanets I.*Creation of ZAKPOS active Network Reference Stations for Transcarpatian Region of Ukraine: International Symposium on Global Navigation Satellite Systems, Space-based and Ground-based Augmentation Systems and Applications. – Berlin, 11–14 November 2008. EUPOS Presentations.

22. *Сайт «Systemsolution» [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.systemnet.com.ua/ua/coverage-ukr/map-ukr>.*

23. *Сайт«GNSSDataCenter» [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [http://igs.bkg.bund.de/root\\_ftp/NTRIP/documentation/NtripDocumentation.pdf](http://igs.bkg.bund.de/root_ftp/NTRIP/documentation/NtripDocumentation.pdf)*

*NetworkedTransportofRTCMviaInternetProtocol (NTRIP)// [http://igs.bkg.bund.de/root\\_ftp/TRIP/documentation/NtripDocumentation.pdf](http://igs.bkg.bund.de/root_ftp/TRIP/documentation/NtripDocumentation.pdf).*

24. *Site Map. – Retrieved from [http://itrf.ensg.ign.fr/ITRF\\_solutions/2008/tp\\_08-05.php](http://itrf.ensg.ign.fr/ITRF_solutions/2008/tp_08-05.php).*

## REFERENCES

1. GorbA.I., NezhalskyiR.V., FedorenkoR.N. (2006). AnaliztochnostiGPSizmerenyivsetibazovykhstantsyi [Analysis of the accuracy of GPS

measurements in the network of base stations]. *Suchasni dosiahnennia geodezychnoi nauky ta vyrobnytstva - Modern achievements of geodetic science and industry*, (pp. 97 – 102). Lviv: Lvivska Politekhnika [in Russian].

2. GorbA.I., NezhalskyiR.V., Prokopov A.V. (2007). Ispolzovanie metoda analiza ierarhiy dlya optimalnogo vyibora kanala informatsionnogo obmena v lokalnoy seti GPS stantsiy [Using the analytic hierarchy process for optimum selection of the channel for information exchange in the local network GPS stations] *Suchasni dosiahnennia geodezychnoi nauky ta vyrobnytstva - Modern achievements of geodetic science and industry*, (issue II(14)), (pp. 118 – 122). Lviv: Lvivska Politekhnika [in Russian].

3. Informatsiino-vymiriuvalna GNSS systema ta merezhna VRS tekhnolohiia zabezpechennia heodezychnykh i kadastryvykh ziomok u Zakarpatti ta Chernihivshchyni [Information-measuring GNSS system and technology of VRS network providing geodetic and cadastral surveying in Zakarpattia and Chernihiv](2007). *Zakliuchnyi zvit pro vykonannia naukovo-tekhnichnoho proektu, HAO NANU - Final Report on the development project, MAO NASU* [in Ukrainian].

4. Ya.S.Yatskiv, V.P. Kharchenko, V.M. Shokalo, O.I.Tereshchuk et al. (2008). Informatsiyno-vymiryuvalna GNSS systema ta merezhna VRS tekhnolohiia zabezpechennia heodezychnykh i kadastryvykh zyomok [Information-measuring GNSS system and technology of VRS network providing geodetic and cadastral surveying]. *Novitni dosyahnennya heodeziyi, heoinformatyky ta zemlepyoryadkuvannya – Yevropeys'kyy dosvid. - Latest achievements of geodesy, geoinformatics and land management - European experience*, (issue 4), (pp. 5 - 24). Chernihiv: Chernihivski oberehy [in Ukrainian].

5. Hrynyshyna-Polyuha O.Ya. (2010). Porivnyalna kharakterystyka vyznachennya koordynat aktyvnykh referentsnykh stantsiy merezhi ZAKPOS/UA – EUPOS za danymy sposterezhen 2009 / 2010 rr. [Comparative characteristics of determining the coordinates of active reference stations network ZAKPOS/UA - EUPOS according to observational data 2009/2010]. *Heodeziya, kartohrafiya, aerofotoznimannya – Geodesy, cartography and aerial photographic survey*, 73, 7 – 13 [in Ukrainian].

6. Kalynych I.V. (2007) Proektuvannya suputnykovoyi systemy koordynatnoho zabezpechennya zadach zemelnoho kadastru na prykladi Zakarpatskoho rehionu [The desining of coordinate software satellite system of cadastre problems in Zakarpattia region]. *Novitni dosyahnennya heodeziyi, heoinformatyky ta zemlepyoryadkuvannya – Yevropeys'kyy dosvid - Latest achievements in geodesy, geoinformatics and land management - European experience*, (issue 3), (pp. 87 – 91). Chernihiv: Chernihivski oberehy [in Ukrainian].

7. Savchuk S.H. (2007) Problemni pytannya pid chas vykorystannya suchasnykh suputnykovykh tekhnolohiy vyznachennya koordynat [Problematic issues when using modern satellite technology of coordinate determination]. *Suchasni dosiahnennia geodezychnoi nauky ta vyrobnytstva - Modern achievements of geodetic science and industry*, (issue 69), (pp. 20 - 33). Lviv: Lvivska Politekhnika [in Ukrainian].

8. Savchuk S.H. (2012) *DoslidzhennyatochnostivyznachennyakoordynatbazovoyiGNSS-stantsiyiLvivskohonatsionalnohoahrrarohouniversitytetu*[Investigation of accuracy positioning of base GNSS-station of Lviv National Agrarian University]. *Suchasni dosiahnennia geodezychnoi*

*nauky ta vyrobnytstva - Modern achievements of geodetic science and industry*, (issue 2 (24)), (pp. 51 - 56). Lviv: Lvivska Politekhnikha [in Ukrainian].

9. Savchuk S.H., R.M. Hoshovskyy (2010) Vykorystannya tekhnolohiyi virtualnykh referentsnykh stantsiy dlya koordynatnoho zabezpechennya heodezychnykh ta kadastryvnykh robit [Using technology of virtual reference stations for the coordinate assurance geodetic and cadastral works]. *Suchasni dosiahnennia geodezychnoi nauky ta vyrobnytstva - Modern achievements of geodetic science and industry*, (issue II (20)), (pp. 102 - 107). Lviv: Lvivska Politekhnikha [in Ukrainian].

10. S. Savchuk, A. Zademlenyuk, R. Vovk (2012) Vyznachennya koordynat punktiv u systemi USK-2000 iz GPS-sposterezhen [Determination of item in the system USK-2000 with GPS observations]. *Suchasni dosiahnennia geodezychnoi nauky ta vyrobnytstva - Modern achievements of geodetic science and industry*, (issue II (24)), (pp. 57 - 60). Lviv: Lvivska Politekhnikha [in Ukrainian].

11. Savchuk S.H., Kerker V.B. (2011) Metodyka i poperedni rezultaty eksperymentalnykh doslidzhen efektyvnosti vykorystannya syhnaliv GLONASS pid chas RTK vymiryuvan [Methodology and preliminary results of experimental trials of the use of GLONASS signals during RTK measurements]. *Suchasni dosyahnennya heodezychnoyi nauky ta vyrobnytstva. – Modern achievements of geodetic science and industry*, (issue 75), (pp. 25 – 30). Lviv: Lvivska Politekhnikha [in Ukrainian].

12. Savchuk S.H., Prodanets I.I., Kalynych I.V. (2010) Persha merezha aktyvnykh referentsnykh stantsiy v Ukrayini ZAKPOS. Etapy stanovlennya ta pochatok diyalnosti [The first active network of reference stations in Ukraine ZAKPOS. Development stages and start up]. *Heoprofyl – Geoprofil*, I(10), 16-23 [in Ukrainian].

13. Tereshchuk O.I., Savchuk S.H. (2007) Proekt merezhi aktyvnykh permanentnykh GPS-stantsiy Pivnichnoho rehionu Ukrayiny [The project of active network of permanent GPS-stations of the Northern Region of Ukraine]. *Zbirnyk naukovykh. prats mizhnarodna konferentsiia "Novitni dosyahnennya heodeziyi, heoinformatyky ta zemlevporyadkuvannya – Yevropeyskyy dosvid" - Collected Works of the International Conference "Latest achievements of geodesy, geoinformatics and land management - European experience"*. (pp. 16 - 23). Chernihiv: Chernihivski oberehy [in Ukrainian].

14. Tereshchuk O.I., Yatskiv Ya.S., Khoda O.O. et al. (2012) Persha GNSS-kampaniya u Pivnichnomu rehioni Ukrayiny [The first GNSS-campaign in the North region of Ukraine]. *Suchasni dosyahnennya heodezychnoyi nauky ta vyrobnytstva. – Modern achievements of geodetic science and industry*, (issue I(23)), (pp. 38 – 40). Lviv: Lvivska Politekhnikha [in Ukrainian].

15. Tereshchuk O.I., Yatskiv Ya.S., Khoda O.O. (2012) Tretya na Chernihivshchyni permanentna GPS-stantsiya [The third permanent GPS-station in Chernihiv region]. *Visnyk heodeziyi ta kartohrafiyi - Journal of Surveying and Mapping*, 2, 18 – 19.

16. Tereshchuk O.I., Nystoryak I.O. (2013) Poperedni rezultaty ta analiz GNSS-sposterezhen na Chernihivshchyni [The preliminary results and analysis of GNSS-observations in Chernihivregion]. *Suchasni dosyahnennya heodezychnoyi nauky ta vyrobnytstva. – Modern achievements of geodetic science and industry*, (issue II(26)), (pp. 58 – 61). Lviv: Lvivska Politekhnikha [in Ukrainian].

17. Tereshchuk O.I., Nystoryak I.O. (2012) Analiz provedennya pershoyi kampaniyi u Pivnichnomu rehioni Ukrayiny [The first GNSS-campaign analysis in the northern region of Ukraine]. Chernihivskyy naukovyy chasopys. Seriya 2, Tekhnika i pryroda - Collected scientific articles. Series 2, Technique and nature, 1(3), 18 – 22. Retrieved from <http://www.chasopis.geci.cn.ua/index.php/uk/current-issue/item/40-seriya-2-tehnika-i-priroda-elektronniy-zbirnik-naukovih-prats.html> [in Ukrainian].

18. Shelkovyenko D.O., Zhelanov O.O., Zhalilo O.O., Shokalo V.M., Kondratyuk V.M., Lytvyn M.O., Flerko S.N., Cherevko V.S. (2008) Rezultaty eksperymentalnykh doslidzhen realizatsiyi DGPS/RTK rezhymu suputnykovoho pozytsionuvannya z vykorystannyam NTRIP-tekhnologiyi [The results of experimental research of implementation DGPS / RTK mode of satellite positioning using NTRIP-technology]. *Suchasni dosyahnennya heodezychnoyi nauky ta vyrobnytstva. – Modern achievements of geodetic science and industry*, (issue I(15)), (pp. 125 – 132). Lviv: Lvivska Politehnika [in Ukrainian].

19. . Jaroslav Šimek, Jan Kostecky (2000) Modern Geodetic network and datum in Europe. FIG Working Week (May, 21-26, 2000, Prague). Retrived from <http://www.fig.net/pub/proceedings/prague-final-papers/simek-kostecky.htm> [in English].

20. I. Petrovski, S. Kawaguchi, H. Torimoto, K. Fujii, M.E. Cannon, G. Lachapelle (2001) The Issues of Practical Implementation of the Commercial RTK Network Service //ION GPS-01 (September, 11 – 14, 2001, Salt Lake City). Retrieved from: [http://www.academia.edu/4426357/The\\_Issues\\_of\\_Practical\\_Implementation\\_of\\_the\\_Commercial\\_RTK\\_Network\\_Service](http://www.academia.edu/4426357/The_Issues_of_Practical_Implementation_of_the_Commercial_RTK_Network_Service).

21. Savchuk S, I. Kalynych, I. Prodanets (2008) *Creation of ZAKPOS active Network Reference Stations for Transcarpatian Region of Ukraine*// International Symposium on Global Navigation Satellite Systems, Space-based and Ground-based Augmentation Systems and Applications (November, 11 – 14, 2008, Berlin). EUPOS Presentations.

22. Sait «System solution» [Site of «System solution»]. [www.systemnet.com.ua/ua/coverage-ukr/map-ukr](http://www.systemnet.com.ua/ua/coverage-ukr/map-ukr). Retrieved from <http://www.systemnet.com.ua/ua/coverage-ukr/map-ukr>

23. Sait «GNSSDataCenter» [Site of «GNSSDataCenter»]. <http://igs.bkg.bund.de> /Retrieved from [http://igs.bkg.bund.de/root\\_ftp/NTRIP/documentation/NtripDocumentation.pdf](http://igs.bkg.bund.de/root_ftp/NTRIP/documentation/NtripDocumentation.pdf)

24. Site Map. [http:// itrf.ensg.ign.fr/site\\_map.php](http://itrf.ensg.ign.fr/site_map.php). Retrieved from [http://itrf.ensg.ign.fr/ITRF\\_solutions/2008/tp\\_08-05.php](http://itrf.ensg.ign.fr/ITRF_solutions/2008/tp_08-05.php)

**Р.В. Шульц,  
А.И. Терещук,  
А.А. Анненков,  
И.А. Нысторяк**

**ПРАКТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ТОЧНОСТИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ  
КООРДИНАТ СПУТНИКОВЫМИ ТЕХНОЛОГИЯМИ В РЕЖИМЕ  
РЕАЛЬНОГО ВРЕМЕНИ**

*В статье освещены вопросы точности координатного обеспечения с помощью RTK-технологий. Исследована эффективность применения шести моделей поправок при*

*наблюдениях на пунктах Государственной геодезической сети в УСК-2000. Установлено, что локальные искажения, не превышающие в 20 см, не могут существенно повлиять на результаты топографических и кадастровых съемок в пределах фрагмента Черниговской области размеом 100x120 км.*

**Ключевые слова:** GPS, GNSS, референцные станции, RTK-технология, VRS.

**R.V. Schultz,  
O.I. Tereshchuk,  
A. O. Annenkov,  
I.O. Nystoryak**

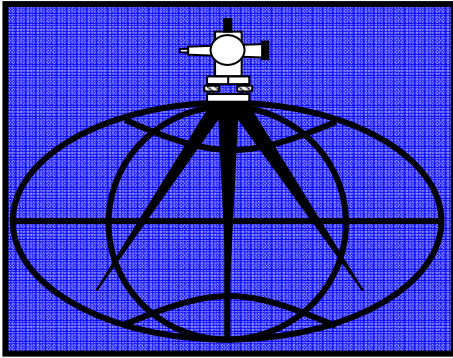
## **RESEARCH ACCURACY OF THE COORDINATES SATELLITE TECHNOLOGY IN REAL TIME**

*The analysis of the modern state of RTK technology and their application for the decision of different tasks of geodesy and cadastre is executed . The questions of coordinates accuracy providing by RTK technology is explored. On the practical example of GNSS observations in the Chernigov area the possibilities of RTK technology were investigational for the aims of the land cadastre. Description of implementation technology of works and technical descriptions of used equipment is resulted. The efficiency of application of correction six models is investigational at observations on the points of the State geodetic network in USK-2000. The followin models of corrections is were investigational: automax Leica Geosystems; Virtual reference station; nearest – corrections of the nearest station; (kvda); (nizh); (cniv) are corrections from one base permanent stations of Kiev or Nezhin or Chernigov. For all of correction models decisions which was compared to the values of coordinates from a catalogue were got. In all of cases the got accuracy suited to cadastre works. It is set that for achievement of position accuracy in a plan at the level of 2-5 cm distance to the base station must not exceed a 100 km Supposition is done, that the unfavorable conditions of observations influence on local distortions of coordinates. It is set that local distortions in 20 cm will not be able substantially to influence on the results of topographical and cadastre surveys within the limits of fragment of the Chernigov area with sizes a 100x120 km.*

**Keywords:** GPS, GNSS, referents station, RTK-technology, VRS.

Надійшла до редакції

15.11.2014.



## КАДАСТР І МОНІТОРИНГ ЗЕМЕЛЬ

УДК 528.4

**М.В.Ковальов**, ст. викл. кафедри інженерної геодезії  
Київський національний університет будівництва і архітектури  
**Є.В.Кривов'яз**, канд.екон.наук,ст. викл. кафедри геодезії та  
картографії Національний університет біоресурсів і  
природокористування України

### АНАЛІЗ ПРИНЦИПІВ ВИБОРУ КАРТОГРАФІЧНИХ ПРОЕКЦІЙ ДЛЯ ВЕДЕННЯ ЗЕМЕЛЬНОГО КАДАСТРУ

*Обґрунтування та вибір математичної основи, структури системи координат і картографічної проекції для накопичення геопросторових даних повинні відповідати сучасним вимогам держави щодо точності створення карт земельно-кадастрового покриття як для окремої земельної ділянки, так і для значних територій. Завдання з пошуку оптимальних проекцій завжди є пріоритетною для теорії та практики ведення Державного земельного кадастру*

**Ключові слова:** картографічні проекції, земельний кадастр, геопросторові дані, оптимізація.

**Постановка проблеми.** Масштабність земельної реформи в Україні потребує актуальної, достовірної та різноманітної інформації про стан земельного фонду держави. Реалізація та насиченість такого інформаційного забезпечення здійснюється шляхом ведення земельного кадастру, який являє собою сукупність обов'язкових відомостей та документів про природний, господарський та правовий режим земель, їх розподіл серед землевласників і землекористувачів. Створення і ведення земельного кадастру потребує розв'язання проблем, пов'язаних з отриманням та використанням просторових даних про земельні ділянки.

Досфери інтересів земельного кадастру належать питання систематизації та реєстрації земельних ділянок й об'єктів нерухомості, землеустрою, інвентаризації об'єктів містобудівної діяльності, здійснення економічної, екологічної та грошової оцінки земель, моніторингу стану земель, земельного контролю та контролю за станом навколишнього природного середовища. Просторові дані, якими потрібно оперувати в питаннях земельного кадастру, за структурою, змістом і точністю представлення мають бути відповідні конкретним цілям і завданням, які забезпечуються кадастровими роботами. Інформаційна основа земельного кадастру створюється в процесі виконання кадастрових зйомок та інвентаризації земель. Результатом такої роботи є створення картографічного

матеріалу – кадастрової карти. Вочевидь, що концепція змісту кадастрової карти повинна бути спрямована на розв'язання завдань у сфері земельного кадастру, більшою мірою відображати земельно-кадастрову специфіку, та мінімалізацію ступеня топографо-геодезичної основи, покликану лише забезпечувати наочність місцеположення об'єктів земельного кадастру з прив'язкою до об'єктів місцевості.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Проблема одержання, подання та використання просторових даних про земельні ділянки у веденні земельного кадастру набувала актуальності з огляду на створення єдиного інформаційного середовища в структурі автоматизованої системи земельного кадастру (АС ЗК). Картографічною компонентою інформаційної основи земельного кадастру є кадастрова карта, яку використовують як інструмент управління земельними ресурсами. Аналізуючи останні наукові дослідження і публікації щодо здійснення та забезпечення процесу кадастрового картографування, варто відмітити роботи таких провідних вітчизняних вчених і фахівців, як В.Д. Барановський, А.С. Даниленко, Ю.О. Карпінський, М.Н. Калюжний, В.В. Кулініч, О.В. Кучер, М.Г. Лихогруд, А.А. Лященко, П. Г Черняга та ін. Нині людством накопичено значний досвід застосування картографічних проекцій для створення карт різного призначення. Класичні питання вибору картографічної проекції докладно розкрито у навчальному посібнику Д.В. Граур [5], атласі для вибору картографічних проекцій Г.А. Гінзбурга і Т.Д. Салманова [4]. Більш сучасні дослідження виконані В.П. Подшиваловим [9; 10] і групою авторів із Науково-дослідного інституту геодезії і картографії [1;2;7].

Вибір картографічної проекції для будь-якої карти доволі складне завдання, яке не має однозначного розв'язку. Створення спеціальних кадастрових карт дасть змогу на якіснішому рівні підійти до вирішення проблем управління станом, використанням й охороною земель.

**Постановка завдання.** Метою публікації є аналіз й обговорення питання вибору картографічних проекцій для оптимізації процесу накопичення і використання геопросторових даних у веденні земельного кадастру.

**Виклад основного матеріалу.** Для управління ринком землі, підвищення ефективності використання земельних ресурсів, дослідження динаміки кількісних і якісних змін земельного фонду в Україні виникла потреба у впровадженні та веденні автоматизованої системи земельного кадастру. Актуальні завдання держави у сфері державного управління та контролю за раціональним використанням й охороною земель потребують виконання топографо-геодезичних і земельно-кадастрових знімачів величезної кількості земельних ділянок з метою формування бази геопросторових даних у складі автоматизованої системи земельного кадастру. Інформаційна основа земельного кадастру створюється в результаті виконання робіт з інвентаризації земель і кадастрових зйомок. Ці роботи охоплюють величезні території: населені пункти, райони, області.

Межування і кадастрові зйомки є головним джерелом надходження просторових даних, які являють собою зміст земельного кадастру. Просторові дані за змістом, структурою і точністю представлення повинні відповідати вимогам, які випливають з конкретних цілей і завдань земельного кадастру. Для створення системи реєстрації прав власності на землю, їх ефективного захисту, здійснення державного моніторингу за використанням й охороною земель необхідним є виконання робіт з визначення меж адміністративно-територіальних утворень, розмежування земель різних форм власності,



встановлення меж земельних ділянок особливого використання (природо-заповідного призначення, лісового фонду, водоохоронних зон і прибережних захисних смуг тощо), результатами яких є створення земельно-кадастрових карт.

Топографо-геодезичні та картографічні роботи у сфері землеустрою та кадастру мають певну специфіку, що позначається на методах їх виконання, складі та формі подання даних. Основним фактором, що визначає всі параметри земельно-кадастрових зйомок, є вимоги до точності та детальності відображення кадастрових об'єктів. Вимоги щодо точності виконання земельно-кадастрових зніманих зазначені в «Положенні про земельно-кадастрову інвентаризацію земель населених пунктів», затверджену наказом Держкомзему № 85 від 26 серпня 1997 року. Ці вимоги зумовлені цільовим призначенням, якістю земель і максимальними можливостями відображення в плані облікової одиниці площі. Такими обліковими одиницями мають бути:

- у містах загальнодержавного й обласного підпорядкування –  $1 \text{ м}^2$  (0,0001 га);
- для ділянок садово-городніх товариств –  $2,5 \text{ м}^2$  (0,00025 га);
- у містах районного підпорядкування і селищах –  $15 \text{ м}^2$  (0,0015 га);
- у селах –  $100 \text{ м}^2$  (0,010 га).

На підставі викладеного рекомендовано такі масштаби створення земельно-кадастрових карт (планів):

- у містах загальнодержавного й обласного підпорядкування – не дрібніше 1:500;
- у містах районного підпорядкування і селищах – не дрібніше 1:1000;
- у селах – 1:2000.

Для забезпечення потрібної точності відображення облікової одиниці площі похибка (гранична) точок знімального обґрунтування і межових знаків відносно найближчих пунктів державної геодезичної сітки не повинна перевищувати:

- у містах загальнодержавного й обласного підпорядкування – 10 см;
- у містах районного підпорядкування, у селищах – 20 см;
- у селах – 40 см.

Помилка взаємного положення суміжних точок межі не повинна перевищувати 0,1 мм у масштабі плану.

Аналізуючи допуски точності визначення площ територій і положення точок поворотів меж у земельному кадастрі, можна дійти висновку, що ці основні технічні характеристики є надто узагальненими. Вони не відображають ні функціонального призначення земельних ділянок, ні їх розміщення, ні їх ринкової вартості. У визначенні цих показників не береться до уваги також те, що нині змінилися технології виконання геодезичних робіт, що пов'язано із широким застосуванням сучасних електронних геодезичних приладів та супутникових технологій визначення положення точок земної поверхні. Їх можливості спонукають переглянути підходи до формування критеріїв вимірювальних робіт під час виконання земельно-кадастрових зйомок.

Для автоматизованої інформаційної системи земельного кадастру, оснований на використанні тієї чи іншої ГІС, об'єктом слугує цифрова кадастрова карта. Для цифрової карти, на відміну від паперових носіїв, масштаб вже не є утворювальним фактором у визначенні характеристик точності та детальності відображення об'єктів. Він стає показником, що регламентує зміст і ступінь узагальнення зображуваних об'єктів.

Кадастрова карта як картографічна компонента інформаційної основи системи земельного кадастру, призначена для наочного відображення результатів визначення

місцеположення земельних ділянок, їх меж і площі, є інструментом управління земельними ресурсами. Всі об'єкти, представлені на кадастровій карті, мають просторову прив'язку; їх положення визначається в певній системі координат. Для кадастрових зйомок може бути використана як державна, так і місцева система координат, для якої потрібно визначати параметри переходу до державної системи координат. В Україні до останнього часу в кадастрових зніманнях застосовували система координат СК-63, запроваджену для території СРСР загалом з усіма особливостями її форми, розмірів і розміщення на земній поверхні. Вона не відображає особливостей території сучасної України та системи ведення кадастрових робіт, що склалася в державі за роки незалежності. Ці обставини та масштабність земельної реформи в країні визначають актуальність проблеми дослідження та вироблення рекомендацій щодо вибору картографічних проекцій та систем координат для земельно-кадастрових робіт і землеустрою.

Вибір картографічної проекції та рекомендацій щодо її застосування докладно розглянуто у працях, за якими вже традиційно вирішуються ці питання: навчальний посібник Д.В. Граур [5], атлас для вибору картографічних проекцій Г.А. Гінзбурга та Т.Д. Салманова [4]. Більш сучасні дослідження виконано В.П. Подшиваловим [9, 10]. Нині в Україні питанням пошуку та досліджень оптимальних картографічних проекцій розв'язують провідні вчені під егідою Науково-дослідного інституту геодезії і картографії [1; 2; 7] - В.Д. Барановський, Ю.О. Карпінський, А.А. Лященко та ін.

На вибір проекцій впливає багато чинників, які можна згрупувати так:

- географічні особливості території картографування (положення, форма, розміри, конфігурація);
- характеристики створюваної карти (призначення, масштаб, тематика);
- умови та способи використання карти (коло завдань, які вирішують за допомогою карти);
- особливості самої проекції (величина спотворень, їх розподіл по території об'єкта, складність врахування, форма картографічної сітки, кривина ліній та ін.).

Перші три групи факторів є первинними; вони задають й обґрунтовують вибір проекції. Четверта група факторів, які, власне, характеризують проекцію, залежить від зробленого вибору та слугує для його оцінювання.

У виборі проекції важливо визначити значущість кожного з факторів. Співвідношення між ними можуть бути різними, тому можливі будь-які комбінації та, як наслідок, різні варіанти проекцій.

Концепція створення кадастрової карти повинна бути спрямована на розв'язання конкретних завдань земельного кадастру. Більшою мірою в ній відображають земельно-кадастрову специфіку та лише за потреби мінімально, для візуального орієнтування щодо положення кадастрових об'єктів представляють топографічну основу місцевості. Об'єктами спеціального змісту земельно-кадастрових карт мають бути:

- земельні ділянки, їх межі;
- одиниці кадастрового зонування (кадастрові квартали, масиви, зони);
- об'єкти адміністративно-територіального поділу (населені пункти, райони, області);
- межі функціональних зон (водоохоронних, санітарного захисту, заповідних та ін.).

Під час інвентаризації окремих земельних ділянок часто не дотримуються топологічності узгодження їх меж у процесі складання у кадастрові квартали, зони тощо.

Для належного виконання цього виду земельно-кадастрових робіт потрібно організувати інвентаризацію адміністративно-територіального устрою (області, району, міста), відтак проводити подальшу систематизацію земельно-кадастрових даних. Відповідно до адміністративно-територіального принципу організації системи ведення земельного кадастру, згідно з яким території Автономної Республіки Крим та усіх областей розглядаються як окремі об'єкти кадастрового картографування, кожен з яких потрібно картографувати одним масивом, пропонується спрямувати дослідження для вибору картографічних проекцій для земельного кадастру в умовах території України саме в цьому напрямку.

Основна умова успішного складання земельного кадастру – домогтися мінімальних спотворень площ земельних ділянок. Важливим є також застосування такої системи координат, яка поширювалася б на всю територію виконання кадастрових робіт. Система координат, яку нині застосовують для кадастрового обліку, створена на базі поперечно-циліндричної проекції Гаусса–Крюгера, за своєю точністю є не зовсім задовільною та суперечить сучасним тенденціям, згідно з якими ускладнення математичного апарату створення проекції не впливає на швидкість опрацювання даних. Створюючи нові системи координат, потрібно розглядати всі можливі варіанти використання проекцій, оскільки в першу чергу треба брати до уваги питання оптимальності, точності та взаємозв'язку.

Проблема вибору картографічних проекцій та систем координат для кадастрового картографування полягає в необхідності одночасного досягнення рівності між фактичними вимірами на земній поверхні та значеннями, обчислюваними на планах, та накопичення і сумісного використання геопросторових даних про земельні ділянки на значній території, що потребує врахування кривини Землі. Перетворення координат із локальної (місцевої) прямокутної системи в іншу, створену на основі однієї з загальновідомих картографічних проекцій (Гаусса–Крюгера, УТМ тощо), для великих об'єктів, особливо на краях зон, призводить до методичних похибок трансформування, які перевищують точність сучасних GPS-вимірювань або класичних геодезичних побудов.

У виборі картографічних проекцій простежується основна теза – важливо брати до уваги характер і максимальні величини спотворень в межах зображуваної області, а вони залежать від призначення і змісту карти. Для різних умов слід порівнювати різні види проекцій й обрати найбільш доцільну, в якій характер спотворень перебуває в межах трьох відомих градацій: рівновеликі, рівнопроміжні, рівнокутні. Відомі також випадки, коли не можна обмежуватися використанням проекцій поширених класів, натомість доводиться порівнювати проекції, різноманітні за характером спотворень. В деяких випадках виявляється, що жодна з раніше відомих проекцій не може дати достатньо зваженого рішення, отже, постає потреба видозмінити одну з відомих проекцій або знайти цілком нову, найбільш відповідну сукупності висунутих вимог.

У теорії математичної картографії питання вибору найкращих конформних проекцій (теорема академіка П.Л. Чебишева, строге доведення академіка Д.А. Граве, практична реалізація проф. Н.А. Урмаєва [3]) досить добре вивчене. Але розробка теорії і способів отримання найкращих рівновеликих і довільних за характером спотворень проекцій перебуває в початковій стадії. Тому загальне питання розробки проекцій, що оптимально задовольняють всім вимогам до математичної основи карт певного призначення і територіального охоплення, потребує подальшого вивчення.

**Висновки.** Проведення земельної реформи потребує належного інформаційного забезпечення, тобто наявності достовірної й актуальної інформації про земельний фонд держави. Таке інформаційне забезпечення реалізується шляхом створення державного земельного кадастру. Застосування системного підходу до організації інвентаризації земель для ведення державного земельного кадастру, виконання на високотехнологічному рівні топографічних і земельно-кадастрових знімань із використанням супутникових навігаційних систем потребує обґрунтування і вибору математичної основи та структури системи координат і картографічної проекції для накопичення геопросторових даних, відповідних сучасним вимогам щодо точності створення карт земельно-кадастрового покриття як для окремої земельної ділянки, так і для значних територій (населених пунктів, районів, областей, держави), а також цілям та завданням земельного кадастру та управління земельними ресурсами.

### СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. *Барановський В.Д.* Системи координат та картографічні проекції / Ю.О. Карпінський, А.А.Лященко, В.Д.Барановський // Топографо-геодезичне та картографічне забезпечення ведення державного земельного кадастру. – К.: 2009. – 95 с.
2. *Барановський В.Д.* Пошуки оптимальних картографічних проекцій для великомасштабного картографування України / В.Д.Барановський // Вісник геодезії і картографії. – 2004. – №3. – 24 – 29 с.
3. *Бугаевский, Л. М.* Картографические проекции. / Л.М. Бугаевский, Л.А. Вахрамеева. – М.: Недра, 1992. – 293 с.
4. *Гинзбург Г.А.* Атлас для выбора картографических проекций / Г.А. Гинзбург, Т.Д. Салманова // Труды ЦНИИГАиК. – М.: 1957. – Вып. 110. – 239 с.
5. *Граур А.В.* Математическая картография. / А.В.Граур. – Ленинград: изд-во Ленинградского ун-та, 1956. – 372 с.
6. *Земельний кодекс України* // Відомості Верховної Ради України, 2002. - № 3-4, 27 с.
7. *Карпінський Ю.О.* Дослідження картографічних проекцій геопросторових даних для об'єктів земельного кадастру / Ю.О. Карпінський, А.А. Лященко, Т.В. Щербина // Вісник геодезії і картографії. – К., 2003. – №2. – С.41-47.
8. *Кубах С.М.* Принципи встановлення та практика використання картографічних проекцій для математичного відображення кадастрових знімань / С.М. Кубах // Геодезія, картографія і аерофотознімання. – Львів, 2011. – Вип. 75. – С.10 – 16.
9. *Подшивалов В.П.* Координатная среда для геоинформационных систем / В.П. Подшивалов // Геодезия и картография. – М.: 1997. – № 6. – С.51 – 55.
10. *Подшивалов В.П.* Теоретические основы формирования координатной основы для геоинформационных систем. / В. П.Подшивалов. – Новополюцк: 1998. – 125 с.
11. *Савчук С.Г.* Деякі питання геодезичного забезпечення кадастрових робіт / С.Г. Савчук, А.В. Задемленюк // Новітні досягнення геодезії, геоінформатики та землевпорядкування – європейський досвід. – Чернігів, 2008. – Вип. 4. – С.58 – 61.
12. *Черняга П.Г.* Переваги та недоліки різних систем координат та геодезичних проекцій під час ведення земельного кадастру / П.Г.Черняга, С.М.Кубах // Сучасні досягнення геодезичної науки та виробництва. – Львів, 2010. – Вип. II (20). – С.62 – 66.

## REFERENCES

1. Baranovskiy, V.D., & Karpinskyi, Yu. O., & Liashchenko, A.A. (2009). *Systemy koordynat ta kartografichni proektsii. Topografo-geodezichnetakartografichnezabezpechenniavedenniaderzhavnogozemelnogokadastru* [Coordinatesystemsandcartographicprojections / Topographic, geodeticandcartographicssupplyoftheStateLandCadastru]. – Kyiv [in Ukrainian].
2. Baranovskiy, V.D. (2004). PoshukyoptymalnykhkartografichnykhproektsiyidliavelykomasshtabnogokartografuvanniaUkrainy [Searchfoptimalcartographicprojectionsforlarge-scalemappingUkraine]. *Visnyk geodeziyi i kartografii – Visnyk of geodesy and cartography*, 3, 40 - 46 [in Ukrainian].
3. Bugaevckiy, L.M., & Vakhrameeva, L.A. (1992). *Kartograficheskie proektsii* [Cartographic projections]. Moskva: Nedra [in Russian].
4. Ginzburg, G.A. (1957). Atlasdliavuborakartograficheskikhproektyi [Atlstochoosecartographicprojections]. *Trudy TsNIIGAiK – ProcessingofCSRIGAK*, 110, [in Russian].
5. Graur, A.V. (1956). *Matematicheskaiakartografiia* [Mathematic cartography]. Leningrad: Leningradskiyi universitet [in Russian].
6. ZemelnyykodeksUkrainy [LamdCodexofUkraine]. (2002). *VidomostiVerkhovnoiRadyUkrainy – BulletinofVerkhovnaRadaofUkraine*. Kyiv: Parlam. vyd-vo, 3 – 4 [in Ukrainian].
7. Karpinskyi, Yu. O., & Liashchenko, A.A., & Shcherbina, T.V. (2003). Doslidzhenniakartografichnykhproektsiyigeoprostorovykh danykh dlia obektiv zemelnogokadastru. [Study of cartographic projections of geospatial data for purpose of land cadastre]. *Visnyk geodezii i kartografii – Visnyk of geodesy and cartography*, 2, 41 – 47 [in Ukrainian].
8. Kubakh, S.M. (2011). Pryntsyypvstanovlenniatapryktykabykorystanniakartografichnykhproektsiyidliamatematychnogo vidobrazhenniakadastryvykhzniman [Principles of detection and practice of cartographic projections use for mathematical visualization of cadastral works]. *Geodeziia, kartografiia i aerofotoznimannia – Geodesy, cartography and aerophoto*, 75, 10 – 16 [in Ukrainian].
9. Podshivalov, V.P. (1997). Koordinatnaiasredadliageoinformatsionnykhsistem [Coordinateenvironmentforgeoinformationsystems]. *Geodeziiaikartografiia – Geodesyandcartography*, 6, 51 – 55 [in Russian].
10. Podshivalov, V.P. (1998). Teoreticheskii osnovy formirovaniia koordinatno osnovy dliageoinformatsionnykhsistem [Theoreticalbaseofformationofcoordinateframeworkforgeoinformationsystems]. Novopolotsk [in Russian].
11. Savchuk, S.G., & Zademleniuk, A.V. (2008). Deiaki pytanniageodezychnogozabezpechenniakadastryvykhrobit [Some issues of geodetic supply of cadastral works]. *Novitni dosiagnennia geodezii, geoinformatyky ta zemlevporiadkuvannia – Modern achievements of geodesy, geoinformatics and land management – European experience*, 4, 58 – 61 [in Ukrainian].
12. Cherniaga, P.G., & Kubakh, C.M. (2010). Pervagy ta nedoliky riznykh system koordynat ta geodezychnykh proektsiyi pid chas vedennia zemelnogo kadastru [Advantages and disadvantages of different coordinate systems and geodetic projections for land cadastre].

*Suchasni dosiagnennia geodezychnoi nauky ta vyrobnytstva – Modern achievements of geodetic science and practice. Lviv, 2<sup>nd</sup> ed., 62 – 66 [in Ukrainian].*

**Н.В. Ковалев, Е.В. Кривовяз**

### **АНАЛИЗ ПРИНЦИПОВ ВЫБОРА КАРТОГРАФИЧЕСКИХ ПРОЕКЦИЙ ДЛЯ ВЕДЕНИЯ ЗЕМЕЛЬНОГО КАДАСТРА**

*Обоснование и выбор математической основы, структуры системы координат и картографической проекции для накопления геопространственных данных должны соответствовать современным требованиям государства касательно точности создания карт земельно-кадастрового покрытия как для отдельного земельного участка, так и для значительных территорий. Задача поиска оптимальных проекций всегда была приоритетной для теории и практики ведения Государственного земельного кадастра.*

**Ключевые слова:** картографические проекции, земельный кадастр, геопространственные данные, оптимизация.

**M.V. Kovalov, E.V. Kryvoviaz**

### **ANALYSIS OF THE PRINCIPLES OF CHOICE OF MAP PROJECTIONS FOR LAND CADASTRE**

*Substantiation and choice of the mathematical basis, the structure of the coordinate system and map projections for the accumulation of geospatial data shall comply with the current requirements of the state for the creation accuracy of land cadastre map cover as for individual land parcel as well as for large areas. The problem of choice map projection and coordinate system for cadastral mapping is the need for simultaneous equality between actual measurements on the Earth's surface and the values calculated on the maps and to ensure the accumulation and sharing of geospatial data over large land areas that require consideration of the Earth's curvature. When choosing a map projection, it is important to consider the nature and value of the maximum distortion within the area that is represented, and they are determined depending on the purpose and content of a map. Taking into account the task of land cadastre, it can be established that the basic condition is to ensure minimum distortion of land area. Also, it is important to establish a system of coordinates, which extends to the entire territory of cadastral works. The problem of finding optimal projection is always a priority for the theory and practice of the State Land Cadastre.*

**Keywords:** map projections, land cadastre, geospatial data, optimization.

Надійшла до редакції

07.09.2014.

УДК 332.6

**М.А. Малашевський**, канд.техн.наук, доцент завідувач  
кафедри земельних ресурсів ВСП ІПО КНУБА  
**Ю.А. Мосійчук**, канд.екон.наук, доцент  
кафедри земельних ресурсів ВСП ІПО КНУБА  
**О.А. Бугаєнко**, асист. кафедри землеустрою і кадастру,  
Київський національний університет будівництва і архітектури

## ДОСЛІДЖЕННЯ ВІТЧИЗНЯНОГО ДОСВІДУ ОБМІНУ ЗЕМЕЛЬ

*На основі аналізу найбільш масштабних перерозподілів земель в УРСР виокремлено основні випадки рівноцінного обміну. Здійснено їх класифікацію відповідно до суб'єктів обміну та стислий опис найбільш принципових заходів. Визначено механізми проведення обміну земель в УРСР. Наведено основні положення радянського законодавства стосовно регулювання рівноцінного та нерівноцінного обміну земель. Проаналізовано використання терміна «обмін земель» відповідно чинного законодавства України і розглянуто загальні положення щодо укладання договору міни.*

**Ключові слова:** обмін земель, недоліки землекористування, вдосконалення землекористувань, реорганізація землекористувань, рівноцінні земельні ділянки, договір міни.

**Вступ.** Обмін можна розглядати як обов'язкову складову будь-якого масштабного перерозподілу земель, що зумовлено об'єктивною просторовою обмеженістю адміністративно-територіальних утворень і країни загалом. Зважаючи на законодавчо закріплене гарантування права власності на землю, здійснення рівноцінного обміну набуває особливого значення в процесі вдосконалення організації території.

За умов розвитку різних форм господарювання та розпаювання земель просторове розміщення землекористувань, якісний та кількісний склад угідь часто не відповідають вимогам ефективного використання земель. Усунення такого роду недоліків видається неможливим через брак уніфікованих механізмів перерозподілу, особливо з огляду на наявність мораторію на продаж сільськогосподарських земель. За таких умов обмін є одним із ключових заходів, визначення чітких критеріїв проведення якого покликане, з одного боку, унеможливити неконтрольоване вилучення земельних ділянок, з другого – сприяти процесу раціоналізації структури землекористувань.

У зв'язку із цим набуває актуальності дослідження основних принципів та можливостей застосування обміну земель.

**Аналіз досліджень і публікацій.** Доцільність обміну сільськогосподарських земель розглядається в контексті вдосконалення землеволодінь та землекористувань у працях таких науковців, як А. Мартин, О. Краснолуцький, Л.Ткачук, А. Третяк, В. Другак.

Учені висловлюють загальні пропозиції щодо оцінювання земельних ділянок під час обміну, але уніфіковані механізми залишаються невизначеними, не виконано

комплексного аналізу передумов та можливостей проведення обміну земель сільськогосподарського призначення.

**Постановка завдання.** Метою дослідження є систематизація та виокремлення механізмів здійснення рівноцінного обміну сільськогосподарських земель.

© М.А. Малашевський, Ю.А Мосійчук, О.А. Бугаєнко, 2014

оведення обміну в СРСР мало особливе значення, являли собою єдиний державний земельний фонд – «спільне надбання усього радянського народу» [1; 2], тобто в результаті перерозподілу між користувачами все одно залишалися неподільним об'єктом права власності держави.

Аналізуючи основні масштабні заходи щодо перерозподілу земель в УРСР, можна виділити обмін земель між користувачами присадибних ділянок та між кооперативними, та державними сільськогосподарськими підприємствами. У першому випадку перерозподіл земель був технічною складовою розселення великих сіл, вилучення «надлишків» присадибних земель колгоспників. В другому – метою було усунення недоліків землекористування, або згрупування окремих ділянок одноосібників в єдиний масив на етапі формування колгоспів. Землі кожної групи користувачів могли бути залучені до міжгосподарського землеустрою в процесі відведення земель для розміщення водосховищ.

У зв'язку із необхідністю затоплення значних територій, що мало суттєві наслідки для природи і господарства, у складі передпроектних документів, що визначали розміри і параметри гідротехнічних об'єктів, розроблявся розділ із міжгосподарського землеустрою. Визначалися населені пункти, господарські центри, дороги, мости та інші об'єкти, існування яких в результаті підтоплення, затоплення, руйнування берегів, зсувів, організаційно-господарських причин стає неможливим або які втрачають своє господарське значення. Для відшкодування втрат сільськогосподарського виробництва виявлялися землі для освоєння під сільськогосподарські угіддя. При цьому площі освоєваних земель мали бути не меншими за ті, що вилучалися, а витрати на їх освоєння і покращення – в межах розрахованої за нормативами суми відповідно до якості земель. Реорганізацією колгоспів і радгоспів могло також бути передбачена ліквідація землекористування на попередньому місці і перенесення виробництва на нове місце. Стосовно населених пунктів, та можливим було перенесення поселення на нове місце або доселення до вже наявного населеного пункту[3].

Розселення великих сіл на Україні відбувалося до 1929 р. Заходами із землеустрою одноосібних селянських господарств створено 1829 висілків, що охопили 68,8 тис. дворів на загальній площі 660 тис. гектарів[4]. Фактично формування нових населених пунктів в подібних випадках можна розглядати як обмін наявних землекористувань в межах сіл на неосвоєні землі з метою укрупнення наділів селян, які не підлягали виселенню.

Унаслідок переселення в місцях виходу звільнилося більш як 320 тис. га земель, що були перерозподілені. У великих земельних товариствах у такий спосіб вдалося за одночасного збільшення площ для ведення селянського господарства зменшити масштаби далекоземелля, черезсмужжя тощо [4].

Інший приклад трансформації присадибних ділянок пов'язаний із зменшенням їх площі на користь фондів земель радгоспів – «передвижка приусадебних участків колхозників». Постановою від 10 березня 1956 року «Об Уставе сельскохозйственной артели и дальнейшем развитии инициативы колхозников в организации колхозного



производства и управления делами» було закріплено скорочення присадибного землекористування. Відповідно до цього проект влаштування присадибного фонду мав важливу частину – вилучення надлишків присадибних земель колгоспників, зведення їх у великі і компактні ділянки, усунення черезсмужжя, залучення частини земель на околицях до відповідних кооперативних сільськогосподарських підприємств. При цьому підлягали усуненню вклинення, злами меж присадибних ділянок і земель загального користування [1].

Обмін земельними ділянками традиційно розглядався як основний інструмент усунення недоліків землекористування [1; 5; 6], що являють собою відхилення в розмірах, структурі, незручність розміщення масивів сільськогосподарських господарств і їх меж, що негативно впливають на використання земель, економіку й організацію виробництва [1].

До недоліків землекористування належать [1; 7]:

- нераціональний розмір – невідповідність площі земельного масиву спеціалізації і зоні розміщення сільськогосподарського підприємства;
- нераціональна структура угідь у складі землекористування – невідповідність складу площ і співвідношення угідь спеціалізації господарства;
- черезсмужжя – роздробленість землекористування на декілька відокремлених масивів, розділених між собою землями інших землекористувачів;
- топографічне черезсмужжя – розміщення в межах землекористування ділянок, зайнятих іншими угіддями, живих урочищ, розділення штучними спорудами;
- вкраплення – розміщення в межах земельного масиву одного землекористувача ділянки іншого землекористувача;
- далекоземелля – велика віддаленість частини земельного масиву від садиби господарства;
- ламаність меж і вклинювання;
- ерозійно небезпечне розміщення меж землекористування.

Усунення згаданих недоліків здійснювалося кількома шляхами:

- обміну рівновеликими і рівноцінними ділянками землі між господарствами [1] (для дотримання положення щодо неможливості зменшення розміру землекористування колгоспів під час обміну – замість «відрізаних» земель мала бути «прирізана» ділянка такої самої площі [8]);
- обміну нерівновеликими і нерівноцінними ділянками [1];
- передачі земель одного господарства іншому без компенсації [1; 5];
- реорганізації землекористування [1].

Якщо планувався обмін ділянками, різними за природними властивостями, могли бути використані наявні матеріали бонітування ґрунтів й економічної оцінки землі. Розрахунок виконували за формулою [1]:

$$P_2 = \frac{P_1 \cdot B_1}{B_2},$$

де  $P_i$  – площа земельної ділянки;  $B_i$  – бал бонітету ґрунтів відповідної земельної ділянки.

У деяких випадках у проектах землеустрою мала бути зазначена компенсація відповідним землекористувачам за невикористані капітальні витрати (меліорація, висівання багаторічних трав, плодові, ягідні насадження тощо), виконаних робіт (оранка,

посів, культивуація), якщо їх результат не може бути використаний попередніми землекористувачами після переходу до землекористування в нових межах [8].

Загалом досвід роботи Московського інституту інженерного землеустрою з міжгосподарського землеустрою укрупнених колгоспів засвідчив, що найбільшого ефекту в ліквідації недоліків землекористування можна досягти лише за одночасного виконання робіт в усіх колгоспах зони діяльності машинно-тракторних станцій або ж цілого адміністративного району. При цьому за потрібне вважали усунення недоліків саме шляхом обміну рівновеликими площами. Нерівноцінний обмін допускався у виняткових випадках за згоди колгоспів [9].

Згідно ч.8 ст. 22 Основ земельного законодавства СРСР і союзних республік [1] зміна меж і розмірів землекористувань колгоспів, радгоспів та інших сільськогосподарських підприємств й організацій, а також науково-дослідних, навчально-дослідних та інших сільськогосподарських установ для укрупнення і розукрупнення господарств, перерозподілу земель між землекористувачами могло провадитись на підставі науково обґрунтованих проєктів землеустрою, затверджених згідно із законодавством.

Відповідно до ст. 53 Земельного кодексу Української РСР [10] вказане положення доповнено шляхом визначення повноважень щодо затвердження відповідних проєктів землеустрою, що здійснювалися:

1) виконавчими комітетами обласних Рад народних депутатів – у разі зміни меж і розмірів землекористувань колгоспів, а також сільськогосподарських підприємств й організацій місцевого підпорядкування незалежно від розміру площі землі;

2) Радою Міністрів Української РСР – при змінах меж і розмірів землекористувань радгоспів та інших державних сільськогосподарських підприємств, організацій й установ республіканського підпорядкування, а також зміни меж колгоспів з радгоспами та іншими державними сільськогосподарськими підприємствами, організаціями і установами;

3) Радою Міністрів Української РСР за погодженням з відповідними міністерствами, державними комітетами або відомствами СРСР – у разі зміни меж і розмірів землекористувань радгоспів, навчально-дослідних та інших господарств союзного підпорядкування.

Радам міністрів республік, райвиконкомам і облвиконкомам дозволялося за поданням райвиконкомів, і згоди колгоспів затверджувати проєкти встановлення нових меж землекористувань, передавати в користування ділянки держлісфонду, що вклинилися в сільськогосподарські землекористування. За умови рівноцінного обміну відповідні проєкти дозволялося не вносити на розгляд Ради Міністрів СРСР, тоді як у випадку складання проєктів із нерівноцінною заміною земель розгляд і затвердження Ради Міністрів СРСР було обов'язковим [9].

Загалом можна стверджувати, що основні принципи обміну земель в СРСР (і УРСР зокрема) значно варіювалися залежно від початкових умов, механізми проведення таких заходів не були чітко регламентовані, проте законодавством був визначений порядок погодження і затвердження проєктів землеустрою, що обґрунтовували відповідні заходи.

Обмін сільськогосподарських земель в Україні в сучасних умовах має певні особливості. До набрання чинності законом про обіг земель сільськогосподарського призначення, але не раніше 1 січня 2016 року відповідно до «Перехідних положень»

Земельного кодексу України [11] не допускається купівля-продаж або відчуження в ішій спосіб земельних ділянок і зміна цільового призначення (використання) земельних ділянок, які перебувають у власності громадян та юридичних осіб для ведення товарного сільськогосподарського виробництва, земельних ділянок, виділених в натурі (на місцевості) власникам земельних часток (паїв) для ведення особистого селянського господарства, а також земельних часток (паїв), крім обміну земельної ділянки на іншу земельну ділянку відповідно до закону.

Законодавчо визначено можливість обміну земельної ділянки одержаної власником земельної частки (паю) в натурі (на місцевості), якщо власник земельної ділянки, яка знаходиться всередині єдиного масиву, що спільно використовується власниками земельних ділянок чи іншими особами для ведення товарного сільськогосподарського виробництва, виявляє бажання використовувати належну йому земельну ділянку самостійно. У цьому випадку власник може обміняти її на іншу земельну ділянку на межі цього або іншого масиву (ч. 1 ст. 14 Закону України «Про порядок виділення в натурі (на місцевості) земельних ділянок власникам земельних часток (паїв)» [12]). Обмін земельними ділянками здійснюється за згодою їх власників відповідно до закону та посвідчується нотаріально (ч. 2 ст. 14 Закону України «Про порядок виділення в натурі (на місцевості) земельних ділянок власникам земельних часток (паїв)» [12]). Порядок обміну земельними ділянками, одержаними власниками земельних часток (паїв) у натурі (на місцевості), у такому випадку визначений «Рекомендаціями щодо обміну земельними ділянками, одержаними власниками земельних часток (паїв) у натурі (на місцевості)» (далі – «Рекомендаціями») [13]. Цим документом регламентовано основні етапи ініціації обміну (п. 3-5 «Рекомендацій») та передбачено укладання відповідно до законодавства договору міни земельних ділянок (п.6,7), що посвідчується нотаріально (п.9).

Право власності на земельну ділянку за договором міни у відповідних випадках згідно п. 9 «Рекомендацій» виникає після нотаріального посвідчення договору міни земельних ділянок, одержання документа, що посвідчує право власності на земельну ділянку, та його державної реєстрації.

Сільські, селищні, міські ради та районні державні адміністрації в межах своїх повноважень сприяють обміну земельними ділянками (ч. 3 ст. 14 Закону України «Про порядок виділення в натурі (на місцевості) земельних ділянок власникам земельних часток (паїв)» [12]). Водночас, аналізуючи п. 5 «Рекомендацій», можна стверджувати, що можливість проведення обміну (міни) сільськогосподарських земель першочергово залежить від добровільної згоди власника земельної ділянки, якому запропоновано укладення вказаної угоди.

У загальному випадку згідно з договором міни (бартеру) відповідно до ч.1 ст. 175 Цивільного кодексу України [14] кожна із сторін зобов'язується передати другій стороні у власність один товар в обмін на інший товар. Кожна із сторін договору міни є продавцем того товару, який він передає в обмін, і покупцем товару, який він одержує взамін (ч. 2 ст. 175 Цивільного кодексу України [14]). Право власності на обмінювані товари переходить до сторін одночасно після виконання зобов'язань щодо передання майна обома сторонами, якщо інше не визначено договором або законом (ч. 4 ст. 175). Договором може бути обумовлена доплата за товар більшої вартості, що обмінюється, на товар меншої вартості (ч.3 ст. 175). Згідно зі ст. 716 до договору міни застосовують загальні положення про

купівлю-продаж, положення про договір поставки, договір контрактації або інші договори, елементи яких містяться в договорі міни, якщо це не суперечить суті зобов'язання.

Відповідно до ч. 1 ст. 81 Земельного кодексу України [11] договір міни є однією із підстав набуття права власності на земельну ділянку громадянами, згідно з ч. 1 ст. 131 громадяни та юридичні особи України, а також територіальні громади та держава мають право набувати у власність земельні ділянки на підставі міни, ренти, дарування, успадкування та інших цивільно-правових угод. Договір міни, як угода про перехід права власності, має відповідати положенням Цивільного [14] та Земельного [11] кодексів України, отже, укладатися в письмовій формі, посвідчуватися нотаріально (ч.1 ст.132 Земельного кодексу України [11]) та містити (ч.2 ст.132 Земельного кодексу України [11]):

- а) назви сторін (прізвище, ім'я та по батькові громадян, назву юридичної особи);
- б) вид угоди;
- в) предмет угоди (земельна ділянка з визначенням місця розташування, площі, цільового призначення, складу угідь, правового режиму тощо);
- г) документ, що підтверджує право власності на земельну ділянку;
- г) відомості про відсутність заборон на відчуження земельної ділянки;
- д) відомості про відсутність або наявність обмежень щодо використання земельної ділянки за цільовим призначенням (застава, оренда, сервітути тощо);
- е) договірну ціну;
- є) права та обов'язки сторін;
- ж) кадастровий номер земельної ділянки;
- з) момент переходу права власності на земельну ділянку.

Таким чином, законодавство України містить положення щодо укладання договору міни, визначеним є загальний порядок обміну земельних ділянок, одержаних власниками земельних часток (паїв) у натурі (на місцевості).

**Висновки.** У результаті аналізу досвіду перегрупування та трансформації земель в УРСР виокремлено основні випадки обміну земель, виявлено загальні принципи та особливості регулювання рівноцінного та нерівноцінного обміну земель. Виявлено також, що немає уніфікованого підходу до проведення обміну, що може бути адаптований до сучасних умов України.

Дослідження чинного законодавства України дає підстав констатувати про невизначеність механізмів обміну земельними ділянками, що в умовах приватної власності на землю ускладнює реалізацію проектів раціонального використання земель у випадках, коли обмін є їх необхідною складовою.

## СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. *Об утверждении Основ земельного законодательства Союза ССР и союзных республик*: Закон СРСР от 13.12.1968 № 3401-VII / Верховный Совет Союза Советских Социалистических Республик. – 2008. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://zakon.7law.info/base98/part9/d98ru9753.htm>. – Назва з екрана.
2. *О введении в действие Основ земельного законодательства Союза ССР и союзных республик*: Постановление Верховного Совета СССР от 28.02.1990 г. № 1252-1 / Верховный Совет Союза Советских Социалистических Республик. – 2006. – [Електронний

ресурс] – Режим доступу: <http://russia.bestpravо.ru/ussr/data01/tex11015.htm>. – Назва з екрана.

3. *Землеустроительное* проектирование / М.А. Гендельман, В.Я. Заплетин, А.Д. Шулейкин и др.; под ред. М.А. Гендельмана. – М.:Агропромиздат, 1986. – 511 с.

4. *Труды* Харьковского ордена Трудового Красного Знамени сельскохозяйственного института им. В.В. Докучаева. – Том LXX (CVII). – 128 с. – Землеустройство социалистических сельскохозяйственных предприятий и планировка их населенных пунктов / ответственный ред. тома д-р экон. наук, проф. Г. И. Горохов. – М.: Недра, 1967. – 128 с.

5. *Землеустройство* колхозов и совхозов / под ред. д-ра экон. наук Г. И. Горохова. – Изд.2-е, доп. и перераб. – К.: Урожай, 1977. – 224 с.

6. *Удачин С.А.* Научные основы землеустройства / С.А. Удачин. – М.: Колос, 1965. – 272 с.

7. *Землеустроительное* проектирование / под ред. проф. С. А. Удачина. – 3-е, перераб. и доп. изд. – М.: Сельхозиздат, 1958. – 512 с.

8. *Землеустройство* колхозов / под ред. С.Д. Черемушкина, С.А. Удачина. – М.: Государственное узд-во с.-х. л-ры, 1949. – 656 с.

9. *Землеустройство* колхозов лесостепи. Из опыта землеустройства укрупненных колхозов Белгородского и Уразовского районов Курской области. – М.: Сельхозиздат, 1952. – 404 с.

10. *Земельний кодекс* Української РСР: за станом на 08.07.1970 / Верховна Рада УРСР // Відомості Верховної Ради Української РСР. – 1970. – №29. – ст. 205.

11. *Земельний кодекс* України від 25.10.2001 № 2768-III: із змінами, внесеними згідно із Законом від 24.10.2013 / Верховна Рада України // Відомості Верховної Ради України. – 2002. – № 3, 4. – ст.27.

12. *Про порядок* виділення в натурі (на місцевості) земельних ділянок власникам земельних часток (паїв): Закон України від 05.06.2003 № 899-IV / Верховна Рада України // Відомості Верховної Ради України. – 2003. – № 38. – ст. 314.

13. *Рекомендації* щодо обміну земельними ділянками, одержаними власниками земельних часток (паїв) у натурі (на місцевості): Наказ Держкомзему України від 17.11.2003 № 288 / Державний комітет України по земельних ресурсах. [Електронний ресурс]– Режим доступу : [http://www.uazakon.com/documents/date\\_43/pg\\_innvog.htm](http://www.uazakon.com/documents/date_43/pg_innvog.htm). – Назва з екрана.

14. *Цивільний кодекс* України: із змінами, внесеними згідно із Законом від 04.07.2013 / Верховна Рада України // Відомості Верховної Ради України . – 2003. – №№ 40-44. – ст. 356.

15. *Історія* земельних реформ до 1991 року / Держземагентство. [Електронний ресурс] – Режим доступу : <http://land.gov.ua/istorija-zemelnoji-sluzbu/93458-istoriya-zemelnyh-reform-do-1991-roku.html>. – Назва з екрана

16. *Землеустройство* специализированных совхозов и его экономическое обоснование / А. И. Гавриленко, А. В. Енюков, В. Д. Кирюхин, Г. Г. Полканов. – М.: Изд-во экон. л-ры, 1963. – 166с.

17. *Землеустройство колхозов и совхозов* / Г.И. Горохов, Л.Я. Новаковский, И.М. Стативка, Л.К. Бойко [и др.]; под ред. Г.И. Горохова – 3-е изд., доп. и перераб. – К.: Урожай, 1985. – 216 с.

## REFERENCES

1. Ob utverzhdenii Osnov zemelnogo zakonodatelstva Soyuza SSR i soyuznykh respublik. Law of the USSR as of 13.12.1968 № 3401-VII. [About the ratification of the Essentials of land legislation of the Union of Soviet Socialist Republics and Union Republics]. (2008) Retrieved from: <http://zakon.7law.info/base98/part9/d98ru9753.htm>
2. O vvedenii v deistvie Osnov zemelnogo zakonodatelstva Soyuza SSR i soyuznykh respublik. Resolution of the Supreme Soviet of the USSR as of 28.02.1990 № 1252-1 [About the introduction of the Essentials of land legislation of the Union of Soviet Socialist Republics and Union Republics]. (2006) Retrieved from: <http://russia.bestpravo.ru/ussr/data01/tex11015.htm>
3. Hendelman, M.A., Zapletin, V.Ya. & Shuleikin, A.D. (1986). *Zemleustroitelnoe proektirovanie* [Land Surveying Design]. M.A.Hendelman (Ed.). Moscow: Agropromizdat [in Russian].
4. Gorokhov, G.I. (Ed.) (1967). *Trudy Kharkovskogo ordena Trudovogo Krasnogo Znameny selskokhozyaistvennogo instituta im.V.V.Dokuchaeva* [Works by Kharkov Dokuchaev the Labour Red Banner Order agricultural institute] (Vol.LXX(CVII)). Moscow: Nedra [in Russian].
5. Gorokhov, G.I. (Ed.) (1977). *Zemleustroistvo kolkhozov i sovkhovov* [Land surveying of collective and soviet farms]. Kyiv: Urozhay [in Russian].
6. Udachin, S.A. (1965). *Nauchnye osnovy zemleustroistva* [The Scientific Essentials of Land Surveying]. S.A. Udachin (Ed.). Moscow: Kolos [in Russian].
7. Udachin, S.A. (1958). *Zemleustroitelnoe proektirovanie* [Land Surveying Design]. (3th ed.rev.). Moscow: Selkhozizdat [in Russian].
8. Cheremushkin, S.D., Udachin, S.A. (Eds.) (1949). *Zemleustroistvo kolkhozov* [Land surveying of collective farms]. Moscow: Gosudarstvennoe izdatelstvo selskokhozyaistvennoy literatury [in Russian].
9. *Zemleustroistvo kolkhozov lesostepi. Iz opyta zemleustroistva ukрупnennykh kolkhozov Belgorodskogo i Urazovskogo rayonov Kurskoy oblasti.* (1952) [Land surveying of the wooded steppe collective farms. The experience of land surveying of the enlarged collective farms of Belgorod and Urazov districts of Kursk region]. Moscow: Selkhozizdat [in Russian].
10. *Zemelnyy kodeks Ukrainskoy SSR* [Land code Ukrainian SSR]. (1970.July 08). *Vidomosti Verkhovnoi Rady Ukrainy – Bulletin of Verkhovna Rada of Ukraine.* [in Ukrainian]
11. *Zemelnyy kodeks Ukrainy vid 25.10.2001 №2768-III* [Land code Ukraine as of October, 25, 2001 №2768-III] (2002). *Vidomosti Verkhovnoi Rady Ukrainy – Bulletin of Verkhovna Rada of Ukraine,* 3-4 art.27. [in Ukrainian].
12. *Pro poriyadok vydilennya v naturi (na mistsevosti) zemelnykh dilyanok vlasnykam zemelnykh chastok (paiv).* *Zakon Ukrainy vid 05.06.2003 №899-IV.* [About the order of transferring into the locality of land plots to the owners of land plots (shares). Law of Ukraine as

of June 05.2003 №899-IV]. (2003). Vidomosti Verkhovnoi Rady Ukrainy – Bulletin of Verkhovna Rada of Ukraine, 38 art.314 [in Ukrainian].

13. Rekomendatsii shchodo obminu zemelnymy dilyankamy, oderzhanymy vlasnykamy zemelnykh chastok (paiv) u naturi (na mistsevosti). Nakaz Derzhkomzemu Ukrainy vid 17.11.2003 № 288 [Recommendations on the exchange of land plots, received by the owners of land plots (shares) in the locality. The order of State Committee on land resources as of November 17,2003 №288]. (n.d.). Retrieved from: [http://www.uazakon.com/documents/date\\_43/pg\\_imnvog.htm](http://www.uazakon.com/documents/date_43/pg_imnvog.htm)

14. Tsyvilnyi kodeks Ukrainy [Civil Code Ukraine] (2003). Vidomosti Verkhovnoi Rady Ukrainy – Bulletin of Verkhovna Rada of Ukraine, 40-44 art.356. [in Ukrainian].

15. Istoriya zemelnykh reform do 1991 roku [The history of land reforms up to 1991].Derzhzemagentstvo. Retrieved from: <http://land.gov.ua/istorija-zemelnoji-sluzbu/93458-istoriya-zemelnyh-reform-do-1991-roku.html>

16. Havrylenko, A.I.,Yenukov, A.V., Kirukhin, V.D. & Polkanov, H.H. (1963). Zemleustroistvo spetsializirovannykh sovkhov i ego ekonomicheskoe obosnovanie [Land surveying of the specialized soviet farms and its economic substantiation].Moscow: Izdatelstvo ekonomicheskoy literatury [in Russian].

17. Gorokhov, H.I., Novakovskiy, L.Ya., Stativka, I.M. & Boyko, L.K. (1985). Zemleustroistvo kolkhozov i sovkhov [Land Surveying in Collective and Soviet Farms]. (3d ed. rev.). H.I. Gorokhov (Ed.). Kyiv: Urozhay [in Ukrainian].

**М.А. Малашевский**  
**Ю.А. Мосійчук**  
**О.А. Бугаенко**

### **ИССЛЕДОВАНИЕ ОТЕЧЕСТВЕННОГО ОПЫТА ОБМЕНА ЗЕМЕЛЬ**

*Основываясь на анализе наиболее масштабных перераспределений земель в УССР, выделено основные случаи проведения равноценного обмена. Осуществлена их классификация соответственно субъектов обмена и краткое описание наиболее существенных мероприятий. Определены механизмы обмена земель в УССР. Приведены основные положения советского законодательства, касающиеся регулирования равноценного и неравноценного обмена земель. Проанализировано использование термина «обмен земель» в соответствии с действующим законодательством Украины и рассмотрено общие положения составления договора мены.*

**Ключевые слова:** обмен земель, недостатки землепользования, совершенствование землепользований, реорганизация землепользований, равноценные земельные участки, договор мены.

**N. Malashevskiy**  
**Yu.Mosiychuk**  
**O.Bugaienko**

**THE RESEARCH OF THE HOMELAND EXPERIENCE OF LAND EXCHANGE**

*The peculiarities of land exchange in Ukrainian Soviet Socialist Republic have been defined and main cases of peer exchange have been singled out based on large-scale land reallocations: large villages redeployment, expropriation of surplus housekeeping land from collective farmers in case of grouping the separate individual plots in a united massive at the stage of collective farm forming, land surveying aiming at removing land tenure defects, land settling aiming at reallocation of objects, placed on the territory to be submerged at the formation of water reservoirs.*

*According to the exchange subjects, land exchange between users of housekeeping plots and between cooperative or governmentally owned agricultural enterprises have been singled out. Aim, principal measures and the result of reorganization of land tenures with the land exchange included in every case have been described. Principal mechanisms of land exchange in Ukrainian Soviet Socialist Republic have been defined.*

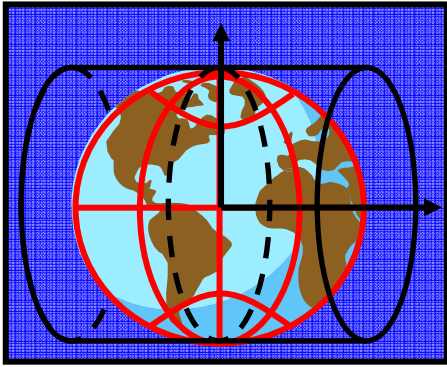
*General regulations of the Soviet legislation on coordination and ratification of land surveying projects, grounding the corresponding measures, differences of regulation the peer or unequal land exchange have been provided. The analysis of principal legal acts in force, which include regulations on land exchange, has been carried out, i.e. peculiarities and principles of land exchange in Ukraine have been provided. General principles of land plots exchange agreement and its most essential parts have been considered.*

**Keywords:** *land exchange, land tenure defects, land tenure improvement, land tenure reorganization, peer land plots, exchange agreement.*

Надійшла до редакції

7.10.2014.





## ГЕОІНФОРМАТИКА І КАРТОГРАФІЯ

УДК 528.48:004.451.52

*Д.В. Горковчук, асп. кафедри геоінформатики та фотограмметрії  
Київський національний університет будівництва та архітектури*

### **СХОВИЩЕ ІНФОРМАЦІЙНИХ РЕСУРСІВ ЄДИНОЇ ЦИФРОВОЇ ТОПОГРАФІЧНОЇ ОСНОВИ ГЕОІНФОРМАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ МІСТОБУДІВНОГО КАДАСТРУ**

*У статті подано склад і структуру базових геоінформаційних ресурсів міста, описано ресурси базової адресно-просторової структури території міста та ресурси єдиної цифрової топографічної основи; розроблено логічну модель реєстрів бази даних інформаційних ресурсів єдиної цифрової топографічної основи, для кожного з реєстрів розроблено й описано склад атрибутів та відповідні кодифікатори; обґрунтовано вибір системи керування базами даних для реалізації сховища інформаційних ресурсів.*

**Ключові слова:** *інформаційні ресурси, єдина цифрова топографічна основа, містобудівний кадастр, набір геопросторових даних, база топографічних даних.*

**Вступ.** Сучасний містобудівний кадастр характеризується переходом до принципово нового етапу розвитку. ГІС-технології починають застосовувати не тільки для випуску картографічної складової містобудівної документації, як це було до 2010 року, а й для створення профільних наборів геопросторових даних в єдиній державній системі координат з використанням єдиної цифрової топографічної основи.

Це повною мірою узгоджується з основним положенням нового Закону України «Про регулювання містобудівної діяльності», яким визначено, що містобудівна документація має розроблятися на паперових й електронних носіях на оновленій картографічній основі в цифровій формі як набори профільних геопросторових даних. Однією з основних умов досягнення інтероперабельності всіх геопросторових даних у містобудівному кадастрі є створення й використання єдиної уніфікованої цифрової топографічної основи, яка накопичується, зберігається і постачається всім суб'єктам містобудівної діяльності як складова інформаційних ресурсів системи містобудівного кадастру.

У деяких містах України вже затверджено положення про створення і ведення інформаційних ресурсів єдиної цифрової топографічної основи (ІР ЄЦТО) для забезпечення містобудівної діяльності. Ними визначено зміст, структуру, порядок

створення, ведення, надання та використання ІР ЄЦТО, але лише на концептуальному рівні. Для їх впровадження в систему містобудівного кадастру потрібно розроблення детальних логічних схем і геоінформаційних технологій оновлення, ефективних в середовищі ГІС, та баз геопросторових даних.

**Аналіз останніх досліджень та публікацій.** Проблему формування, зберігання й оновлення інформаційних ресурсів ЄЦТО обговорюють як в Україні, так і за кордоном. Окрім розроблення нової нормативно-правової бази та стандартів [1-4], в Україні вже пропонуються та впроваджуються технології моніторингу матеріалів геофонду у цифрових векторних форматах [5-8].

Досить активно проблему обговорюють і в Російській Федерації. У роботах багатьох науковців [9; 10] розглянуто проблеми оновлення нормативно-правової бази щодо ведення й актуалізації топографічної основи для містобудівної документації. В матеріалах інтернет-конференцій [11] висвітлюються питання переходу від застарілих технологій топографічного моніторингу до інфраструктур геопросторових даних. Зважаючи на великі обсяги геопросторових даних, що становлять ІР ЄЦТО, їх постійне оновлення й використання у середовищі різних ГІС-платформ, до нагальних завдань слід віднести розроблення інформаційно-технологічних моделей інформаційних ресурсів ЄЦТО на основі застосування універсальних систем керування базами даних (СКБД) з відповідними розширеннями для підтримки геопросторових даних.

**Виклад основного матеріалу.** Законом України «Про регулювання містобудівної діяльності» на міському рівні передбачено внесення в систему містобудівного кадастру відомостей про єдину цифрову топографічну основу території міста на підставі топографічних карт і планів та планово-картографічної основи державного земельного кадастру на територію міста, результатів інженерно-геодезичних виконавчих знімачів завершеного будівництвом об'єктів інфраструктури та результатів містобудівного моніторингу.

Ефективне ведення й оновлення такої картографічної основи потребує визначення складу та структури базових геоінформаційних ресурсів міста. Виходячи з практики топографо-геодезичного забезпечення містобудівної діяльності, можна виділити дві групи (рис. 1):

- ресурси базової адресно-просторової структури території міста;
- база даних ІР ЄЦТО.

Ресурси базової адресно-просторової структури складаються з баз даних реєстрів вулиць, адрес і топонімів, каркасного плану та структури містобудівних кварталів. Вони виокремлюються із топографічних даних зі статусом офіційного відкритого загальноміського геоінформаційного ресурсу як основи інтегрування даних з різних джерел для створення містобудівної документації.

База даних інформаційних ресурсів ЄЦТО охоплює:

- реєстр ІР ЄЦТО;
- базу топографо-геодезичної вивченості місцевості;
- планово-висотну геодезичну мережу міста;
- базу топографічних даних з мультирепрезентацією об'єктів місцевості;
- цифрові растрові моделі топографічних планів території міста в масштабах 1:2000 та 1:500;

- цифрові векторні моделі топографічних планів території міста в масштабах 1:2000 та 1:500;
- цифрову модель рельєфу з роздільною здатністю масштабу 1:2000;
- цифрову векторна модель топографічної карти масштабу 1:10000;
- цифровий ортофотоплан на основі космічного знімку високого розрізнення масштабу, не дрібнішого за 1:5000;
- цифрову модель каркасного плану міста масштабу 1:2000;
- цифрові моделі координатних сіток номенклатури топографічних планів/карт масштабів 1:500, 1:2000, 1:5000, 1:10000.

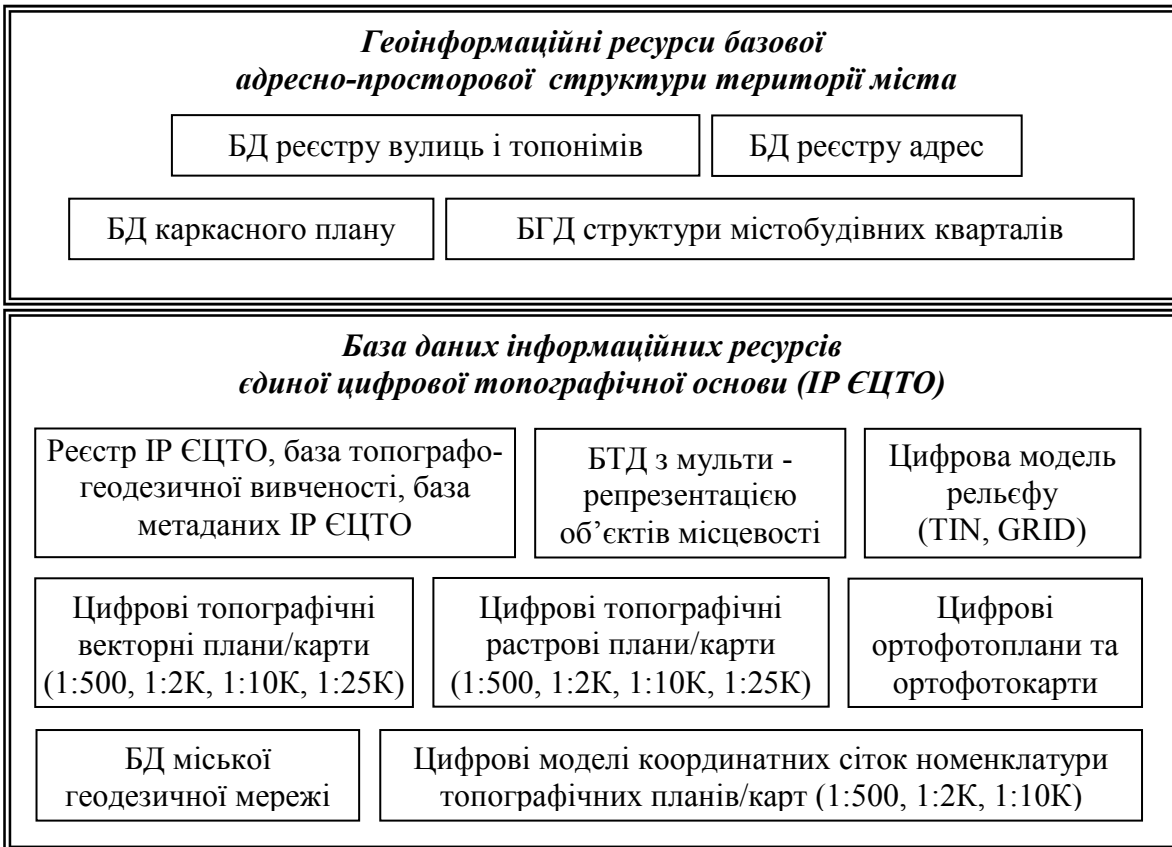


Рис. 1. Склад базових геоінформаційних ресурсів міста

Оскільки одним з основних принципів експлуатації ІР ЄЦТО є постійна їх актуалізація на основі оперативного оновлення змісту за результатами поточних інженерних вишукувань, кадастрових та виконавчих знімань, то такий підхід потребує формування бази даних інформаційних ресурсів в середовищі універсальної СКБД з відповідними реєстрами (рис. 2), зокрема:

- реєстр інформаційних ресурсів ЄЦТО;
- реєстр виробників інформаційних ресурсів;
- реєстр заявок на виконання топографо-геодезичних робіт;
- реєстр поточних топографо-геодезичних робіт;
- реєстр топографічних планшетів;
- реєстр координатних сіток номенклатур.

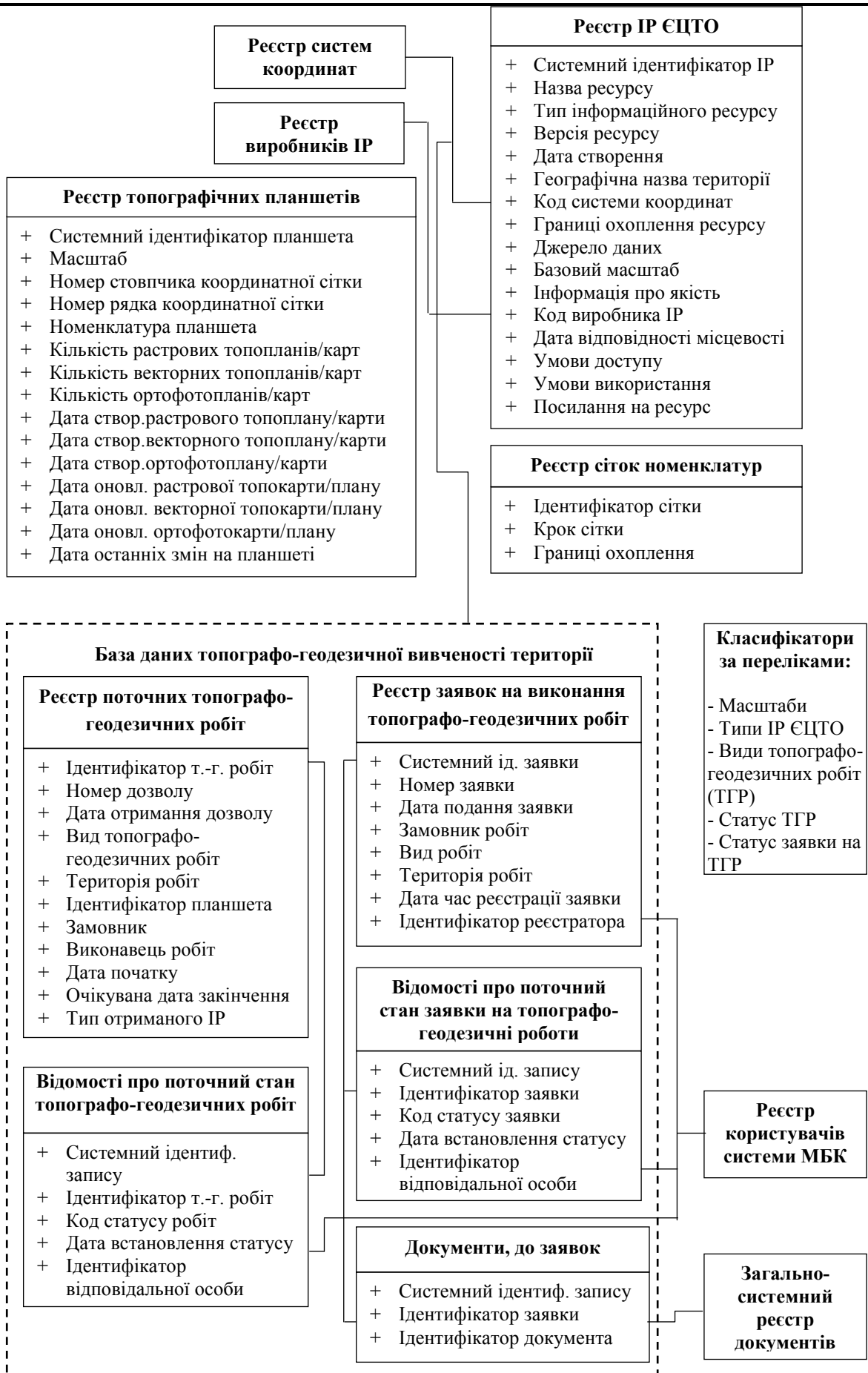


Рис. 2. Логічна модель реєстрів бази даних IP ЄЦТО

Окрім того, база даних IP ЄЦТО пов'язана з такими загальносистемними реєстрами:

- реєстр користувачів системи МБК;
- загальносистемний реєстр документів;
- реєстр систем координат.

Реєстр IP ЄЦТО містить відомості про всі ресурси, що є в системі, їх версію, дату створення, інформацію про виробника тощо, і фактично формують метадані інформаційних ресурсів.

Відомості про виробників інформаційних ресурсів зберігаються в реєстрі виробників IP.

Реєстр топографічних планшетів містить інформацію про наявні на територію растрові та векторні плани та карти, ортофотоплани/ортофотокарти, дати їх створення та оновлення.

База даних топографо-геодезичної вивченості охоплює реєстри поточних топографо-геодезичних робіт, відомості про їх стан, реєстр заявок на виконання топографо-геодезичних робіт, відомості про стан заявок, а також документи, додані до заявок. Ці відомості дають змогу вести топографічний моніторинг території міста, а також планувати топографо-геодезичні роботи на майбутнє.

Для кожного з реєстрів розроблений й описаний склад атрибутів. Відповідні кодифікатори розроблені на підставі Законів України «Про топографо-геодезичну і картографічну діяльність», «Про містобудівний кадастр», «Про регулювання містобудівної діяльності» та інших нормативно-правових актів, пов'язаних з провадженням містобудівної та картографічної діяльності в Україні.

Реалізація описаного сховища IP ЄЦТО можлива лише в системах керування об'єктно-реляційними базами даних (ОР СКБД) з функціональними розширеннями для підтримки зберігання та оброблення геопросторових даних за альтернативними варіантами:

- 1) Oracle з розширенням Oracle Spatial 11g;
- 2) IBM DB2 з розширенням Spatial Extender;
- 3) PostgreSQL з розширенням PostGIS;
- 4) MicrosoftSQLServer починаючи з версії 2008;
- 5) MySQL починаючи з версії 5.0.16.

Серед наведених варіантів перевагу слід віддати ОР СКБД PostgreSQL версії не менш 9.1 з розширенням PostGIS версії не менше 2.0. Це безплатне відкрите програмне забезпечення, яке розробляють відповідно до OGC-специфікації простих геопросторових об'єктів для SQL (Simple Features for SQL), має ряд переваг перед конкурентами:

- сумісність з багатьма відкритими та комерційними ГІС-системами (QGIS, gvSIG, GRASSGIS, ArcGIS, MapInfo, AutoCADMap 3Dтощо);
- понад 300 вбудованих просторових операцій, що дає змогу виконувати певні обчислення безпосередньо на сервері, не вдаючись до інструментальних ГІС;
- повна підтримка всіх поширених веб-сервісів (WMS, WFS, WFS-T, WCSтощо);
- підтримка топології, тривимірної індексації, растрів, колекцій об'єктів.

**Висновок.** Пропонована модель реєстрів бази даних IP ЄЦТО забезпечує облік векторних та растрових цифрових топографічних моделей місцевості як організованої сукупності наборів бази топографічних даних, цифрових та електронних планів і карт,

цифрових ортофотокарт й ортофотопланів з відповідними метаданими, а також підтримку процесів топографічного моніторингу території міста шляхом реєстрації результатів топографо-геодезичних робіт, виконуваних на території міста з оновленням бази топографічних даних і відповідних цифрових й електронних карт/планів.

Реалізація сховища інформаційних ресурсів єдиної цифрової топографічної основи міста на підставі об'єктно-реляційної СКБД в геоінформаційній системі містобудівного кадастру дає змогу забезпечити координатно-просторову й інформаційну сумісність усіх геоінформаційних ресурсів, створюваних у результаті містобудівної діяльності на території міста, мінімізувати дублювання та вартість робіт, пов'язаних зі збиранням та реєстрацією інформації про об'єкти та явища, і таким чином підвищити ефективність та якість управлінських рішень органів влади.

### СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. *Про топографо-геодезичну і картографічну діяльність*: Закон України від 23.12.1998 р. № 353-XIV (із зм. і доп.) // Відомості Верховної Ради України. –1999. – № 5-6. – С. 46.
2. *Про регулювання містобудівної діяльності*: Закон України від 17.02.2011 р. № 3038-VI(із зм. і доп.) // Відомості Верховної Ради України. –2011. – № 34. – С. 343.
3. *Про містобудівний кадастр*: Постанова Кабінету Міністрів України «Про містобудівний кадастр» № 559 від 25 травня 2011 р. // Офіційний вісник України. – 2011. – № 41.
4. *Положення про інформаційні ресурси єдиної цифрової топографічної основи міста Києва як складової частини системи баз даних містобудівного кадастру, затверджене розпорядженням виконавчого органу Київської міської ради (Київської міської державної адміністрації) № 102 від 25.01.2014 р. [Електронний ресурс]. – Режим доступу [http://kievcity.gov.ua/done\\_img/f/РКМДА-102-25012014.pdf](http://kievcity.gov.ua/done_img/f/РКМДА-102-25012014.pdf). – Назва з екрана.*
5. *Карпінський Ю.О.* Уніфікація структури, правил кодування та цифрового опису векторних моделей в базах топографічних даних/ Ю.О. Карпінський, А.А. Лященко, Р.М. Рунець // Вісник геодезії та картографії. – 2010. – № 5. – С. 35 – 41.
6. *Карпінський Ю.О.* Еталонна модель бази топографічних даних / Ю.О. Карпінський, А.А. Лященко, Р. М. Рунець // Вісник геодезії та картографії. – 2010. – №2. –С. 28-36.
7. *Лященко А.А.* Системні вимоги до сучасного містобудівного кадастру та містобудівної документації / А.А. Лященко // Містобудування та територіальне планування: наук.-техн. зб. – К.: КНУБА, 2013. – №47.– С. 397 – 405.
8. *Чайка А.А.* Технологія моніторинга матеріалів геофонда міста Днепропетровска в масштабі 1:500 в векторному виді / А.А. Чайка // Геопрофи – 2012. – №3 – С. 23 -27.
9. *Анализ и совершенствование нормативно-правового обеспечения ведения дежурного топографического плана города масштаба 1:500* // Интернет конференція – 10.12.2012 – Геоинформационный портал ГИС-ассоциации. – Режим доступа: [http://gisa.ru/dtp\\_goroda\\_1\\_500.html](http://gisa.ru/dtp_goroda_1_500.html).
10. *Камашев Е.А.* К обсуждению совершенствования нормативно-правового обеспечения ведения дежурного топографического плана города масштаба 1:500 /

Е.А. Камашев, В.А.Панарин, С.Н. Николаев, А.М. Тарарин [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.gisa.ru/92321.html>. – Название с экрана.

11. *Цифровая картографическая основа муниципалитета: геодезическое дежурство или ИПД.* // Интернет конференція – 24.04.2013. – Режим доступа: <http://www.gisa.ru/95281.html>

## REFERENCES

1. *Pro topografo-heodezychnu i kartografichnu diialnist: Zakon Ukrainy vid 23.12.1998 r. № 353-XIV (iz zm. i dop.) [About topographic geodetic and cartographic activity: Law of Ukraine from 23.12.1998 № 353-XIV (with changes and additions)]* // Vidomosti Verkhovnoi Rady Ukrainy. –1999 [in Ukrainian].

2. *Pro rehuliuвання mistobudivnoi diialnosti: Zakon Ukrainy vid 17.02.2011 r. № 3038-VI (iz zm. i dop.) [About regulation of urban planning activity: Law of Ukraine from 17.02.2011 № 3038-VI (with changes and additions)]* // Vidomosti Verkhovnoi Rady Ukrainy. – 2011 [in Ukrainian].

3. *Pro mistobudivnyi kadastr: Postanova Kabinetu Ministriv Ukrainy № 559 vid 25 travnia 2011 r. [About urban planning cadaster: Resolution of Cabinet of Ministers of Ukraine №559 from 25.05.2011]* // Ofitsiyni visnyk Ukrainy. – 2011. – № 41 [in Ukrainian].

4. *Polozhennia pro informatsiini resursy yedynoi tsyfrovoy topografichnoi osnovy mista Kyieva, yak skladovoi chastyny systemy baz danykh mistobudivnoho kadastru, zatverdzhene rozporiadzhenniam vykonavchoho orhanu Kyivskoi miskoi rady (Kyivskoi miskoi derzhavnoi administratsii) № 102 vid 25.01.2014 r. [Regulation on information resources of unified digital topographic base of Kyiv, as part of the database of urban cadastre system, approved by resolution of the Kyiv City Council (Kyiv City State Administration) № 102 from 25.01.2014 g.]* – [http://kievcity.gov.ua/done\\_img/f/RKMDA-102-25012014.pdf](http://kievcity.gov.ua/done_img/f/RKMDA-102-25012014.pdf) [in Ukrainian].

5. Karpinskyi Yu.O. *Unifikatsiia struktury, pravyl koduvannia ta tsyfrovoho opysu vektornykh modelei v bazakh topografichnykh danykh [Unification of structure, encoding rules and digital description of vector models in topographic databases]* / Karpinskyi Yu.O., Liashchenko A.A., Runets R.M. // Visnyk heodezii ta kartografii. – 2010, № 5. – p. 35 – 41 [in Ukrainian].

6. Karpinskyi Yu.O. *Etalonnamodelbazytopografichnykh danykh [Referencemodel of topographic database]* / Yu.O. Karpinskyi, A.A. Liashchenko, R. M. Runets // Visnyk heodezii ta kartografii. – 2010. - №2. p 28-36. [in Ukrainian].

7. Liashchenko A.A. *Systemni vymohy do suchasnoho mistobudivnoho kadastru ta mistobudivnoi dokumentatsii [System requirements to modern urban cadastre and planning documentation]* / A.A. Liashchenko // Mistobuduvannia ta terytorialne planuvannia: Nauk. - tekhn. zbirnyk – K., KNUBA, 2013. [in Ukrainian].

8. Chayka. A.A. *Tekhnologiya monitoringa materialov geofonda goroda Dnepropetrovska v masshtabe 1:500 v vektornom vide [Technology of Dnepropetrovsk city geofund monitoring at 1:500 scale in vector]* / Chayka A.A. // Geoprofi –2012, №3 – p. 23 -27. [in Russian].

9. *Analiz i sovershenstvovanie normativno-pravovogo obespecheniya vedeniya dezhurnogo topograficheskogo plana goroda masshtaba 1:500 [Analysis and improvement of the regulatory framework of reference duty of topographic plan of the city at 1:500 scale]*

// Internet conference – 10.12.2012 – Geoinformatsionnyy portal GIS-Assotsiatsii – [http://gisa.ru/dtp\\_goroda\\_1\\_500.html](http://gisa.ru/dtp_goroda_1_500.html)[in Russian].

10. Kamashev E.A. *K obsuzhdeniyu sovershenstvovaniya normativno-pravovogo obespecheniya vedeniya dezhurnogo topograficheskogo plana goroda masshtaba 1:500 [To discuss on improving the regulatory framework of reference duty of topographic plan of the city at 1:500 scale]* / Kamashev E.A., Panarin V.A., Nikolaev S.N., Tararin A.M. // <http://www.gisa.ru/92321.html> [in Russian].

12. *Tsifrovaya kartograficheskaya osnova munitsipaliteta: geodezicheskoe dezhurstvo ili IPD. [Digital cartographic basr of the municipality: geodetic duty or SDI.]* // Internet conference – 24.04.2013 – <http://www.gisa.ru/95281.html> [in Russian].

**Д.В. Горковчук**

### **ХРАНИЛИЩЕ ИНФОРМАЦИОННЫХ РЕСУРСОВ ЕДИНОЙ ЦИФРОВОЙ ТОПОГРАФИЧЕСКОЙ ОСНОВЫ ГЕОИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ГРАДОСТРОИТЕЛЬНОГО КАДАСТРА**

*В статье представлены состав и структура базовых геоинформационных ресурсов города, описано ресурсы базовой адресно-пространственной структуры территории города и ресурсы единой цифровой топографической основ; разработана логическая модель реестров базы данных информационных ресурсов единой цифровой топографической основы, для каждого из реестров разработан и описан состав атрибутов и соответствующие кодификаторы; обоснован выбор системы управления базами данных для реализации хранилища информационных ресурсов.*

**Ключевые слова:** *информационные ресурсы, единая цифровая топографическая основа, градостроительный кадастр, набор геопространственных данных, база топографических данных.*

**D. Gorkovchuk**

### **INFORMATION RESOURCES REPOSITORY OF UNIFIED DIGITAL TOPOGRAPHIC BASE FOR GEOINFORMATION SYSTEM OF TOWN-PLANNING CADASTER**

*Modern urban planning cadaster is characterized by use of new GIS technologies for creating geospatial datasets. Achieving interoperability of geospatial data requires creation of unified digital topographic base (UDTB), which is stored and delivered to all urban development subjects. A lot of Ukrainian cities have adopted provisions about UDTB, which define content, structure, establishment, maintenance and use, but only at conceptual level. Due to the large amounts of geospatial data, which forms the UDTB, and their consistent update and use in different GIS the urgent task is development of UDTB informational models on the basis of universal database management system with appropriate extensions to support geospatial data. The paper considers the composition and structure of basic geoinformation resources of the city, which are composed of geoinformational resources of basic address-spatial structure of city and database of informational resources of unified digital topographic base; represent a logical model of database registries of unified digital topographic base information resources; registers of informational resources of UDTB, coordinate systems, informational resources producers,*



*topographic sheets, nomenclature grids and database of topographic-geodetic survey are described; paper justifies the choice of open source PostgreSQL (+PostGIS) database management systems for implementation of the information resources repository.*

**Keywords:** *information resources, unified digital topographic base, urban cadaster, geospatial dataset, topographic data base.*

Надійшла до редакції

19.03.2014.

УДК 528:061.3

**М.В. Горковчук**, асп. кафедри  
геоінформатики та фотограмметрії  
Київський національний університет  
будівництва і архітектури

## СТРУКТУРА ТА ФУНКЦІЇ ЕЛЕКТРОННОГО КАТАЛОГУ МІР ЯКОСТІ ГЕОПРОСТОРОВИХ ДАНИХ

*Розглянуто структуру та функції електронного каталогу мір якості геопросторових даних, описано реалізацію каталогу мір якості в базі даних та місце каталогу в системі оцінювання якості геопросторових даних. Висвітлено переваги реалізації реляційної моделі бази даних електронного каталогу мір. Каталог мір подано як базовий інформаційний ресурс для систем оцінювання якості наборів геопросторових даних, оскільки він становить інформаційну базу для програм тестування відповідності наборів даних технічним вимогам та формування метаданих про якість.*

**Ключові слова:** *якість, набір даних, міри якості, електронний каталог, геопросторові дані, оцінювання.*

**Вступ.** Міра якості є кількісною характеристикою елементів та піделементів якості геопросторових даних. Уніфікацію мір якості здійснюють з метою досягти сумісності та порівнюваності кількісної інформації про якість різних наборів даних. Однією з основних вимог до мір якості є однозначність їх визначення та коректність методів обчислення. Для виконання цього завдання потрібно створити публічні каталоги мір якості, доступні користувачам в мережі Інтернет, що містили б вичерпний опис мір якості, на які будуть посилатися метадані про якість та звіти про оцінювання якості геопросторових даних.

**Аналіз останніх досліджень та публікацій.** У проекті ISO/DIS 19157:2011 уміщено набір стандартизованих мір якості, які дають змогу оцінювати практично всі кількісні елементи та піделементи якості геопросторових даних. Базові міри якості згруповані у два класи:

- 1) міри, що базуються на підрахунку помилкових або правильних об'єктів;
- 2) міри, що базуються на моделюванні невизначеності вимірювань за статистичними методами.

У першому класі розрізняють шість базових мір якості, що ґрунтуються на різних методах оцінювання кількості помилкових чи правильних об'єктів, а саме: індикатор помилки («так» або «ні»), індикатор правильності, кількість помилок, кількість правильних об'єктів, відсоток помилок, відсоток правильних об'єктів.

Числові дані, отримані в результаті вимірювань, мають певну точність, а тому для оцінювання ступеня невизначеності якоїсь вимірної величини рекомендується використовувати статистичні методи.

У міжнародному стандарті ISO 19138 та в проекті ISO/DIS 19157 застосування базових мір якості конкретизовано для усіх кількісних елементів та піделементів якості геопросторових даних (ГД), що в підсумку дало змогу ідентифікувати понад 80 окремих мір якості. З розвитком застосування ГІС вимоги до якості ГД постійно зростають, тому природним є розроблення додаткових мір якості.

Нині в Україні немає єдиного стандартизованого електронного каталогу, відповідного до сучасного стану геоінформатики й вимог оцінювання та дотримання якості геоінформаційної продукції.

**Виклад основного матеріалу.** У роботі розглянуто принципи формування, структуру і склад електронного каталогу мір якості геопросторових даних. Каталог містить опис мір якості, інформація про які надходить за кожним запитом, коли це потрібно, замість повторного опису мір у звітах про якість та в метаданих.

*Призначення та сфера застосування електронного каталогу.* Мета каталогізації мір якості – забезпечити оцінювання якості наборів геопросторових даних на основі єдиних критеріїв та рівноцінне порівняння ГД різного походження та сфери застосування.

Електронний каталог мір якості призначений для використання на всіх етапах життєвого циклу геопросторових даних, а саме: розроблення технічних вимог та проектування баз геопросторових даних, створення та використання наборів ГД, оцінювання якості геопросторових даних у процесі їх виробництва, постачання і використання за принципами і процедурами, визначеними в серії міжнародних стандартів ISO 19110 [8].

Каталог мір якості доцільно створювати як логічну складову загального каталогу класів просторових об'єктів з їх атрибутами, доменами та зв'язками. В такому комплексному каталозі фактично задають концептуальну модель наборів геопросторових даних, обмеження щодо цілісності даних, а для кожного класу визначають міру для оцінювання всіх елементів якості – повноти, логічної узгодженості, точності місцеположення, тематичну часову точність.

Каталог мір фактично є базовим інформаційним ресурсом для систем оцінювання якості наборів геопросторових даних, оскільки він становить інформаційну базу для програм тестування відповідності наборів даних технічним вимогам та формування метаданих про якість (рис.1).



Рис.1. Схема використання електронного каталогу мір якості даних

Структура та склад електронного каталогу. Відповідно до стандарту ISO 19157:2013 кожна міра якості описується такими компонентами: ідентифікатор міри, назва, псевдонім, назва елемента, базова міра, визначення, опис, параметр, тип значення, структура значення, посилання на джерело, приклад (рис.2).

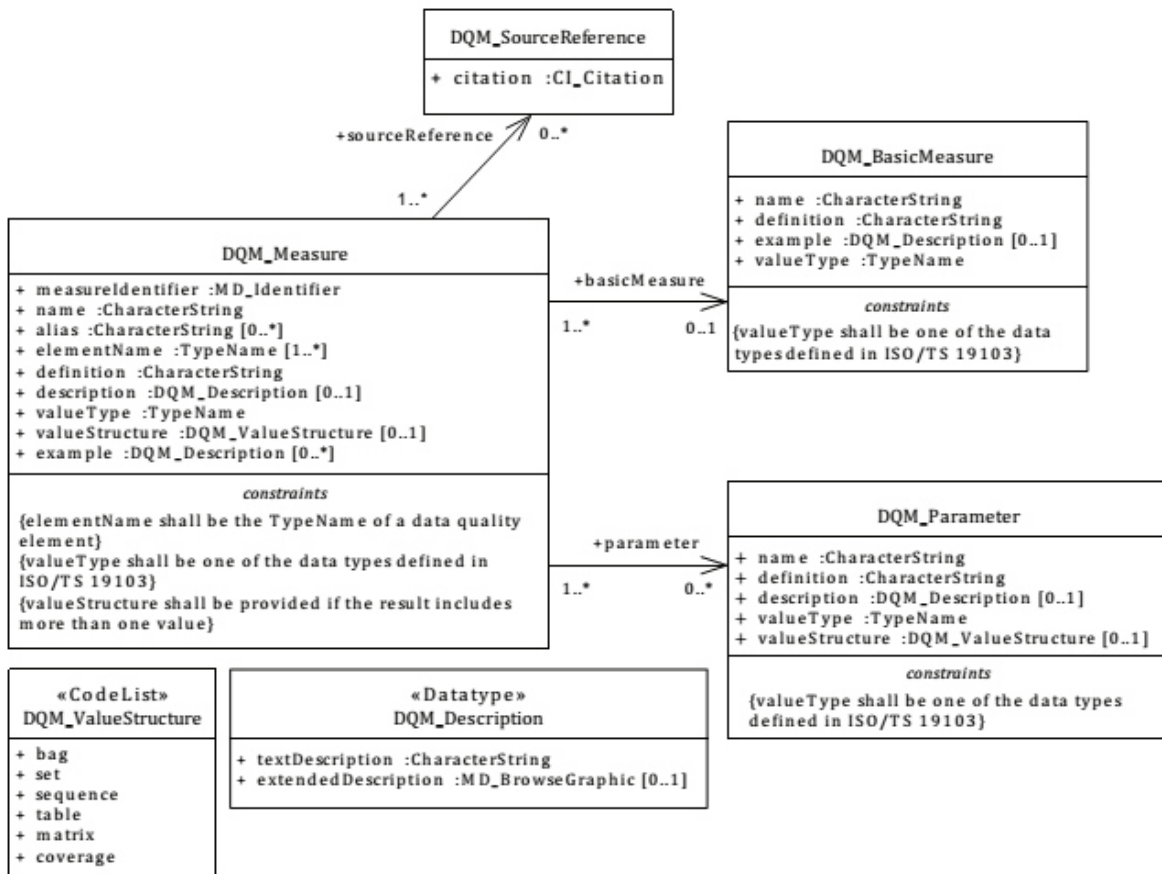


Рис.2. UML –діаграма електронного каталогу мір якості даних за ISO 19157:2013

*Ідентифікатор міри* однозначно ідентифікує міру якості в просторі імен.  
*Назва* – це ім’я міри, яке обрано відповідно до характеру міри.

*Псевдонім* – інша назва, коротке ім'я або аббревіатура міри.

*Назва елемента* – ім'я елемента якості даних, до якого застосовується міра. Може бути більше, ніж одна назва елемента.

*Базова міра*. Якщо міра базується на одній з базових мір, то повинна бути вказана її назва, визначення і тип значення. Основні міри ідентифікуються за їх іменами.

*Визначення* – фундаментальне поняття міри.

*Опис* є описом міри, зокрема методів розрахунку з усіма формулами та ілюстраціями, потрібними для розуміння цієї міри. Якщо міра використовує концепцію помилки, слід зазначити, як класифікується неправильний елемент, коли якість може бути представлена лише у вигляді правильного або неправильного елемента.

*Параметр* – допоміжна змінна, яку використовує міра якості. Вона повинна містити ім'я, визначення та тип значення.

*Тип значення* – тип даних, який використовується для представлення значення міри.

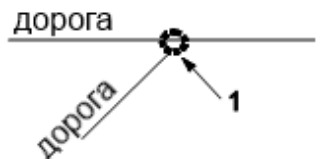
*Структура значення*. Результат може складатися з кількох значень. У таких випадках результат повинен бути структурованим.

*Посилання на зовнішнє джерело*, яке містить інформацію про певну міру якості.

*Приклад* - зразок застосування та отриманий результат міри якості (таблиця).

Таблиця

Приклад опису міри якості геопросторових даних

№	Компонент	Опис
1	Ідентифікатор	23
2	Назва	кількість відсутніх з'єднань (тип 1) (number of missing connections due to undershoots)
3	Псевдонім	недотягування
4	Назва елемента	топологічна узгодженість
5	Базова міра	кількість помилок
6	Визначення	кількість елементів у наборі даних, які в межах допуску не узгоджуються з причини меншої довжини початкового/кінцевого відрізка, ніж належна довжина кінцевого/початкового відрізка полілінії (недоводу)
7	Опис	-
8	Параметр	радіус пошуку від кінця висячої лінії
9	Тип значення	ціле
10	Структура значення	-
11	Посилання на джерело	-
12	Приклад	 <p>Легенда 1 - радіус пошуку = 3 м</p>

Поняття узгодженості, або цілісності, даних є ключовим поняттям баз даних. Фактично база даних підтримує узгоджене збереження даних на основі оголошеної в схемі бази даних цілісності: посилальної, доменної, а для баз топографічних даних характерний

новий тип цілісності схем бази даних – топологічна узгодженість просторової моделі. Посилальна цілісність бази даних забезпечується відношенням між двома таблицями сутностей на рівнях первинних зовнішніх ключів, а також правилами ведення нових або оновлення та вилучення наявних записів. Доменна цілісність задається як обмеження інтервалу значень для кожного атрибута. Топологічна цілісність має задаватися сукупністю правил топологічної узгодженості геометричних елементів просторової схеми на трьох рівнях: 1) окремих екземплярів об'єктів; 2) об'єктів одного класу; 3) об'єктів різних класів.

Електронний каталог мір якості реалізований у вигляді реляційної бази даних в СКБД PostgreSQL та описаний з використанням спеціалізованої мови на основі синтаксису стандарту XML – мови.

Реалізація моделі реляційної бази даних електронного каталогу мір якості дає суттєві переваги: одночасний доступ до каталогу мір багатьох користувачів, можливість роботи в режимі «клієнт-сервер», забезпечення сумісності різних додатків (формування технічних вимог, специфікації, звіту про оцінювання якості, метаданих якості) і методів доступу до них. Накладання обмежень на набори геопросторових даних з використанням каталогу мір якості забезпечує концептуальну цілісність бази даних набору.

**Висновки.** Зважаючи на міжгалузевий характер виробництва й використання геопросторових даних, показники, міри й методи оцінювання якості мають бути уніфіковані. Методологічною основою такої уніфікації є міжнародні стандарти серії ISO 9002 в загальних питаннях управління якістю продукції та серії ISO 19100 в аспектах якості геоінформаційної продукції.

Електронний каталог становить основу для формалізації й автоматизації процесів оцінювання якості наборів геопросторових даних, їх відповідності, сумісності та повноти.

Реалізація моделі реляційної бази даних електронного каталогу мір якості у вигляді окремого сервісу дасть змогу використовувати такий каталог в середовищах різноманітних інструментальних ГІС для формування технічних вимог, специфікацій, метаданих та звітів про оцінювання якості.

## СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Карты цифровые топографические. Требования к качеству: ГОСТ Р 51608-2000. – М.: Изд-во стандартов, 2000. – 137 с.
2. Системи управління якістю. Основні положення та словник: ДСТУ ISO 9000-2001. – [Чинний від 2001-10-01]. – К.: Держстандарт України, 2001. – 33 с.
3. Карпінський Ю. О. Концептуальні засади оцінювання та забезпечення якості геопросторових даних / Ю. О. Карпінський, А. А. Лященко, М. В. Горковчук // Вісник геодезії і картографії. – 2012. – №4. – С. 33-42.
4. Картографічне та геоінформаційне забезпечення Всеукраїнського перепису населення 2013р. / Ю. О. Карпінський, А. А. Лященко, Р.І. Сосса [та ін.] // Вісник геодезії і картографії. – 2012. – №6. – С. 25-32.
5. Класифікатор інформації, яка відображається на топографічних картах масштабів 1:10 000, 1:25 000, 1:50 000, 1:100 000, 1:200 000, 1:500 000, 1:1000 000. – Затверджений начальником Головного управління геодезії, картографії та кадастру при Кабінеті Міністрів України в 1998 р. і погоджений з начальником Центрального топографічного управління Генерального штабу Збройних сил України.

6. Лященко А.А. Онтологічний підхід до створення каталогу бази топографічних даних / А.А. Лященко, Р.М. Рунец // Інженерна геодезія – К.: КНУБА, 2008. – Вип. 54. – С. 116 – 123.
7. Guidelines for Implementing the ISO 19100 Geographic Information Quality Standards in National Mapping and Cadastral Agencies. EuroGeographics Expert Group on Quality /Edited by Antti Jakobsson, Jørgen Giversen. – EuroGeographics – 2007. – 68 p.
8. ISO 19110: 2005(E) Geographic information – Methodology for feature cataloguing. – ISO TC 211, 2005 – 55 p.
9. ISO/DIS 19157: Geographic information – Data quality. – ISO TC 211, 2011.
10. ISO/IEC 13249-3:2002 FDIS. Informational technology – Database languages – SQL Multimedia and Application Packages – Part 3: Spatial, 2-nd edition, 2002.

### REFERENCES

1. GOST R 51608-2000. Karty teifrovie topograficheskie. Trebovanija k katchestvu [Digital topographic maps. Quality requirements]. – М.: «Izdatel'stvo standartov», (2000).
2. DSTU 90000-2001. Systemy upravlinnja jakistu. Osnovni polojennja ta slovník [ISO 9000-2001. Quality Management System. Basic terms and vocabulary]. – К.: Derjstandart Ukrainy, (2001).
3. Karpinskii O.U., Ljashenko A.A., Sossa R.I., Fedunkin O.M., Forosenko J.V., Horkovchuk M.V. (2012). *Kontseptualni zasady otcinuvannja ta zabezpechennja jakosti geoprostorovih danih [Conceptual foundations of evaluation and quality assurance of geospatial data]*. Kyiv: Visnyk geodezii i kartografii.
4. Karpinskii O.U., Ljashenko A.A., Sossa R.I., Fedunkin O.M., Forosenko J.V., Horkovchuk M.V. (2012). *Kartografichne ta geoinfirmacijne zabezpechennja Vseurainskogo perepysu naselennja 2013 rik [Cartographic and GIS software nationwide census in 2013]*. Kyiv: Visnyk geodezii i kartografii.
5. Classifier of information, which displayed on topographic maps scales 1:10 000, 1:25 000, 1:50 000, 1: 100 000 1200000 1500001: 1000000. -Approved by the Chief of Geodesy, Cartography and Cadastre of the Cabinet of Ministers of Ukraine in 1998 and agreed with the chief of the Central Directorate of the General Staff of the Armed Forces of Ukraine.
6. Ljashenko A.A., Runez R.M. (2008). *Ontologiczny pidhit do stvorenja katalogu bazy topographichnyh danih*. [Ontological approach to create a catalog of topographic database]. Kiev: Ingenerna geodezia.
7. Guidelines for Implementing the ISO 19100 Geographic Information Quality Standards in National Mapping and Cadastral Agencies. EuroGeographics Expert Group on Quality. Edited by Antti Jakobsson, Jørgen Giversen. EuroGeographics. (2007).
8. ISO 19110: 2005(E) Geographic information. Methodology for feature cataloguing. ISO TC 211, (2005).
9. ISO/DIS 19157: Geographic information. Data quality. ISO TC 211, (2011).
10. ISO/IEC 13249-3:2002 FDIS. Informational technology. Database languages. SQL Multimedia and Application Packages. Part 3: Spatial, 2-nd edition, (2002).

**М.В. Горковчук**

## **СТРУКТУРА И ФУНКЦИИ ЭЛЕКТРОННОГО КАТАЛОГА МЕР КАЧЕСТВА ГЕОПРОСТРАНСТВЕННЫХ ДАННЫХ**

*Рассмотрены структура и функции электронного каталога мер качества геопространственных данных, описано реализацию каталога мер качества в базе данных и место каталога в системе оценивания качества геопространственных данных. Приведены преимущества реализации реляционной модели базы данных электронного каталога мер. Каталог мер подано как базовый информационный ресурс для систем оценивания качества наборов геопространственных данных, поскольку он составляет информационную базу для программ тестирования соответствия наборов данных техническим требованиям и формирования метаданных о качестве.*

**Ключевые слова:** *качество, набор данных, меры качества, электронный каталог, картографические данные, оценка.*

**M. Gorkovchuk**

## **STRUCTURE AND FUNCTION OF AN ELECTRONIC CATALOG MEASURES OF QUALITY GEOSPATIAL DATA**

*In this article considered the structure and functions of the electronic catalog of measures of quality geospatial data in the directory, describes the implementation of the directory of measures of quality in the database and place of it in the system of evaluation of quality geospatial data. Cataloging of quality measures intended to provide the evaluation of quality geospatial data sets based on common criteria and an equivalent comparison geospatial data of different origin and scope.*

*Electronic catalog of quality measures is appointed for use at all stages of the life cycle of geospatial data, which are advisable to create like a logical component of the global directory of classes of spatial objects with their attributes, domains and links.*

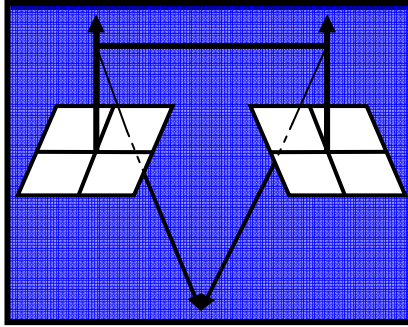
*Catalogue of measures are given as a basic resource for evaluating the quality of spatial data sets, because it include the information base for software testing datasets accordance with the technical requirements and it forms the metadata about the quality. Here are shown the advantages of implementing a relational database model electronic catalog of measures.*

*Electronic catalog is the basis for the formalization and automatization of evaluation's quality processes of geospatial data sets, conformance, compatibility and completeness.*

**Keywords:** *quality set of data, quality measures, electronic catalog, geospatial data, evaluation.*

Надійшла до редакції

25.12.2013.



## ФОТОГРАММЕТРІЯ ТА ДИСТАНЦІЙНЕ ЗОНДУВАННЯ ЗЕМЛІ

УДК 528.32:504.57

Д.А.Казаченко, *наук.співроб.*, здобувач кафедри  
земельного проектування  
Харківський національний аграрний  
університет ім. В.В. Докучаєва

### ТРИВИМІРНІ МОДЕЛІ ПРОГНОЗУВАННЯ РОЗВИТКУ ДЕГРАДАЦІЙНИХ ПРОЦЕСІВ ҐРУНТОВОГО ПОКРИВУ В ХАРКІВСЬКІЙ ОБЛАСТІ

*Сучасні геоінформаційні технології дають змогу забезпечити постійний контроль спостереження за об'єктами негативного антропогенного впливу на довкілля - моніторинг шляхом створення потрібної комп'ютерної бази даних. За допомогою космічних знімків великого масштабу можна побачити розвиток ерозійних процесів певної земельної ділянки і за певного їх масштабування визначити розміри розвитку ерозії ґрунту, а також приблизну площу її поширення. Сучасне програмне забезпечення дає змогу спрогнозувати подальший розвиток негативних руйнівних процесів ґрунтового покриття і оптимізувати землекористування.*

**Ключові слова:** *тривимірні моделі розвитку, геоінформаційні технології, антропогенне навантаження на довкілля, руйнівні ерозійні процеси ґрунту, космічні знімки, деградація ґрунтового покриття.*

**Вступ.** Можливості новітніх супутникових технологій, застосування найсучасніших геоінформаційних систем та систем дистанційного зондування земель, є дуже важливим чинником у найрізноманітніших сферах, зокрема у виявленні деградаційних процесів ґрунтового покриття. Сучасне програмне забезпечення дає змогу спрогнозувати негативні явища та запобігти процесам антропогенного впливу на довкілля. У законах України, таких як «Про охорону земель», «Про моніторинг», «Про державний контроль за використанням і охорону земель» йдеться про охорону тих земель, що потребують особливої уваги з боку держави. Такими землями є деградовані землі, ерозійно небезпечні ділянки, малопродуктивні угіддя та ін.

**Аналіз останніх досліджень та публікацій.** Застосування ГІС-технологій та систем наземного базування і ДЗЗ для вирішення проблем моніторингу довкілля розглянуто в літературі [1-3], створення центру космічного моніторингу екологічного стану довкілля висвітлено в матеріалах наради [4].



**Постановка завдання.** Для вирішення питань моніторингу довкілля, виявлення процесів деградації ґрунтового покриву, своєчасного реагування для прийняття управлінських рішень потрібна своєчасна інформація.

**Виклад основного матеріалу.** Для здійснення природоохоронної діяльності в системі землеустрою, встановлення контролю за використанням земель сільськогосподарського призначення потрібні постійні спостереження. Потрібно мати базу даних для поповнення періодичної інформації, виявлення динаміки будь-яких процесів. Повний пакет різних інформаційних шарів повинні мати управлінці різного рангу – органи місцевого самоврядування, й органи контролю за використанням та охорони земель для ухвалення управлінських рішень. Інформація на електронних носіях – цифрові електронні карти місцевості, космічні знімки, аерофотознімки – дає змогу вести постійні спостереження – моніторинг, це особливо важливо щодо земель, на яких відбуваються негативні руйнівні та деградаційні процеси. Для одержання певної інформації потрібно весь час заносити до бази даних геодезичні координати окремих земельних ділянок або їх груп, які потребують періодичного контролю, визначати їх межі, площу. Цього можна досягти, розробивши детальний план території за допомогою геодезичного знімання об'єктів та інформацію космічного базування. Якщо ця інформація є в різних інформаційних шарах, то для моніторингу довкілля потрібно вносити ці данні в спеціальну базу.

Об'єктом нашого дослідження були земельні масиви сільськогосподарського використання з руйнівними процесами ґрунтового покриву. Мета дослідження – за даними багаторічних спостережень – геодезичного детального вертикального знімання – отримати координати меж земельного масиву з розвитком ерозійних процесів та скласти прогноз щодо цього негативного явища. На космічному знімку оглядової кадастрової карти (рис. 1) нами виявлено земельні масиви з наявними руйнівними ерозійними процесами на сільськогосподарських землях, які постійно поширюються і щороку площа ріллі зменшується, отже, зменшується здатність товаровиробника отримувати продукцію.

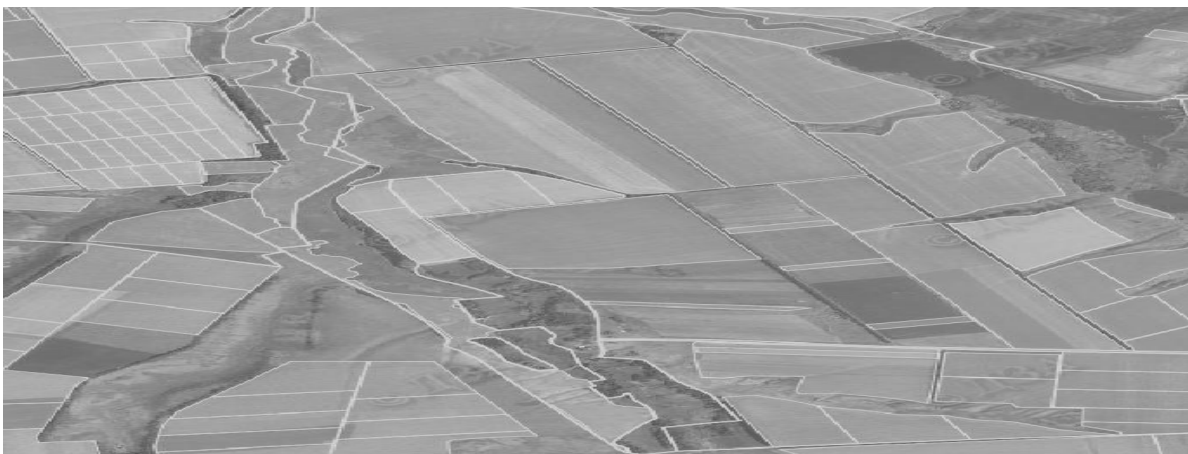


Рис. 1. Земельні масиви з розвитком деградаційних процесів на космічному знімку

Для спрогнозування подальшого розвитку руйнації ґрунтового покриву земель сільськогосподарського використання, які перебувають у власності громадян і передані в оренду землекористувачам для здійснення підприємницької діяльності – товарного сільськогосподарського виробництва – потрібно було провести аналіз і розробити модель

поширення руйнівних процесів. За допомогою космічних знімків виявлено земельні масиви, які потребують особливої уваги і здійснення протиерозійної організації території.

Вертикальне знімання місцевості для виявлення розвитку ерозії ґрунту проводилося раз на рік – восени протягом п'яти років (2009-2014). За даними спостережень виявлено поширення деградаційних процесів ґрунтового покриву – розростання яружно-балкової системи.

Для виявлення реальної картини деградації об'єкта було виконане детальне геодезичне знімання цієї території, визначено розміри земельного масиву, його загальну площу. За допомогою сучасного високоточного геодезичного обладнання – електронного тахеометра і GPS-приймача швейцарської фірми Leica здійснено координування кожної поворотної точки окремої земельної ділянки для отримання інформації про ступінь деградації ґрунтового покриву.

У процесі комп'ютерної обробки результатів геодезичних вимірів за допомогою сучасних геодезичних програм ми одержали координати земельного масиву, координати об'єктів деградації кожної земельної ділянки. Виявлено, що площа руйнівного об'єкта за 5 років збільшилася, а площа ріллі – зменшилася.

За результатами виконаних робіт ми побудували картографічне зображення ерозійних процесів різних років і модель розвитку деградаційних процесів руйнування поверхневого шару ґрунту, результати оформили в таблиці.

За даними багаторічних спостережень – вертикального і горизонтального геодезичних знімань території – створено базу даних шляхом обробки геодезичних даних і внесення до відповідних комп'ютерних програм. За допомогою програмного забезпечення отримано тривимірну модель розвитку деградації ґрунтового покриву – поширення ерозійних процесів (рис. 2,3).

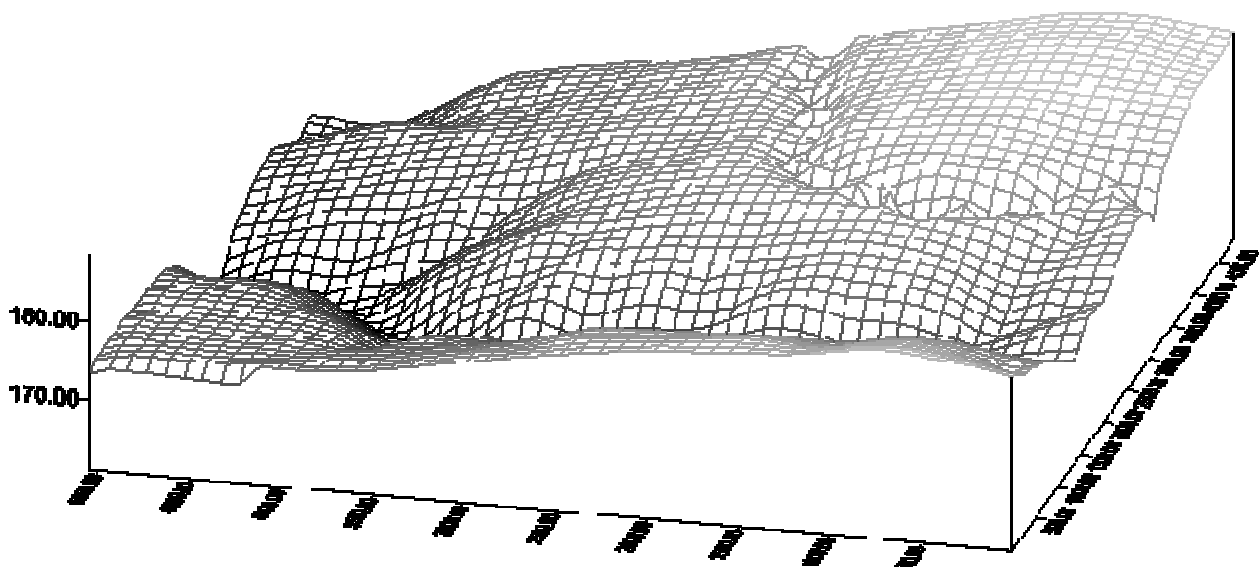


Рис. 2. Побудова тривимірної моделі місцевості з проявами розростання ерозійних процесів

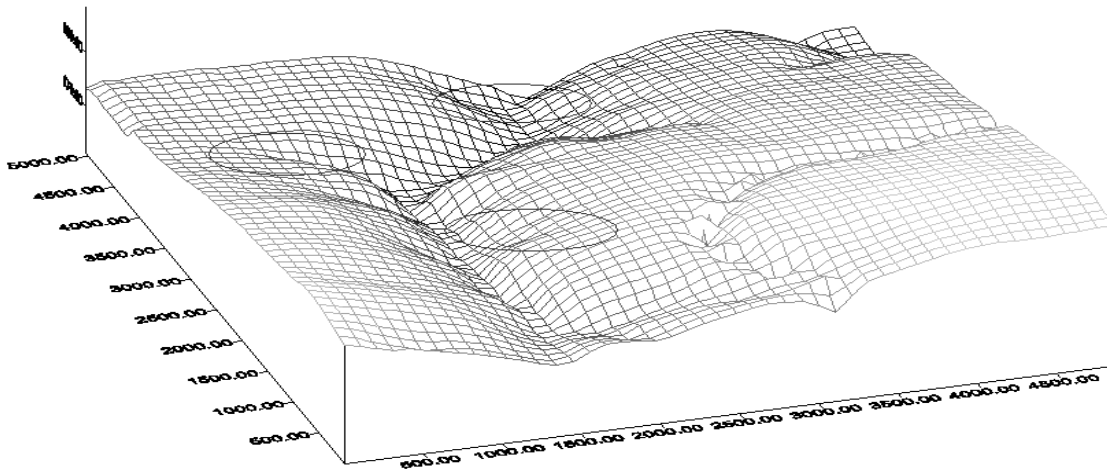


Рис.3. Тривимірна модель розвитку процесів деградації ґрунтового покриву (помітні зміни в рельєфі: намитість і поглиблення ерозії)

Такі прояви руйнівних процесів ґрунтового покриву потрібно вносити до бази даних державного земельного кадастру через районні відділи (управління) Держземагентства для періодичної інформації про земельні ділянки, що є ерозійно небезпечними та потребують охорони з боку держави. До бази даних державного земельного кадастру вносять певні дані про земельну ділянку, про землевласника та землекористувача, визначають межу за геодезичними координатами, зазначають категорію земель та їх цільове призначення відповідно до правовстановлюючих документів на земельну ділянку, якими є державний акт, що посвідчує право власності, договір оренди землі, державний акт постійного користування земельною ділянкою.

Сучасні геоінформаційні технології дають змогу забезпечити потрібний постійний контроль спостереження об'єкта шляхом створення потрібної комп'ютерної бази даних. За допомогою використання космічних знімків крупного масштабу можна побачити розвиток ерозійних процесів певної земельної ділянки і за певномасштабування космічного знімку встановити розміри земельних ділянок, а також їх приблизну площу.

Можна також побачити характер використання земельної ділянки, наприклад, несанкціоноване сміттєзвалище, самовільно виритий ставок чи самовільну забудову, кар'єри корисних копалин тощо.

Під час космічного базування встановлюється система спостережень за різними наземними об'єктами або розвитком процесів. В аграрній галузі за допомогою космічного знімання можна визначити розміри засіяного поля, поля під бур'янами, розміри лісосмуг, польових шляхів, тобто можливості ДЗЗ дуже великі.

Нашими дослідженнями встановлено розміри і площу масиву деградованих земель на території Харківської області, отримано картографічне зображення території дослідження та побудовано тривимірну модель розвитку ерозійних процесів.

Дешифрування космічних знімків дає можливість виявити об'єкти деградації ґрунтового покриву. У результаті накладання на растр електронної цифрової карти ми одержали растрове зображення місцевості з нанесенням визначуваного земельного

масиву. Космічний знімок ми привели до масштабу плану земельного масиву і одержали космічне зображення масиву, яке майже не відрізнялося за розмірами і площею.

Для ухвалення управлінських рішень про надання земельної ділянки у власність або користування на умовах оренди та її подальшого цільового кожного управлінцю потрібна інформація щодо місцезнаходження земельної ділянки. На космічному знімку шляхом введення геодезичних координат земельної ділянки можна побачити точне місцезнаходження об'єкта та її цільове використання. Така інформація потрібна також для надання кадастрового номера земельній ділянці під час оформлення прав власності та користування.

**Висновки.** 1. За даними космічних знімків і наземного геодезичного знімання отримано інформацію про зміну координат меж земельного масиву з розвитком ерозійних процесів, процеси ерозії поширювалися, площа ріллі зменшувалася.

2. За створеною базою даних за допомогою програмного забезпечення побудовано тривимірну модель прогнозування розвитку ерозійних процесів.

3. Метод одержання певної інформації про визначувані об'єкти деградованих земель з використанням сучасних ГІС – технологій, ДЗЗ є найбільш точним, швидким, економічним. Можливості супутникових технологій мають бути широко використовувані під час ухвалення управлінських рішень у найрізноманітніших галузях.

#### СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Коваль А.М., Довжик Т.Є., Вакарчук С.Г. Застосування дистанційних досліджень і ГІС-технологій в процесі пошуку нових родовищ вуглеводнів на території Харківщини / А.М. Коваль, Т.Є. Довжик, С.Г. Вакарчук // Матеріали наради «Можливості супутникових технологій і сприяння вирішенню проблем Харківщини». – Харків, 2009. – С.69-71.

2. Красовський Г.Я., Трофимчук О.М. Інформаційні системи тематичної обробки геоданих в завданнях моніторингу довкілля і природних ресурсів на регіональному рівні / Г.Я. Красовський, О.М. Трофимчук // Матеріали наради «Можливості супутникових технологій і сприяння вирішенню проблем Харківщини». – Харків, 2009. – С.65-68.

3. Клепфер Є. Можливості визначення відносного місцеположення з міліметровою точністю / Є. Клепфер, В. Іванов, В. Антонюк [та ін.] // Зб. наукових праць «Сучасні досягнення геодезичної науки та виробництва». – Львів, 2004. – С. 384-390.

4. Бурдаков С.Н. Создание регионального центра космического мониторинга экологической обстановки и контроля хозяйственной деятельности Харьковской области / С.Н. Бурдаков, А.Б. Данилин [и др.] // Матеріали наради «Можливості супутникових технологій і сприяння вирішенню проблем Харківщини». – Харків, 2009. – С. 75-78.

#### REFERENCES

1. Koval A.M., Dovzhyk T.Ye., Vakarchuk S.H (2009) Zastosuvannya dystantsiynykh doslidzhen i HIS-tekhnologiy v protsesi poshuku novykh rodovyshch vuhlevodniv na terytoriyi Kharkivshchyny [Application of remote sensing and GIS-technology in the process of sourcing for new deposits of hydrocarbons in Kharkiv region] – Materialy narady “Mozhlyvosti suputnykovykh tekhnologiy i spryyannya vyrishennyu problem Kharkivshchyny” - Materials of

the meeting “Possibilities of satellite technology and contribution solution for Kharkov’s problems” (pp. 69-71). Kharkiv [in Ukrainian].

2. Krasovskyy H.Ya., Trofymchuk O.M. (2009) Informatsiyni systemy tematychnoyi obrobky heoddanykh v zavdannyakh monitorynhu dovkillya i pryrodnykh resursiv na rehionalnomu rivni [Information systems of thematic geodata processing problems in environmental monitoring and natural resources at the regional level] Materialy narady “Mozhlyvosti suputnykovykh tekhnolohiy i spryyannya vyrishennyu problem Kharkivshchyny” – Materials of the meeting “Possibilities of satellite technology and contribution solution for Kharkov’s problems”. (pp. 65-68). Kharkiv [in Ukrainian].

3. Klepfer Ye., Ivanov V., Antonyuk V. (2004) Mozhlyvosti vyznachennya vidnosnoho mistsepolozhennya z milimetrovoyu tochnistyu [Possibilities of determining the relative location with millimeter accuracy] Suchasni dosiahnennia geodezychnoi nauky ta vyrobnytstva - Modern achievements of geodetic science and industry, (pp. 384 – 390). Lviv: Lvivska Politekhnika [in Ukrainian].

4. Burdakov S.N., Danylyn A.B. (2009) Sozdanye rehyonalnoho tsentra kosmycheskoho monitorynha ekolohycheskoy obstanovky y kontrolya khozyaystvennoy deyatelnosti Kharkovskoy oblasti [Creating a regional center of space monitoring and control of environmental conditions and economic activity of Kharkiv region] Materialy narady “Mozhlyvosti suputnykovykh tekhnolohiy i spryyannya vyrishennyu problem Kharkivshchyny” - Materials of the meeting “Possibilities of satellite technology and contribution solution for Kharkovs problems”. (pp. 75-78). Kharkiv [inRussian].

**Д.А. Казаченко**

### **ТРЕХМЕРНЫЕ МОДЕЛИ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ РАЗВИТИЯ ДЕГРАДАЦИОННЫХ ПРОЦЕССОВ ПОЧВЕННОГО ПОКРОВА В ХАРЬКОВСКОЙ ОБЛАСТИ**

*Современные геоинформационные технологии позволяют обеспечить постоянный контроль наблюдения за объектами негативного антропогенного влияния на окружающую среду – мониторинг путём создания необходимой компьютерной базы данных. С помощью космических снимков крупного масштаба есть возможность наблюдать развитие эрозионных процессов определённого земельного участка и при детальном их масштабировании можно установить размеры развития эрозии почвенного покрова, а также приблизительную площадь её распространения. Современное программное обеспечение позволяет с помощью построения трехмерной модели исследуемого пространства спрогнозировать дальнейшее развитие негативных разрушительных процессов почвенного покрова и оптимизировать землепользование.*

**Ключевые слова:** *трехмерные модели развития, геоинформационные технологии, антропогенная нагрузка на окружающую среду, разрушительные эрозионные процессы почвы, космические снимки, деградация почвенного покрова.*

D.A. Kazachenko

**3D-MODEL OF FORECASTING THE DEVELOPMENT OF SOIL  
DEGRADATION PROCESSES IN KHARKIV AREA**

*Modern GIS technology can provide permanent monitoring of surveillance per property negative impact on the environment - monitoring by creating the necessary computer database. With the help of satellite images of large scale it is possible to observe the development of a certain erosion of the land and a detailed their scaling can set the size of the development of soil erosion and the approximate area of its distribution. Modern software allows by constructing three-dimensional models of the space to predict the further development of negative destructive processes of soil and optimize land use.*

**Key words:** *3D-model of development, geoinformational technologies, human pressure on the environment, devastating soil erosion, satellite data, degradation of soil cover.*

Надійшла до редакції

6.11.2013.

УДК 528. 72.96

**Л.М.Казаченко**, канд. техн. наук, доцент кафедри  
землепорядного проектування  
**Д.А.Казаченко**, наук. співроб., здобувачка кафедри  
землепорядного проектування  
Харківський національний аграрний  
університет ім. В.В. Докучаєва

**ЗАСТОСУВАННЯ ДАНИХ ДЗЗ З МЕТОЮ ВИЯВЛЕННЯ ДЕГРАДАЦІЇ  
ГРУНТОВОГО ПОКРИВУ ДЛЯ НАДАННЯ РЕКОМЕНДАЦІЙ  
ЩОДО РАЦІОНАЛЬНОГО ВИКОРИСТАННЯ РІЛЛІ**

*Висвітлено основні критерії застосування даних дистанційного зондування Землі з космічного простору для виявлення та швидкого реагування на процеси деградації ґрунтового покриву земель сільськогосподарського призначення, що належать власникам земельних часток (паїв) і постійно використовуються за цільовим призначенням. Розглянуто питання раціонального використання деградованих та ерозійно небезпечних земель на сільськогосподарських підприємствах Харківської області.*

**Ключові слова:** *процеси деградації ґрунтового покриву, ґрунтове обстеження, новітні ГІС-технології та ДЗЗ, відтворення родючості землі, захист від виснаження та ерозії, проекти землеустрою, сівозмінні.*

**Вступ.** Створення надійного захисту ґрунтового покриву від руйнівних процесів та відтворення родючості земель сільськогосподарського використання можливо тільки із огідь. Екологічно безпечне сільськогосподарське використання земель тільки за умови дотримання певних правил сівозміни, впорядкування угідь за наявності сучасної інформації про стан ґрунтового покриву шляхом дистанційного зондування Землі. Керівникам сільськогосподарських підприємств, органам контролю за станом земельних ресурсів, екології така інформація потрібна для раціонального використання земельних ресурсів країни.

У законі України «Про загальнодержавну програму використання і охорони земель» виділено таке поняття, як «захист земель від виснаження, деградації», у зв'язку з цим, на нашу думку, необхідно за допомогою ГІС-технологій, даних дистанційного зондування Землі з космічного простору визначити території, що потребують особливого захисту з боку держави і надати рекомендації щодо їх подальшого використання.

**Аналіз останніх досліджень та публікацій.** Наявність великої кількості наукових публікацій з питань зупинення процесів деградації ґрунтового покриву, створення стійкої системи нарощування біоресурсного потенціалу земель, збільшення питомої ваги земель з природними ландшафтами потребує осмислення і систематизації. Екологічну оцінку природних ландшафтів і біорізноманіття та охорони земель від деградації ґрунтового покриву розглянуто в ряді законодавчих актів України. [1; 2]. Автори праць [3;4] вважають, що прогнозування розвитку ерозії ґрунтів потрібно вирішувати найближчим часом. Нажаль, автори не зосереджують уваги на вирішенні проблеми за новітніми ГІС-технологіями, які мають широкий спектр можливостей.

Тимчасом у застосуванні супутникових технологій для виявлення процесів деградації ґрунтового покриву вирішальними можуть стати дані дистанційного зондування Землі (ДЗЗ) з космічного простору. За даними ДЗЗ можна прогнозувати ерозійні та деградаційні процеси ґрунтового покриву.

**Виклад основного матеріалу.** У наш час, коли землі сільськогосподарського використання є приватною власністю громадян, які переважно здають їх в оренду сільськогосподарським товаровиробникам, виникає проблема раціонального використання ерозійно небезпечних земельних ділянок. Для досягнення економічного й екологічного ефекту від використання деградованих та ерозійно небезпечних земель потрібне застосування відповідних агротехнічних заходів або виведення земель з активного обробітку шляхом консервації. З метою швидкого реагування на негативні руйнівні процеси ґрунтового покриву й ухвалення відповідних рішень потрібна правдива інформація, яку можна постійно отримувати завдяки застосуванню даних дистанційного зондування Землі та новітніх ГІС-технологій.

Основною метою нашого дослідження було виявлення ерозійних процесів на землях сільськогосподарського призначення та подальше прогнозування використання деградованих земель у сільськогосподарському виробництві із застосуванням даних ДЗЗ. Досліджені земельні масиви використовуються сільськогосподарським підприємством на умовах оренди, і ці ерозійно-небезпечні землі юридично перебувають у приватній власності громадян для ведення товарного сільськогосподарського виробництва.

Для дослідження був обраний земельний масив загальною площею 388.2239 га, інтенсивного сільськогосподарського використання. Для досягнення означеної мети ми застосували дані дистанційного зондування Землі з космічного простору. Після





та розвиток ерозійних та деградаційних процесів ґрунтового покриву. В табл. 1 відображено крутість схилів досліджуваної території.

Таблиця 1

**Технологічна характеристика полів сівозмін за крутістю схилів**

№ поля	Площа, га	Площа за крутістю схилів				
		0-1°	1-2°	2-3°	3-5°	5-7°
II-1	39,6297		14,1741	4,7119	20,7437	
II-2	59,0131	6,0853	0,9409	8,2659	43,7210	
<b>Усього II</b>	<b>98.6428</b>	<b>6.0853</b>	<b>15.1150</b>	<b>12.9778</b>	<b>64.4647</b>	
III-1	33,5474			18,2777	15,2697	
III-2	47,6887	5,0540		20,996	21,6387	
III-3	5,4616	0,5875			4,8741	
III-4	11,7797				9,6563	2,1234
<b>Усього III</b>	<b>98.4774</b>	<b>5.6415</b>		<b>39.2737</b>	<b>51.4388</b>	<b>2.1234</b>
IV-1	24,0066		24,0066			
IV-2	28,3122	16,1549		12,1573		
IV-3	15,3457	9,3547			5,9910	
IV-4	12,0041			10,2888		30.1503
IV-5	6,0795	5,5794		0,5001		
IV-6	19,0779	16,2056		2,8723		
<b>Усього IV</b>	<b>104.8260</b>	<b>47.2946</b>	<b>24.0066</b>	<b>13.6612</b>	<b>5,9910</b>	<b>30.1503</b>
<b>Усього земель</b>	<b>388.2239</b>	59.0214	39.1216	65.9127	121.8945	102.2737

Під час розроблення проектів землеустрою, що забезпечують еколого-економічне обґрунтування сівозмін та впорядкування угідь така інформація є вкрай потрібною для ухвалення проектних рішень та пропозицій щодо подальшого використання деградованих та ерозійнонебезпечних земель. На рис. 2 показано різними відтінками крутість схилу, змитість та агротехнічні групи.

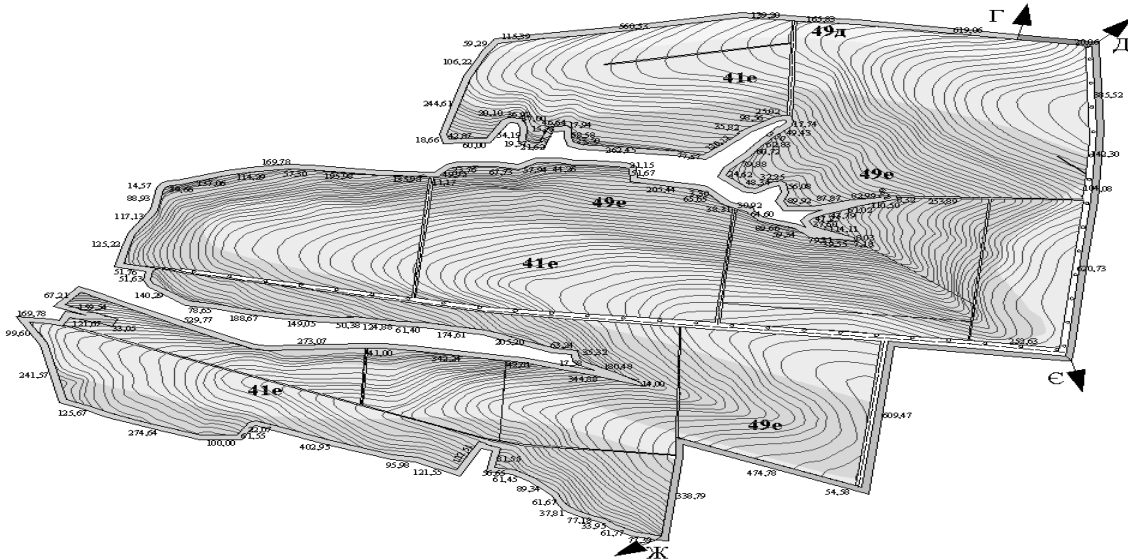


Рис.3. Картограма агровиробничих груп ґрунтів з позначенням особливостей рельєфу, шифрів агрогруп ґрунтів та виділенням займаної площі

Результати ґрунтового обстеження представлено в табл. 2 та на рис. 3. Ґрунти представлені чорноземами підзоленими слабкозмитими важко суглинковими (49e) та чорноземами підзоленими слабкореградованими та темно-сірими сильнореградованими ґрунтами важко суглинковими (41e).

Таблиця 2

**Характеристика якості ґрунтового покриву земельного масиву**

Номер п/п	Назва агровиробничих груп ґрунтів	Шифр агрогрупи ґрунтів	Площа, га	Уміст гумусу	Кислотність pH
11	Чорноземи підзолені слабко- змиті важко суглинкові	49e	169.5936	3.6	5.3
12	Чорноземи підзолені слабко-реградовані та темно-сірі сильнореградовані ґрунти важко суглинкові	41e	218.6303	3.2	5.4
	Усього		388.2239		

Під час розробки проектних рішень для отримання повної інформації зазвичай використовують застарілі матеріали ґрунтового обстеження, тоді як за роки господарювання якості ґрунтового покриву зазнала значних змін. У результаті ґрунтового та земельпорядного обстеження ми отримали дані про ґрунтовий покрив, змитість та еродованість досліджуваного земельного масиву. Потрібно було точно визначити розміщення, площу земельного масиву та ступінь еродованості ґрунту. За даними земельпорядного обстеження визначено місцезнаходження земельного масиву – поля № 2, 3, 4 першої польової сівозміни, що в північно-східній частині сільськогосподарського підприємства ТОВ «Довжик» Золочівського району Харківської області. Земельний масив межує з пасовищем та орними землями (рис. 4). Деградовані змиті землі пропонується використати у ґрунтозахисній сівозміні, решту ріллі – в польовій.



Рис.4. Проектні рішення щодо раціонального використання земель  
(стрілками напрямком обробітку ґрунту)

За допомогою даних космічного базування Землі можливо досить швидко визначити межі досліджуваних територій, визначити приблизні геодезичні координати досліджуваних територій, тим самим скоротити час проведення обстежень.

Основною метою застосування GIS-технологій та даних ДЗЗ є вчасне виявлення територій, що зазнали процесу деградації ґрунтового покриву, та можливе прогнозування поглиблення/поширення негативних явищ.

**Висновки.** 1. Виявлено земельні ділянки з деградаційними процесами ґрунтового покриву за допомогою даних ДЗЗ. Картографовано прояви деградації ґрунтів і внесено до бази даних Державного земельного кадастру.

2. Виявлено території порушених земель як приклад швидкого реагування на процеси деградації ґрунтового покриву. Виконано точний розрахунок прямих капіталовкладень в агротехнічні заходи на площу і місце, де це потрібно.

3. Надано рекомендації щодо подальшого використання земель площею 388.2239 га досліджуваного земельного масиву: 301.9462 га рекомендується для використання у польовій сівозміні для вирощування просапних культур, 86.2777 га – в ґрунтозахисній сівозміні для вирощування культур суцільного сіву.

### СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Закон України «Про охорону земель» від 19.06.2003р. №962 – IV.
2. Новаторов О.С. Еколого-економічна оцінка деградованих та забруднених земель / О.С. Новаторов // Матеріали міжнародної наук. конф. «Теорія і методи оцінювання, оптимізації використання та відтворення земельних ресурсів». – К., 2002. – С. 74-80.
3. Булигін С.Ю. Прогноз ерозії ґрунтів для цілей проектування протиерозійно упорядкованих агроландшафтів: метод. вказівки/ С.Ю. Булигін. – К.: НАУ, 2004. – 44с.
4. Кривов В.М. Екологічно безпечне землекористування лісостепу України. Проблема охорони ґрунтів/ В.М. Кривов. – К.: Урожай, 2006. – 304 с.

## REFERENCES

1. Zakon Ukrainy Pro okhoronu zemel: vid 19.06.2003 r. № 962 – IV [*Law of Ukraine on land protection from March 19, 2003, № 962 – IV*]. [in Ukrainian].
2. Novatorov O.S. (2002) Ekoloho - ekonomichna otsinka dehradovanykh ta zabrudnennykh zemel [Ecological and economic assessment of degraded and contaminated land]. Proceedings from *Mizhnarodna naukova konferentsiia «Teoriya i metody otsinyuvannya, optymizatsiyi vykorystannya ta vidtvorennya zemelnykh resursiv» - International Scientific Conference “Theory and assessment methods, optimizing the use and reproduction of land resources”* (pp. 74 – 80). Kyiv [in Ukrainian].
3. Bulyhin S.Yu. (2004) *Prohnoz eroziyi hruntiv dlya tsiley proektuvannya protyeroziyno uporyadkovanykh ahrolandshaftiv* [Prediction of soil erosion for design purposes on eroded agricultural landscapes]. Kyiv: NAU [in Ukrainian].
4. Kryvov V.M. (2006) *Ekolohichno bezpechne zemlekorystuvannya lisostepu Ukrayiny. Problema okhorony hruntiv* [Environmentally safe forestland Ukraine. The problem of soil]. Kyiv: Urozhay [in Ukrainian].

Л.М. Казаченко,  
Д.А. Казаченко

**ПРИМЕНЕНИЕ ДАННЫХ ДЗЗ ПРИ ВЫЯВЛЕНИИ ДЕГРАДАЦИИ  
ПОЧВЕННОГО ПОКРОВА ДЛЯ РЕКОМЕНДАЦИЙ ПО  
РАЦИОНАЛЬНОМУ ИСПОЛЬЗОВАНИЮ ПАШНИ**

*Освещены основные критерии применения данных дистанционного зондирования Земли из космического пространства для выявления и быстрого реагирования на процессы деградации почвенного покрова земель сельскохозяйственного использования, которые принадлежат собственникам земельных наделов (паев) и постоянно используются по целевому назначению. Рассмотрены рекомендации относительно рационального использования деградированных и эрозионно-опасных земель в сельскохозяйственных предприятиях Харьковской области.*

**Ключевые слова:** процессы деградации почвенного покрова, почвенное обследование, новейшие ГИС-технологии и ДЗЗ, возрождение урожайности земли, защита от истощения и эродированности почвенного покрова, проекты землеустройства, севообороты.

L.M.Kazachenko,  
D.A.Kazachenko

**APPLICATION OF REMOTE SENSING DATA IN DETECTING  
DEGRADATION OF SOIL COVER TO RECOMMENDATIONS  
ON RATIONAL USE OF TILLED AREA**

*This article highlights the key criteria for the use of remote sensing from space for specification and rapid response of soil degradation processes agricultural land use, which belong to the owners of land plots (shares) and are constantly used for the intended purpose.*

*Consider recommendations for the rational use of degraded and erosion dangerous land in farms of Harkovskoy area.*

**Keywords:** *degradation of soil, soil survey, the latest GIS-technology and remote sensing, the revival of productivity of land, protection from exhaustion and erosional feature of soil cover, land management projects, crop rotation.*

Надійшла до редакції

6.11.2013.

УДК 911:[631.459:528.7]

**В.М. Мельник**, д-р техн. наук, професор,  
завідувач кафедри геодезії, землевпорядкування  
та кадастру Східноєвропейського національного  
університету імені Лесі Українки

**В.П. Мендель**, асп. кафедри геодезії,  
землевпорядкування та кадастру  
Східно-європейського національного  
університету імені Лесі Українки

## **ДИСКРЕТНА ОЦІНКА ПЛОЩИННОЇ ЕРОЗІЇ ЗА МЕТОДАМИ КОРОТКОБАЗИСНОЇ ФОТОГРАММЕТРІЇ**

Запропонована методика дискретної оцінки площинної ерозії ґрунту із застосуванням методів короткобазисної фотограмметрії. Виготовлено спеціальну фотоустановку, тестовий об'єкт та здійснено їх калібрування. Розроблено методика стереознімання в польових умовах та отримано конкретні дані точності визначення об'ємів площинного змиву. Складено чіткі алгоритми фотограмметричної обробки отриманих знімків, у яких зменшено кількість обчислювальних операцій. Запропонований підхід зарекомендував себе як стійкий з огляду на значну поширеність проблеми недостатності вхідної інформації. Розглянуто елементи частотно-спектрального аналізу в ерозієзнавстві, які дають змогу виявляти мікрочастки ґрунту, найбільш піддатливі процесам ерозії. Розроблено схему аналізу поверхні досліджуваного ґрунту (класифікація вхідної інформації, обробка, отримання результатів дослідження), який зазнає ерозії. Запропоновано використовувати короткобазисну фотограмметрію як

*еталонний показник об'ємів змитого ґрунту для порівняння з багатьма відомими методами.*

**Ключові слова:** *ерозія, стереовимірювання, автокореляційна функція, короткобазисна фотограмметрія.*

**Вступ.** Сучасні ерозійні процеси (водна ерозія, дефляція) зазвичай є результатом господарського використання земель з порушенням природних умов і загальних закономірностей водного і вітрового режиму ґрунтів [1; 2]. Однією з основних причин виникнення ерозії є знищення природного рослинного покриву, погіршення інфільтраційної і водопоглинальної властивості ґрунтів та їх протиерозійної стійкості [3; 4].

Подальше поглиблене вивчення ерозійних процесів потребує застосування нових, сучасніших методів і технологій дослідження [6; 7]. Дієві та рішучі заходи для відновлення і збереження навколишнього середовища – одне з актуальних завдань сьогодення [6]. В цьому аспекті можуть бути успішно використані найновіші досягнення у сфері прикладної фотограмметрії, зокрема для отримання точної кількісної інформації [8].

Тема статті відповідає загальнодержавній концепції «Національної програми охорони земель» та тісно пов'язана з темою: «Дослідження сучасного стану та розробка засобами ГІС-технологій і РЕМ-мікроскопії засад раціонального © В.М. Мельник, В.П. Мендель, 2014 -деградованих земель Волинської височини», цезії, землевпорядкування та кадастру Волинського національного університету ім. Лесі Українки.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Дослідження водної та вітрової ерозії ґрунтів методами прикладної фотограмметрії, що мають важливе практичне значення, висвітлювалося багатьма авторами [9; 10]. При цьому особливу увагу приділено застосуванню різних теоретичних підходів, неоднакового обладнання, різноманітних методів камеральної обробки та інтерпретації отриманих результатів [11; 12]. Серед відомих публікацій учених України, Росії та інших зарубіжних країн слід відмітити особливо важливі, що належать авторам, чії результати видаються найвагомішими і найцікавішими, зокрема такими як С.Ю. Булигін, О.О. Світличний, В.М. Мельник, М.Т. Процик, Ю.М. Трунін, А.Ф. Варфоломєєв, І.М. Нетребіна та ін. Комплексне використання досліджень різнопланових напрямів дає змогу формувати методіку ведення захисних робіт, основу на будь-яких рівнях організації сільськогосподарських угідь [13; 14].

**Постановка завдання.** Мета дослідження – розроблення теоретико-методологічних засад оцінювання площинного змиву ґрунту в дискретних точках (площа близько 1 м<sup>2</sup>). Для цього потрібно було виготовити спеціальну фотоустановку та тестовий об'єкт; виконати їх калібрування; розробити методіку стереознімання в польових умовах та отримати кількісні характеристики точності такого методу; розробити оригінальну теоретичну основу частотно-спектрального аналізу цифрових моделей нанорельєфу стокових майданчиків.

**Виклад основного матеріалу.** Теоретичні основи фотограмметричної обробки неметричних знімків в проєктивних координатах. Теоретично цей метод був розроблений доцентом Ю.М. Труніним [15]. У подальшому наведемо деякі доповнення.

Фотограмметричну обробку знімків зазвичай виконують в декілька етапів. Пропонуємо виконувати обчислення в такій послідовності.

*I. На першому етапі* слід визначити координати точок фотографування  $(X_S, Y_S, Z_S)$  і коефіцієнти проєктивних перетворень  $\gamma_1$  і  $\gamma_2$ . Для цього потрібно знати шість опорних точок в предметній координатній системі, які не лежать в одній площині.

Напрямки (вектори) на три з них вибирають як координатний базис, а решту векторів можна розкласти за цими напрямками згідно з виразом

$$\rho_i \bar{r}_i = A_1 \xi \bar{R}_1 + A_2 \eta \bar{R}_2 + A_3 \zeta \bar{R}_3 \quad (1)$$

де  $\xi, \eta, \zeta$  – однорідні проєктивні координати поміряних на знімку опорних точок:

$$\xi = \frac{\bar{r}_2 \bar{r}_3 \bar{r}_i}{\bar{r}_2 \bar{r}_3 \bar{r}_4}; \eta = \frac{\bar{r}_2 \bar{r}_3 \bar{r}_i}{\bar{r}_2 \bar{r}_3 \bar{r}_4}; \zeta = \frac{\bar{r}_2 \bar{r}_3 \bar{r}_i}{\bar{r}_2 \bar{r}_3 \bar{r}_4}; \bar{r}_i - \text{вектор, що визначає положення точки на знімку,}$$

$A_1, A_2, A_3$  – змішані векторні добутки, що складені векторами  $\bar{R}_1, \bar{R}_2, \bar{R}_3, \bar{R}_4$ , що визначають напрямки на базисні точки:

$$A_1 = \bar{R}_2 \bar{R}_3 \bar{R}_4 = \bar{R}_2 (\bar{R}_3 \times \bar{R}_4); \quad A_2 = \bar{R}_3 \bar{R}_1 \bar{R}_4 = \bar{R}_3 (\bar{R}_1 \times \bar{R}_4); \quad A_3 = \bar{R}_1 \bar{R}_2 \bar{R}_4 = \bar{R}_1 (\bar{R}_2 \times \bar{R}_4).$$

Вектори  $\bar{R}_i$  і  $\bar{r}_i$  в координатній формі матимуть вигляд:

$$\bar{R}_i = \begin{pmatrix} X_i - X_S \\ Y_i - Y_S \\ Z_i - Z_S \end{pmatrix}, \quad \bar{r}_i = \begin{pmatrix} x_i \\ y_i \\ 1 \end{pmatrix}. \quad (2)$$

Використовуючи додаткові опорні точки, наприклад 5 і 6, отримуємо шість рівнянь в координатній формі, в яких невідомими будуть  $X_S, Y_S, Z_S$  – координати центру фотографування і коефіцієнти  $\gamma_1, \gamma_2$ .

Для їх визначення вихідну систему (1) зведемо до лінійного виду, в результаті отримаємо систему рівнянь поправок загального виду:

$$a_{1i} \delta X_S + a_{2i} \delta Y_S + a_{3i} \delta Z_S + a_{4i} \delta \gamma_1 + a_{4i} \delta \gamma_2 + l_i = v_i, \quad (3)$$

де  $a_{ij}$  – часткові похідні за відповідними змінними від виразу (1).

У матричному вигляді для  $N$  опорних точок ця система має такий вигляд:

$$A \delta \bar{G}_i + \bar{L} = \bar{V}. \quad (4)$$

Систему рівнянь (4) слід розв'язувати за методом найменших квадратів (МНК) за умови  $V^T V = \min$  [16]. Одним з можливих оптимальних методів реалізації МНК є сингулярне розкладання матриці [17]:

$$A = U \Sigma T, \quad (5)$$

де  $U, T$  – ортогональні матриці;  $\Sigma$  – сингулярна діагональна матриця.

При цьому вектор невідомих  $\delta \bar{G}_i$  визначається таким чином:

$$\delta \bar{G}_i = T \Sigma^{-1} \cdot U^T L. \quad (6)$$

За такого підходу виключається процес складання нормальних рівнянь, завдяки цьому зменшується кількість обчислювальних операцій. Окрім того, обчислювальна стійкість методу є високою, що важливо, оскільки вихідна система часто належить до слабообумовлених. Завдання з визначення координат точок фотографування розв'язують окремо для кожного знімка стереопари. Ця обставина є суттєвою, особливо в обробці неметричних знімків, наприклад макрознімків, отриманих з певним збільшенням, коли в зону перекриття може не попасти достатня кількість опорних точок через те, що об'єкт займає більшу частину зображення.

*Другий етап* – визначення просторових координат визначуваних точок в системі координат тест-об'єкта потрібно виконувати за дещо модифікованими формулами прямої фотограмметричної засічки, при цьому індекс 1, 2 є відповідним лівій і правій точці фотографування:

$$\begin{pmatrix} X_i \\ Y_i \\ Z_i \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} X_{S(1,2)} \\ Y_{S(1,2)} \\ Z_{S(1,2)} \end{pmatrix} + N \begin{pmatrix} X_{(1,2)i} \\ Y_{(1,2)i} \\ Z_{(1,2)i} \end{pmatrix}, \quad (7)$$

де  $X_{(1,2)i}$ ,  $Y_{(1,2)i}$ ,  $Z_{(1,2)i}$  – просторові фотограмметричні координати.

Для кожного знімка стереопари просторові координати обчислюють за формулами:

$$\begin{aligned} X_{ji} &= \frac{[\gamma_1 \xi_{ji} (X_1 - X_{Sj})]^{-1} + [\gamma_2 \eta_{ji} (X_2 - X_{Sj})]^{-1} + [\gamma_3 \zeta_{ji} (X_3 - X_{Sj})]^{-1}}{[\gamma_1 \xi_{ji}]^{-1} + [\gamma_2 \eta_{ji}]^{-1} + \zeta_{ji}}, \\ Y_{ji} &= \frac{[\gamma_1 \xi_{ji} (Y_1 - Y_{Sj})]^{-1} + [\gamma_2 \eta_{ji} (Y_2 - Y_{Sj})]^{-1} + [\gamma_3 \zeta_{ji} (Y_3 - Y_{Sj})]^{-1}}{[\gamma_1 \xi_{ji}]^{-1} + [\gamma_2 \eta_{ji}]^{-1} + \zeta_{ji}}, \\ Z_{ji} &= \frac{[\gamma_1 \xi_{ji} (Z_1 - Z_{Sj})]^{-1} + [\gamma_2 \eta_{ji} (Z_2 - Z_{Sj})]^{-1} + [\gamma_3 \zeta_{ji} (Z_3 - Z_{Sj})]^{-1}}{[\gamma_1 \xi_{ji}]^{-1} + [\gamma_2 \eta_{ji}]^{-1} + \zeta_{ji}}. \end{aligned} \quad (8)$$

Скалярний множник  $N$  обчислюють за відомими в фотограмметрії формулами:

$$\begin{aligned} N_x &= \frac{X_{S_2} Y_2 - Y_{S_2} X_2}{X_1 Y_2 - Y_1 X_2}; & N_y &= \frac{Y_{S_2} Z_2 - Z_{S_2} Y_2}{Y_1 Z_2 - Z_1 Y_2}; \\ N_z &= \frac{Z_{S_2} X_2 - X_{S_2} Z_2}{Z_1 X_2 - X_1 Z_2}; & N &= \frac{N_x + N_y + N_z}{3}. \end{aligned} \quad (9)$$

Використовуючи наведений алгоритм, обчислюють потрібні для розв'язання конкретних прикладних задач параметри.

За такого підходу параметри всіх досліджуваних об'єктів отримують в єдиній системі координат, тому не виникає труднощів у статистичній обробці результатів, крім того, під час графічної інтерпретації даних немає потреби в їх додатковій обробці (зсув, поворот, масштаб), легко виконується оверлей графічних образів (накладання) для візуального аналізу й отримання додаткових кількісних показників [18].

*II. Експериментальні дослідження.* В експериментальних дослідженнях був використаний тест-об'єкт, за який слугувала металева рама (рис.1). По периметру були жорстко закріплені через однакові проміжки опорні точки у вигляді трикутних призм різної висоти: кутові – А, В, С, D і проміжні – а, b, с, d, e, f, k, m. Опорними точками слугували також перехрестя 25 металевих взаємно перпендикулярно закріплених струн, а



також круглі отвори для закріплення на краях рами – 20, разом 57 опорних точок. Товщина струни становить 0,015мм.

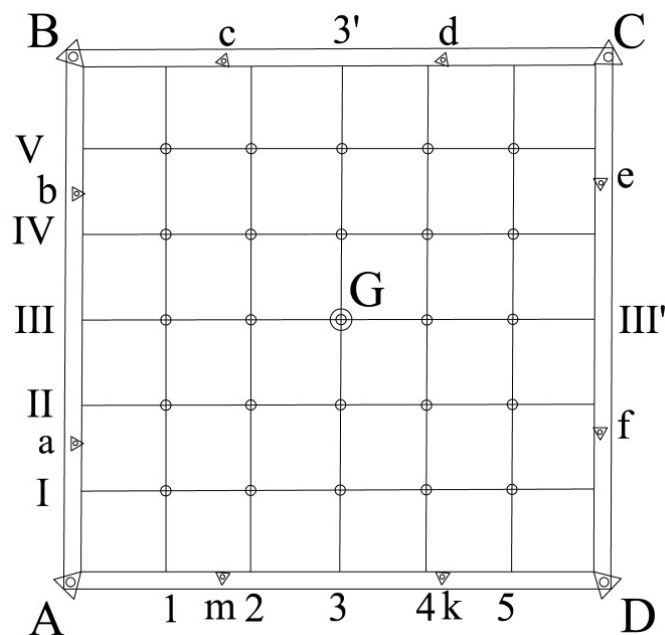


Рис. 1. Загальний вигляд тестової рами

Тест-об'єкт був виготовлений на приладобудівному заводі ПАТ «Електротермометрія» (м.Луцьк). Лінійні вимірювання опорних точок виконано за допомогою женеvської лінійки (точність – 0,2 мм). Врівноваження здійснено параметричним і корелатним методами геодезичного чотирикутника (ABCD) та центральної фігури з полюсом в точці G, утвореної опорними точками (GAІІВ 3' СІІ' D 3 A). Середньоквадратичні похибки такі:  $m_{x,y} = \pm 2\text{мм}$ ,  $m_z = \pm 1,5\text{мм}$ . Результати вимірювань призматичних опорних точок наведено в таблиці.

Таблиця

Координати трикутних призм

Назва точки	Координати (мм)		
	X	Y	Z
A	-4,0	-4,0	50,3
B	-0,9	603,8	14,0
C	598,8	602,8	53,5
D	593,5	-4,0	7,0
a	-3,2	163,0	60,0
b	-1,9	420,0	25,0
c	167,9	603,5	14,0
d	458,9	603,0	14,0
e	597,2	422,5	25,5
f	594,9	166,0	20,0
k	441,5	-4,0	30,0
m	150,0	-4,0	5,0

Польові стереознімальні роботи виконано фотокамерою NIKOND90 (фокусна віддаль  $f = 20\text{ мм}$ ) за допомогою спеціально виготовленої для короткобазисної фотограмметрії фотоустановки. Параметри стереознімання: висота  $H=1,2\text{ м}$ ,  $B=0,41\text{ м}$ , масштаб 1:60, базисне співвідношення – 1/3. Стереовимірювання виконано на ЦФС «Дельта» і паралельно за допомогою цейсівського стереокомпаратора «Стекометр».

За результатами досліджень була отримана картограма змиву (рис. 2).

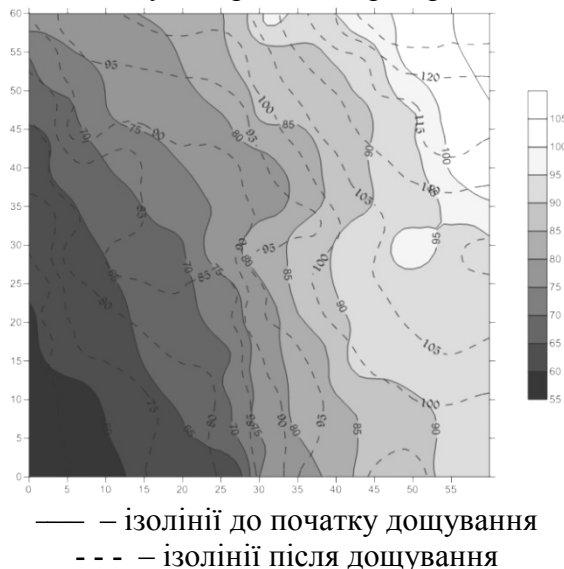


Рис.2. Картограма змиву побудована за здійсненим набором точок

Для наочності були побудовані 3D-моделі поверхні ґрунту до початку (рис.3,*а*) і після дощування (рис. 3,*б*).

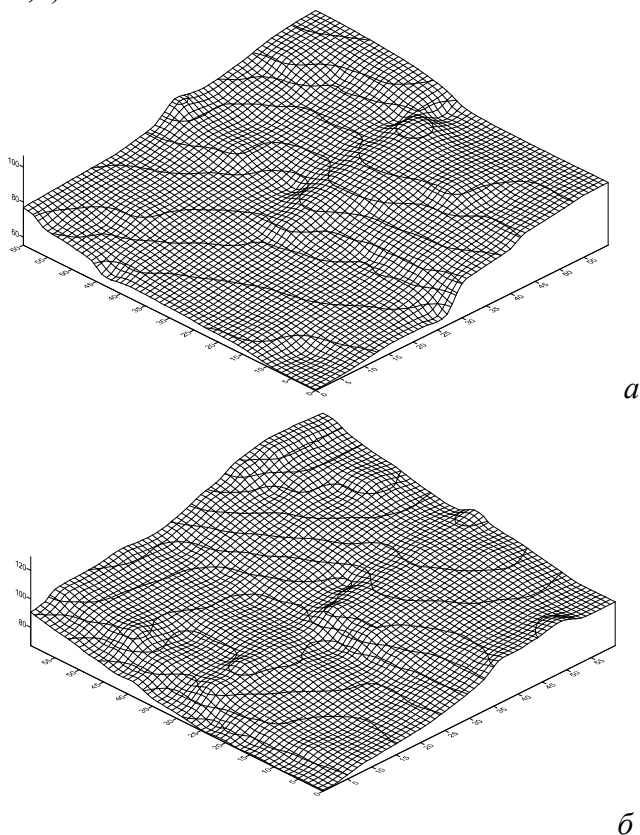


Рис. 3. 3D-модель поверхні ґрунту до початку дощування (*а*) та після дощування (*б*)

Для визначення об'ємів змитого ґрунту використано побудовані TIN- та grid-моделі. Об'єм змитого ґрунту становить: 0,00531 м<sup>3</sup> та 0,00530 м<sup>3</sup> відповідно.

За результатами фотограмметричної обробки серії макетних знімків середні квадратичні похибки визначення координат точок об'єкта, отримані з порівняння виміряних і «дійсних» координат 24 контрольних точок, характеризуються такими величинами:  $m_x = \pm 2$  мм;  $m_y = \pm 3$  мм;  $m_z = \pm 4$  м. На шести опорних точках похибки не перевищували таких значень:  $m_x = \pm 2$  мм;  $m_y = \pm 1$  мм;  $m_z = \pm 1$  мм. Найкращих результатів досягають, коли комірки тест-сітки становлять 5-10 мм; відповідна точність вимірювання висот – в межах 0,5...1,5 мм.

Для визначення інтенсивності змиву ґрунту за неметричними знімками короткобазисного стереознімання були побудовані топографічні плани стокового майданчика, що відповідають 7-10 хвилинному дощуванню.

За отриманими топографічними планами через однакові проміжки, що становлять 20 см на місцевості, були побудовані поперечні профілі [19]. Об'єми змитого ґрунту за 7-10 хвилинні періоди для відповідних умов експерименту визначаються переважно вертикальними перерізами, а в результаті дощування для порівняння обрахували об'єм за TIN-моделлю способом трикутних призм [20].

У цьому випадку об'єм змитого ґрунту дорівнює різниці об'ємів ґрунту відносно умовної поверхні на початку і в кінці відповідного етапу дощування.

Очевидно, в межах кожної трикутної призми:

$$V_i = S_i h_{icp} = \frac{1}{2} \begin{vmatrix} \bar{h}_i & \bar{h}_i & \bar{h}_i \\ X_1 & X_2 & X_2 \\ Y_1 & Y_2 & Y_3 \end{vmatrix}, \quad (10)$$

де  $S_i$  – площа основи, що визначається за координатами вершин основи трикутної призми. Для  $i$ -ї трикутної призми  $h_{icp} = (h_1 + h_2 + h_3)/3$ .

Повний об'єм дорівнює сумі елементарних об'ємів:

$$V_{повн.} = \sum_1^N V_i. \quad (11)$$

Для способу вертикальних профільних перерізів з очевидних побудов об'єм змитого ґрунту становитиме:

$$V_{повн.} = V_1 + V_2 + \dots + V_k = \frac{S_1 + S_2}{2} L_1 + \frac{S_2 + S_3}{2} L_2 + \dots + \frac{S_k + S_{k+1}}{2} L_k, \quad (12)$$

де  $S_1, S_2, \dots, S_{k+1}$  – площі вертикальних перерізів між поверхнями ґрунту на кінцевий і початковий момент досліджень;  $L_1, L_2, \dots, L_{k+1}$  – віддалі на місцевості між сусідніми перерізами, які в нашому випадку дорівнюють 20 см. Тоді

$$V_{повн.} = \sum_1^k V_{ел.} = L/2 (S_1 + 2S_2 + \dots + 2S_k + S_{k+1}). \quad (13)$$

Звідси

$$V_{повн.} = L \sum_1^k S + L/2 (S_1 + S_{k+1}). \quad (14)$$

Площі поперечних перерізів  $S$  на профілях знаходять як суму площ трапецій, основами яких є відмітки точок, тобто  $S = F_1 + F_2 + \dots + F_n$ , а  $F = h_{cp} \cdot d$ , де  $h_{cp} = (h_1 + h_2)/2$  – середня лінія трапеції з основами  $h_1$  і  $h_2$ ;  $d$  – відстань між основами трапеції.

Точність фотограмметричного методу визначення об'єму змитого ґрунту визначається точністю вимірювання відміток і густотою профільних перерізів. Точність визначення відміток  $m_h$  залежить від точності стереовимірювань і ступеня розрихлення. Зрозуміло, що цей процес в різні роки і в різні пори року відбувається по-різному, оскільки залежить від глибини оранки, ґрунтооброблюваних знарядь, вологості ґрунту тощо. Експериментальні дослідження точності стереовимірювань висотних та планових (перехресть) точок тест-об'єкта показали, що  $m_h \approx 1,2$  мм. Тоді середня квадратична похибка середньої висоти майданчика  $m_H$  за умови, що похибки розрихлення ґрунту  $m_{hp}$  і за стереовимірюванням є незалежними, становитиме:

$$m_H^2 = m_{H_{cp}}^2 + m_{hp}^2 = (1.2)^2 + (1.2)^2 = 1.2 \text{ мм} \sqrt{2} = 1,20 \times 1,4 \text{ мм} \approx 1,7 \text{ мм}.$$

Отже, точність стереовимірювань повинна бути близько 1,5-1,7 мм, тоді точність визначення об'єма площинного змиву дорівнюватиме 2%.

*III. Частотно-спектральна характеристика площинного змиву ґрунту.* У разі оцінювання зміни стану мікрорельєфу ґрунтового покриву внаслідок площинного змиву важливими є визначення спектральної щільності та автокореляційної функції (АКФ), які дають змогу визначати мікрочастки ґрунту, найбільш податливі процесам ерозії. Такі характеристики можна визначати, використовуючи одновимірне перетворення Хартлі [21]. Обмежимося теоретичними викладками.

Згладжену оцінку взаємного спектра визначають за формулою:

$$S(f) = \int_{-\infty}^{\infty} D(\tau)R(\tau)\exp(-i2\pi\tau)d\tau, \quad (15)$$

де  $f$  – частота;  $R(\tau)$  – автокореляційна функція;  $D$  – кореляційне вікно;  $\tau_m$  – довжина автокореляційної функції,

$$D = \begin{cases} 1 + \cos(\pi\tau/\tau_m), & |\tau| \leq \tau_m \\ 0, & |\tau| > \tau_m \end{cases}.$$

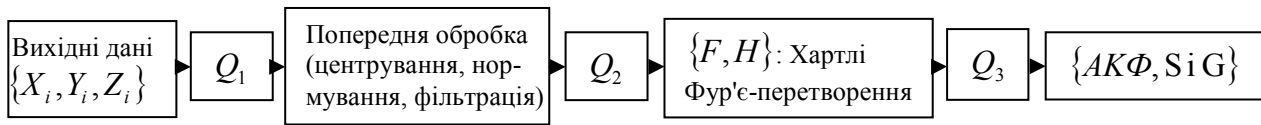
Якщо під час визначення частотної амплітудної характеристики використовувати замість частоти  $f$  довжину хвилі  $\lambda$ , то вираз для коефіцієнта передачі матиме вигляд:

$$|G(\lambda)| = \sqrt{\frac{S_0(\lambda)}{S_i(\lambda)}}, \quad (16)$$

де  $S_0, S_i$  – щільність спектра потужності мікронерівностей на вході і на виході [22].

Згідно з виразом (16) довжина хвилі  $\lambda$  цифрової моделі поверхні ґрунту відображається із збільшенням в  $|G(\lambda)|$  раз. Якщо немає змін, то профілі таких поверхонь цілком однакові і  $|G(\lambda)|=1$ . Однак в дійсності обидва профілі не збігаються

і  $|G(\lambda)| \neq 1$ . Всі потрібні обчислення виконують за наведеною далі схемою, де  $Q_1, Q_2, Q_3$  – оператори перетворень:



**Висновки.** У спостереженнях за динамікою процесів ерозії ґрунтів, зокрема для визначення об'єму змитого ґрунту, можна використати короткобазисну фотограмметрію, яка стане еталонним значенням для порівняння з багатьма відомими методами.

### СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Процик М.Т. Статистичне моделювання дослідження залежності між еродованістю рілнихих сільськогосподарських угідь та кутами нахилу [Текст] / М.Т. Процик, П.М. Зазуляк, В.І. Гавриш // Геодезія, картографія і аерофотознімання. – Львів, 2002. – Вип.62. – С. 54-62.
2. Лисецкий Ф.Н. Эрозия почв и пространственно-временное моделирование формирования гумусового горизонта [Текст] / Ф.Н. Лисецкий // Эрозионные и русловые процессы. – Вып. 3.– 2000. – С. 47-51.
3. Чандра А.М. Дистанционное зондирование и географические информационные системы [Текст] / А.М. Чандра, С.К. Гош. – М.: Техносфера, 2008. – 308 с.
4. Коломейченко В.В. Рациональное использование склоновых земель / В.В. Коломейченко, А.И. Петелько, А.И. Крупчатников; под ред. В.В. Коломейченко. – Орел: Труд, 2000. – 288 с.
5. Булыгин С.Ю. Формирование экологически сбалансированных ландшафтов: проблема эрозии [Текст] / С.Ю. Булыгин, М.А. Неаринг. – Харьков: Эней – 1999 – 272 с.
6. Світличний О.О. Основи геоінформатики: навчальний посібник [Текст] / О. О. Світличний, С. В. Плотницький. – Суми: Університетська книга, 2006. – 291 с.
7. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://skagit.meas.ncsu.edu/>
8. Мельник В.М. Кількісна стереомікрофрактографія: монографія [Текст] / В.М. Мельник, А.В. Шостак. – Луцьк: Твердиня, 2010. – 457 с.
9. Глотов В.М. Дослідження ерозійної небезпеки ґрунтів детального рівня цифровим наземним стереофотограмметричним методом (частина 1) [Текст] / В.М. Глотов, М.Т. Процик // Сучасні досягнення геодезичної науки та виробництва. – 2012. – № I(23) – С. 184-187.
10. Варфоломеев А.Ф. Изучение эрозионных факторов с использованием картографо-фотограмметрического метода: автореф. дис. канд. геогр. нау/ спец. 11.00.12 «Географическая картография и геоинформатика»/ А.Ф. Варфоломеев. – М., 1997. – 22 с.
11. Мельник В.М. Морфолого-спектральна оцінка параметрів гідромеханічної моделі ерозії ґрунту [Текст] / В.М. Мельник, В.П. Мендель, В.Ф. Радзій // Сучасні досягнення геодезичної науки та виробництва – 2012. – № I(23) – С. 188–192.
12. Мельник В.М. Растрово-електронна стереомікрофрактографія: Монографія [Текст] / В.М. Мельник, А.В. Шостак. – Ред.-видавн. відділ ВНУ ім. Лесі Українки. – Луцьк, 2009. – 468 с.

13. *Лисецкий Ф.Н.* Пространственно-временная организация агроландшафтов [Текст] / Ф.Н. Лисецкий. – Белгород: Изд-во Белгородского ун-та, 2000. – 302 с.
14. *Марциневская Л.В.* Оценка противозащитной эффективности севооборотов в Белгородской области [Текст] / Л.В. Марциневская, Л.И. Реутова // Доклады и сообщения XVIII пленарного межвузовского координационного совета по проблеме эрозионных, русловых и устьевых процессов. – Курск, 2003. – С. 125-126.
15. *Трунин Ю.М.* Некоторые вопросы теории фотограмметрии [Текст] / Ю.М. Трунин // Изв. вузов.: Геодезия и аэрофотосъемка, 1959. – №5. – С. 34-37.
16. *Урмаев М.С.* Метод наименьших квадратов при обработке астронегативов с использованием проективных преобразований [Текст] / М.С. Урмаев, В.М. Безменов // Изв. вузов.: Геодезия и аэрофотосъемка, 1991. – №2. – С. 49-58.
17. *Гук А.П.* Выбор математической модели калибровки радиолокационных снимков [Текст] / А.П. Гук, Г.Б. Мчедлишвили // Геодезия и картография, 1991. – №4. – С. 95-101.
18. *Бурштинська Х.* Цифрове моделювання рельєфу для розв'язання прикладних задач [Текст]: матеріали Міжнародної науково-технічної конференції «Ландшафтознавство: традиції та тенденції» (8-12 вересня 2004р.) / Х. Бурштинська, М. Процик, А. Гукасов. – Львів, 2004. – С. 207.
19. *Панкратьев Ю.Н.* Инженерная фотограмметрия. [Текст] / Ю.Н. Панкратьев, Б.С. Пузанов, В.М. Сердюков. – Львов: Изд-во ЛПИ, 1964. – 287 с.
20. *Дубиновский В.Б.* Аналитическое моделирование местности. [Текст] / В.Б. Дубиновский. – М.: Недра, 1989. – 138 с.
21. *Брейсуэлл Р.* Преобразование Хартли: теория и приложения [Текст] / Р. Брейсуэлл. – М.: Мир, 1990. – 165 с.
22. *Дженкинс Г.* Спектральный анализ и его приложения [Текст] / Г. Дженкинс, Д. Ваттс. – М.: Мир, 1971. – Вып. 1. – 287 с.

#### REFERENCES

1. Protsyk M.T., & Zazuliak P.M., & Gavrysh V.I. (2002) Statistichne modelyuvannya doslidzhennya zalezhnosti mizh erodovanistyu rilnychyh silskogospodarskyh ugid za kutamy nahylu [Statistical modeling of the study of dependence between the erodibility of field crops and the angles of the slopes]. *Geodeziya, kartografiya i aerofotoznimannya – Geodesy, Cartography and Aerial Photography*, 62, 54-62 [in Ukrainian].
2. Lisetskii F.N. (2000) Eroziia pochv i prostranstvienno-vriemiennoie modelirovaniie formirovaniia gumusovogo gorizonta [Soil erosion and spatio-temporal modeling of the humus formation.]. *Eroziionnyie i ruslovyie protsessyi – Erosion and channel processes*, 3, 47-51 [in Russian].
3. Chandra, A.M., & Gosh, S.K. (2008). *Distantcionnoie zondirovaniie i gieografichieskiie informatsyonnyie sistemy* [Remote exploration and geographic information systems]. Moskov: Tiekhnosfiera [in Russian].
4. Kolomeychienko, V.V., & Petelko, A.I., & Krupchatnikov, A.I. (2000). *Ratsionalnoie ispolzovaniie sklonovyh ziemiell* [Rational use of slope lands]. V.V. Kolomeychenko (Ed). Orel: Trudv [in Russian].

5. Bulygin, S.Yu., & Nearing, M. A. (1999). *Formirovanie ekologichieski sbalansirovannyh landshaftov: problema erozii* [Formation of ecologically balanced landscapes: the problem of erosion]. Harkov [in Russian].
6. Svitlichnii, O.O., & Plotnitskii, S. V. (2006). *Osnovy geoinformatyky: Navchalnii posibnyk* [Fundamentals of Geoinformatics: Manual]. Sumy: VTD „Universytetska knyha” [in Ukrainian].
7. Mitasova, H, et al. (1998). *Multidimensional soil erosion/deposition modeling and visualization using GIS. Final report for USA CERL*. University of Illinois, Urbana-Champaign, IL. Retrieved from: <http://skagit.meas.ncsu.edu/>.
8. Melnyk, V.M., & Shostak, A.V. (2010). *Kilkisna stereomikrofraktohrafiia: Monohorafiiia* [Quantitative stereomicrofracturing: Monograph]. Lutsk: Vyd. «Tverdynia» [in Ukrainian].
9. Glotov, V.M., & Protsyk, M.T. (2012). Doslidzhennia eroziinoi nebezpeky gruntiv detalnogo rivnia tsyfrovym nazemnym stereofotogrammetrychnym metodom (chastyna 1) [The study of soil erosion hazard of detailed level by digital terrestrial stereo photogrammetry method (part 1)]. *Suchasni dosiagnennia geodezychnoi nauky ta vyrobnytstva – Recent advances in geodetic science and industry, I(23)*, 184-187 [in Ukrainian].
10. Varfolomieiev, A.F. (1997). Izuchieniie erozionnyh faktorov s ispolzovaniem kartografo-fotogrammetrichieskogo metoda [The study of erosion factors using the cartography photogrammetry method]. *Extended abstract of candidate's thesis*. Moskva [in Russian].
11. Melnyk, V.M., & Mendel, V.P., & Radzii, V.F. (2012). Morfologo-spektralna otsinka parametriv gidromehaničnoi modeli erozii gruntu [Morphological and spectral estimation of the parameters of hydromechanical model of soil erosion]. *Suchasni dosyagnennya geodezychnoi nauky ta vyrobnytstva – Recent advances in geodetic science and industry, I(23)*, 188–192 [in Ukrainian].
12. Melnyk, V.M., & Shostak, A.V. (2009). *Rastrovo-elektronna stereomikrofraktohrafiia: Monografiia* [Quantitative stereomicrofracturing. Monograph]. Lutsk: Red.-vydavn. viddil VNU im. Lesi Ukraïinky [in Ukrainian].
13. Lisetskii, F.N. (2000). *Prostranstviennno-vriemiennaia organizatsyia agrolandshaftov* [Spatiotemporal organization of agricultural landscapes]. Belgorod: izd-vo Bielgorodskogo universiteta [in Russian].
14. Martsinievskaia, L.V., & Reutova, L.I. (2003). Otsenka protivozaschitnoi effektivnosti sievooborotov v Bielgorodskoi oblasti [Evaluation of anti-safety efficiency of crop rotations in Belgorod region]. *Doklady i soobschieneniia XVIII plienarnogo miezhvuzovskogo koordinatsionnogo sovieta po probleme erozionnyh, ruslovyh i ustievyh protsessov – Reports and communications XVIII plenary Interuniversity Coordinating Council on the issue of erosion, fluvial and estuarine processes*, 125-126 [in Russian].
15. Trunin, Yu.M. (1959). Nekotoryie voprosy teorii fotogrammetrii [Some problems in the theory of photogrammetry]. *Izv. vuzov.: Geodeziya i aerofotos'emka – Proc. of the universities.: Geodesy and aerial photography, 5*, 34-37 126 [in Russian].
16. Urmaiev M.S., & Bezmenov V.M. (1991). Metod naimienshih kvadratov pri obrabotkie astroniegativov s ispolzovaniem proektivnyh prieobrazovanii [The least squares method in the processing astronegatives using projective transformations]. *Izv. vuzov.: Geodeziya i aerofotos'emka – Proc. of the universities.: Geodesy and aerial photography, 2*, 49-58 [in Russian].

17. Guk, A.P., & Mchedlishvili, G.B. (1991). Vybor matematichieskoi modeli kalibrovki radiolokatsionnyh snimkov [The choice of the mathematical model calibration of radar images]. *Geod.i kart. – Geod. and Cart*, 4, 95-101 [in Russian].
18. Burshtynska, H., & Protsyk, M., & Gukasov, A. (2004). Tsyfrove modeliuвання reliefu dlia rozviazannia prykladnyh zadach [Digital terrain modeling for solving applied problems]. *Materialy Mizhnarodnoi naukovo-tehnichnoi konferentsii «Landshaftoznavstvo: traditsii ta tendentsii» – International scientific and technical conference "Landscape: Traditions and Trends"*, 207 [in Ukrainian].
19. Pankratiev, Yu.N., & Puzanov, B.S., & Sierdiukov, V.M. (1964). *Inzheniernaia fotogrammetriia. [Photogrammetry Engineering]*. Lvov: Izd-vo LPI [in Russian].
20. Dubinovskiy, V.B. (1989). *Analiticheskoe modelirovanie mestnosti. [Analytical terrain modeling]*. Moskva: Niedra [in Russian].
21. Breisuell, R. *Prieobrazovaniie Hartli: Teoriia i prilozheniia [Hartley Transformation: Theory and Applications]*. Moskva: Mir [in Russian].
22. Dzhenkins, G. *Spektralnyi analiz i iego prilozheniia [Spectral analysis and its applications]* Moskva: Mir [in Russian].

**В.М. Мельник**

**В.П. Мендель**

### **ДИСКРЕТНАЯ ОЦЕНКА ПЛОСКОСТНОЙ ЭРОЗИИ МЕТОДАМИ КОРОТКОБАЗИСНОЙ ФОТОГРАММЕТРИИ**

*Предложена методика дискретной оценки плоскостной эрозии почвы с применением методов короткобазисной фотограмметрии. Изготовлена специальная фотоустановка, тестовый объект и осуществлено их калибровки. Разработана методика стереосъемки в полевых условиях и получены конкретные данные точности определения объемов плоскостного смыва. Составлены четкие алгоритмы фотограмметрической обработки полученных снимков, в которых уменьшено количество вычислительных операций. Предложенный подход зарекомендовал себя как устойчивый, учитывая значительную распространенность проблемы недостаточности исходной информации. Рассмотрены элементы частотно-спектрального анализа в эрозиоведении, которые позволяют устанавливать микрочастицы почвы, наиболее податливые процессам эрозии. Разработана схема анализа поверхности исследуемой почвы (классификация входной информации, обработка, получение результатов исследования), которая подвергается процессам эрозии. Предлагается использовать короткобазисную фотограмметрию как эталонный показатель объемов смытой почвы для сравнения с многими известными методами.*

**Ключевые слова:** эрозия, стереоизмерения, автокорреляционная функция, короткобазисна фотограмметрия.

**V.M. Melnyk**

**V.M. Mendel**

### **DISCRETE VALUATION OF SHEET EROSION BY THE METHODS OF SHORT BASELINE PHOTOGRAMMETRY**

*The technique of discrete valuation of sheet soil erosion with the appliance of the methods of short baseline photogrammetry is suggested. The special photomounting and the test*



*object are fabricated and their calibration is executed. The method of stereo photography in the field environment is developed and the accurate data of defining the scope of sheet flood is received. The developed algorithms for precise photogrammetric processing the images, which included reducing the number of computational operations. This approach proved to be a stable, given the high prevalence of the problem of insufficient input. The elements of frequency spectral analysis in the erosion science that allow to set ground microparticles most pliable erosion. Developed specific circuit analysis investigated the soil surface (classification of incoming information processing, the results of research) that undergoes erosion. It is proposed to used short baseline photogrammetry as a reference figure amounts washed off the ground for compared with other well-known methods.*

**Keywords:** *erosion, stereo measuring, autocorrelation function, short baseline system.*

Надійшла до редакції

27.05.2014.

**ДО ВІДОМА АВТОРІВ**  
**Вимоги до оформлення матеріалів, які подаються до**  
**науково-технічного збірника «Інженерна геодезія»**

В науково-технічному збірнику «Інженерна геодезія» публікуються статті, які представляють науковий і практичний інтерес.

Статті подаються українською, російською або англійською мовами, і вони мають бути підписані кожним з авторів.

Відповідно до постанови ВАК України від 15.01.2003 №7-05/1 **наукові статті мають містити такі елементи:** постановку проблеми у загальному вигляді та її зв'язок із важливими науковими чи практичними завданнями; аналіз останніх досліджень і публікацій, в яких започатковано розв'язання певної проблеми і на які спирається автор; виділення не вирішених раніше частин загальної проблеми, яким присвячено означену статтю; формулювання мети статті: виклад основного матеріалу дослідження з повним обґрунтуванням отриманих наукових результатів; висновки за результатами дослідження і перспективи подальших розвідок у цьому напрямі.

**Стаття супроводжується:** відомостями про авторів (прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, звання, місце роботи, посада, службова адреса, адреса електронної пошти та контактні телефони).

**ВИМОГИ ДО ОФОРМЛЕННЯ СТАТЕЙ**

- До розгляду приймають статті, надруковані в одному примірнику на аркушах паперу формату А4 (текст, таблиці, бібліографію друкувати так: поля зверху, знизу та справа – 20 мм, зліва – 25 мм; інтервал «Множитель» 1,15; кегль 12; розмір шрифту анотації – 12; шрифт TimesNewRoman). Обов'язково слід подати електронну копію статті у форматі MicrosoftWord (\*.doc).
- Рекомендується, щоб площа, зайнята рисунками, становила 20-25% загального обсягу статті. Всі рисунки необхідно подавати чорним кольором та обов'язково з підписами.
- На першій сторінці статті у лівому верхньому куті ставиться УДК ..., а справа, рядком нижче, вказуються ініціали та прізвище автора (напівжирним шрифтом) разом з інформацією про автора (науковий ступінь, звання, місце роботи, посада), нижче по центру – назва статті напівжирними прописними буквами, потім анотація (мовою статті) курсивом далі сам текст.
- Обсяг **анотації** українською та російською мовами складає 50 – 100 слів, англійською – 150 – 200 слів. Після кожної анотації наводять ключові слова у називному відмінку мовою анотації через кому (не менше трьох слів кожною мовою).
- Текст статті має містити розділи із заголовками: **Вступ, Аналіз досліджень і публікацій, Постановка завдання, Основна частина, Висновки, Список літератури.**
- Список літератури виділяється підзаголовком “Список літератури” та оформлюється згідно з міждержавним стандартом ДСТУ ГОСТ 7.1:2006.
- Окремим блоком слід навести всі бібліографічні посилання (**References**) англійською мовою з транслітерацією оригінальних назв у романському алфавіті (латиницею). Транслітерація залежно від мови оригіналу джерела, виконується відповідно до Постанови Кабінету Міністрів України від 27 січня 2010 року №55 «Про впорядкування транслітерації українського алфавіту латиницею» (для української мови) або вимогам BGN/PCGN (для російської мови). Для оформлення списку літератури англійською мовою необхідно застосувати стиль APA ([www.apastyle.org/](http://www.apastyle.org/)).
- Після списку літератури до статті додають двома мовами **анотацію українською (російською)** та анотацію (**Abstract**) англійською мовою (розширену, структуровану за текстом статті). Кожна анотація супроводжується назвою статті та прізвищами авторів відповідно мовою анотації.
- Заповнення останньої сторінки повинно бути не менше 80%.

---

Наукове видання

# ІНЖЕНЕРНА ГЕОДЕЗІЯ

Науково-технічний збірник

Випуск 61

Редагування та коректура *Г.В. Кобриної*

Комп'ютерне верстання *Т.І. Кукаревої*

Дизайн обкладинки: *В.С. Стрілець*

*Д.В. Горковчук*

Підписано до друку 29.12.2014. Формат 60 × 84<sup>1/8</sup>

Ум. друк. арк. 15,81. Обл.-вид. арк. 17,0.

Тираж 200 прим. Вид. № 10/П-14. Зам. №

Видавець і виготовлювач

Київський національний університет будівництва і архітектури

Повітрофлотський проспект, 31, Київ, Україна, 03680

E-mail: red-isdat@ukr.net, тел. (044)241-54-22, 241-54-87

Свідоцтво про внесення до Державного реєстру суб'єктів

Видавничої справи ДК № 808 від 13.02.2002 р.