

*Дорожко Є.В.*

Харківський національний автомобільно-дорожній університет

## РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЇ НАСКРІЗНОЇ АВТОМАТИЗОВАНОЇ ОБРОБКИ РЕЗУЛЬТАТІВ ГЕОДЕЗИЧНИХ ВИМІРЮВАНЬ ПРИ ПРОЄКТУВАННІ КАПІТАЛЬНОГО РЕМОНТУ АВТОМОБІЛЬНИХ ДОРІГ

У статті наведено обґрунтування доцільності єдино форматної наскрізної автоматизованої обробки результатів геодезичних вимірювань для задач проєктування ремонтних робіт автомобільних доріг. Обробка результатів геодезичних вимірювань в єдино форматній основі передбачає повне поєднання форматів проміжних і кінцевих результатів геодезичних вимірювальних робіт і проєкту капітального ремонту автомобільних доріг. Принцип наскрізного проєктування передбачає передачу результатів одного етапу проєктування на наступний в єдиному форматі й одному проєктному середовищі.

Проведено аналіз функціональних можливостей сучасних програмних комплексів ArcGIS, Digital, BricsCAD, Robur, Autodesk Civil 3D і CREDO, призначених для обробки результатів геодезичних вимірювань і проєктування капітального ремонту автомобільних доріг.

Функціональні можливості програмних комплексів ArcGIS, Digital і BricsCAD дозволяють виконувати досить широке коло завдань, пов'язаних з автоматизованою обробкою результатів геодезичних вимірювань і побудовою цифрових моделей місцевості, але це не поширюється на автоматизоване проєктування автомобільних доріг. Тому для зазначених програмних комплексів неможливе застосування технології наскрізної автоматизованої обробки результатів геодезичних вимірювань під час проєктування капітального ремонту автомобільних доріг. Функціональні можливості програмних комплексів Robur, Autodesk Civil 3D і CREDO «ДОРОГИ» підтримує можливість наскрізної єдино форматної автоматизованої обробки результатів геодезичних вимірювань під час проєктування капітального ремонту автомобільних доріг.

Розроблення технології наскрізної автоматизованої обробки результатів геодезичних вимірювань під час проєктуванні капітального ремонту автомобільних доріг розглянуто на основі програмного комплексу CREDO «ДОРОГИ».

У статті наведено огляд алгоритмів процесу отримання та автоматизованої обробки результатів геодезичних вимірювань під час створення вихідних матеріалів для розробки проєкту капітального ремонту автомобільної дороги.

**Ключові слова:** автомобільна дорога, геодезичні вимірювання, програмний комплекс, капітальний ремонт, камеральна обробка.

**Постановка проблеми.** Основними факторами успіху в сучасному будівництві й капітальному ремонті автомобільних доріг є скорочення терміну виконання проєктних і будівельних робіт, зниження вартості проєктних і будівельних робіт і підвищення якості їхнього виконання. До числа найбільш ефективних технологій, що дозволяють виконати зазначені фактори, належить так звана технологія наскрізної автоматизованої обробки результатів геодезичних вимірювань під час проєктування капітального ремонту автомобільних доріг і нового будівництва.

Автоматизована обробка результатів геодезичного забезпечення є набором відповідних методик і технологій. Однак процес обробки ускладнюється тим, що різні проєктні організації та фірми

використовують програмні комплекси, що мають індивідуальні особливості формування вхідних і вихідних даних. Тому актуальним завданням обробки результатів геодезичних робіт є забезпечення загальної наскрізної технології всього обчислювального процесу в єдино форматній основі, яка передбачає повне поєднання форматів проміжних і кінцевих результатів геодезичних вимірювальних робіт і проєкту капітального ремонту автомобільних доріг.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Принцип наскрізного проєктування передбачає передачу результатів одного етапу проєктування на наступний в єдиному форматі й одному проєктному середовищі [1]. Водночас усі зміни, що вносяться на будь-якому етапі, мають відбиватися

у всіх частинах проєкту. Дотримання такого принципу особливо важливе на стадії обробки результатів геодезичних вимірювань під час розроблення проєкту капітального ремонту автомобільних доріг [2; 3]. Побудована під час наскрізної автоматизованої обробки результатів геодезичних вимірювань цифрова модель місцевості є основою не лише для проєктування капітального ремонту автомобільних доріг і нового будівництва, а й використовується на всіх стадіях життєвого циклу автомобільної дороги, від планування до інженерних вишукувань, до проєктування, до будівництва, до моніторингу й експлуатації та знову до планування [4].

До останнього часу технологія наскрізної автоматизованої обробки результатів геодезичних вимірювань для задач проєктування капітального ремонту автомобільних доріг в літературних джерелах не розглядалася.

**Постановка завдання.** Метою роботи є розробка технології єдино форматної наскрізної автоматизованої обробки результатів геодезичних вимірювань під час проєктування капітального ремонту автомобільних доріг.

**Виклад основного матеріалу дослідження.** Можливість розробити автоматизовану технологію обробки результатів геодезичних вимірювань на основі використання систем автоматизованого проєктування виникла після появи на ринку програмного забезпечення інструментальних геоінформаційних систем, зокрема, CREDO, MapInfo Professional, Arc Gis, Панорама та інших.

Під час камеральної обробки результатів геодезичних вимірювань обсяг даних стає дуже великим. Останнє пов'язано зі специфікою таких робіт – необхідністю формалізації та приведення різноформатних даних в єдине поле інформації. Необхідно забезпечити виключення суміщення різних вхідних і проміжних форматів даних і вивід кінцевих результатів без втрати їхньої точності, особливо під час експорту даних проєктній організації для розробки проєкту капітального ремонту автомобільних доріг.

Також потрібно забезпечити можливість оперативного проведення виправлень і доповнень у результатах геодезичних вимірювань під час подальшого проєктування та проведення додаткових геодезичних вимірювальних робіт, комп'ютерного аналізу, геоінформаційної обробки, передачі даних за допомогою Internet, архівації та зберігання даних [1–3].

Автоматизований режим збору інформації з геодезичного обладнання (електронних тахеоме-

трів й інших.) також передбачає автоматизований режим її обробки. Автоматизація дозволяє багаторазово збільшити продуктивність обробки результатів геодезичних вимірювань шляхом збільшення швидкості їхнього виконання, в багато разів скоротити ймовірність появи помилок у процесі камеральної обробки. У разі використання однієї програми замість декількох надається можливість різко скоротити обсяг послідовності дій і кількості операцій. Підвищується можливість оперативного проведення виправлень і доповнень при наступних геодезичних роботах, проєктуванні, комп'ютерному аналізі, геоінформаційній обробці, архівації та зберіганні даних, отриманих у тому числі за допомогою глобальної мережі Internet.

Виходячи з конкретних особливостей геодезичного забезпечення проєкту, в користувача з'являється можливість вибирати й регулювати послідовність дій технологічних процесів їхньої автоматизованої обробки на тих програмних продуктах, які використовуються в підприємстві, забезпечуючи таким чином ресурсозаощаджувальний режим. Це дозволяє підвищити економічну ефективність процесу обробки даних і формування форм вихідних і звітних матеріалів.

На сучасному етапі розвитку комп'ютерних технологій перед геодезичним забезпеченням проєктних робіт виникли нові завдання та з'явилися нові можливості, зумовлені застосуванням передових технічних і технологічних досягнень. Водночас обов'язковою вимогою є представлення результатів у цифровій формі, що забезпечує комп'ютерний аналіз й автоматизовану обробку даних. Нові технічні й технологічні можливості базуються на сучасних методах і засобах збору й комп'ютерної обробки просторових даних [2].

У геодезії існує два підходи до автоматизації обробки інформації – використання спеціалізованого програмного забезпечення та використання універсальних програмних комплексів із метою автоматизації обробки результатів геодезичних вимірювань [2]. В основному спеціалізоване програмне забезпечення розробляється для розв'язання досить вузького кола завдань, а розширення функціональних можливостей спеціалізованого програмного забезпечення майже неможливе. Тому якщо розв'язання конкретного завдання лежить в межах можливостей того чи іншого спеціалізованого програмного забезпечення, то завдання з його використанням розв'язується. Але якщо спочатку спеціалізоване програмне забезпечення не створювалося для

роботи з конкретним типом завдань, то розв'язати задачу з використанням такої системи буде вельми проблематично. Таких питань не виникає під час використання універсальних програмних комплексів з обробки інформації, тому що в цьому випадку алгоритм передбачає виконання розрахунків, транспортування інформації «з нуля», що забезпечує наскрізну автоматизовану обробку результатів геодезичних вимірювань. Однак постає запитання іншого характеру. Розробка якісної технології наскрізної автоматизованої обробки результатів геодезичних вимірювань – це досить трудомісткий процес, що займає багато часу. Звичайно, це нова технологія потім окупається, але тільки при досить великому обсязі робіт подібного типу. Тому необхідно чітко уявляти можливості різних програмних комплексів для того, щоб віддати перевагу тому чи іншому з них при розв'язанні конкретної задачі. Необхідно також враховувати фактори, пов'язані з економічними показниками під час вибору одного або декількох програмних продуктів і, як наслідок, – з витратами на навчання фахівців, що неминуче веде до зростання вартості робіт. Виникають додаткові складнощі з організації необхідної кількості автоматизованих робочих місць.

Для розробки єдино форматної наскрізної автоматизованої технології обробки результатів геодезичних вимірювань і створення вихідних

матеріалів для розробки проектів капітального ремонту автомобільних доріг проаналізовано функціональні можливості програмних комплексів ArcGIS, Digital, BricsCAD, Robur, Autodesk Civil 3D, CREDO [5–8]. На основі проведеного аналізу встановлено, що:

– функціональні можливості програмних комплексів ArcGIS, Digital і BricsCAD задовольняють досить широке коло завдань, пов'язаних з опрацюванням аерофотознімків, землеустроєм, топографією, побудовою цифрових моделей місцевості, розробкою проектних рішень в архітектурі, промисловому будівництві, машинобудуванні, проектуванні інженерних мереж, електриці, автоматизації й інших сферах проектування, але не поширюється на автоматизоване проектування автомобільних доріг, що унеможливорює застосування технології наскрізної автоматизованої обробки результатів геодезичних вимірювань під час проектування капітального ремонту автомобільних доріг;

– функціональні можливості програмних комплексів Robur, Autodesk Civil 3D та CREDO «ДОРОГИ» підтримує можливість наскрізної єдино форматної автоматизованої обробки результатів геодезичних вимірювань під час проектування капітального ремонту автомобільних доріг.

Подальше розроблення технології наскрізної автоматизованої обробки результатів геодезичних



Рис. 1. Алгоритм технології наскрізного автоматизованого процесу обробки результатів геодезичних вимірювань

вимірювань під час проектування капітального ремонту автомобільних доріг розглянуто на основі програмного комплексу CREDO «ДОРОГИ».

Алгоритм технології наскрізного автоматизованого процесу обробки результатів геодезичних вимірювань і створення вихідних даних для проектування капітального ремонту автомобільних доріг на основі програмного комплексу CREDO «ДОРОГИ» передбачає отримання інформації застосуванням традиційних методів польових геодезичних вимірювань, а саме шляхом виконання тахеометричного знімання. Алгоритм технології наскрізного автоматизованого процесу обробки результатів геодезичних вимірювань представлено на рисунку 1.

Для автоматизованої обробки результатів геодезичних вимірювань спочатку необхідно провести польові інженерно-геодезичні вишукування. Наступним є етап автоматизованої обробки результатів геодезичних вимірювань, під час якого виконують окремо побудову цифрової моделі ситуацій і цифрової моделі рельєфу. Побудована таким чином цифрова модель місцевості є основою для автоматизованого проектування капітального ремонту або реконструкції.

Польові інженерно-геодезичні вишукування поділяються на підготовчі й безпосередньо вимірювальні роботи. На стадії підготовчих робіт виконують рекогносцирування ділянки місцевості, розбивку й закріплення опорних точок полігону. Вимірювальні роботи складаються з вимірювання відстані між вершинами опорних точок полігону, вимірювання кутів між вершинами опорних точок полігону, планово-висотної прив'язки опорних точок полігону й знімання ситуації та рельєфу місцевості.

Автоматизована обробка результатів геодезичних вимірювань поділяється на побудову цифрової моделі ситуації та цифрової моделі рельєфу. Побудова цифрової моделі ситуації полягає у визначенні положення точок об'єктів, геометричній побудові об'єктів місцевості, призначенні об'єктам місцевості відповідних характеристик і параметрів і подальшому їхньому графічному оформленні.

Побудова цифрової моделі рельєфу полягає в моделюванні поверхні рельєфу й створенні й редагуванні елементів поверхні.

Запропонований алгоритм технології наскрізного автоматизованого процесу обробки результатів геодезичних вимірювань дозволить [2]:

- забезпечити виключення можливості появи різних форматів даних під час автоматизованого процесу обробки даних;

- підвищить можливість оперативного проведення виправлень і доповнень під час наступних геодезичних вимірювань;

- забезпечить економічний ефект процесів обробки результатів геодезичних вимірювань і формування вихідних даних не менше ніж на 10 % без втрати точності.

Для забезпечення можливості автоматизованої обробки результатів геодезичних вимірювань необхідно застосовувати електронні тахеометри, для цього підходять як роботизовані тахеометри, так і напівроботи або прості.

Технологію наскрізної автоматизованої обробки результатів геодезичних вимірювань розглянемо на основі програмного комплексу CREDO «ДОРОГИ». В основі інтерфейсу лежить стандартний інтерфейс Windows, адаптований відповідно до специфіки системи. Найбільша кількість побудов і налаштувань виконується в Панелі управління, оскільки цей елемент інтерфейсу несе величезне навантаження під час роботи з даними системи. На першому етапі виконується імпорт результатів тахеометричного знімання в програмний комплекс CREDO «ДОРОГИ». Цифрова модель рельєфу моделюється у вигляді трикутних граней за алгоритмом Делоне. Для істотного підвищення вірогідності моделі при побудові триангуляції використовуються структурні лінії. Вершинами трикутних граней є рельєфні точки (пiketи) з координатами X, Y та Z. Грані називаються ребрами триангуляції. Побудовану поверхню можна зображувати за допомогою звичайних горизонталей.

Цифрова модель ситуації містить площинні (ділянки земельних угідь, водойми, населені пункти, майданчики, окремі будівлі й споруди тощо), лінійні (дороги, водотоки, лінії узбережжя, лінії електропередач і інженерних комунікацій та інше) й точкові об'єкти [7–9]. Деталі порядку побудови цифрової моделі ситуації та цифрової моделі місцевості в програмному комплексі CREDO «ДОРОГИ» наведено в роботах [9; 10].

Розроблена за наведеною послідовністю цифрова модель місцевості є основою для подальшого розроблення проекту капітального ремонту автомобільної дороги або проекту реконструкції.

**Висновки.** Застосування технології наскрізної єдино форматної автоматизованої обробки результатів геодезичних вимірювань під час проектування капітального ремонту автомобільних доріг дозволяє скоротити терміни виконання проектних рішень, знизити вартість проектних робіт і підвищити якість розроблених проектних рішень.

Принцип наскрізного проектування дозволяє виконувати передачу результатів одного етапу проектування на наступний в єдиному форматі й одному проектному середовищі. Водночас усі зміни, що вносяться на будь-якому етапі, мають відбиватися у всіх частинах проекту.

#### Список літератури:

1. Мазепин П.Г. Шаламов А.В. Сквозное автоматизированное проектирование в CAD/CAM системах : учебное пособие. Челябинск : Изд-во ЮУрГУ, 2002. 83 с.
2. Бударова В.А. Интеграция пространственных данных и географических информационных систем для устойчивого развития территорий : монография. Тюмень : РИО ФГБОУ ВПО «ТюмГАСУ», 2015. 129 с.
3. Бударова В.А. Технология «сквозной» обработки результатов геодезического обеспечения 3D сейсморазведки на территориях месторождений нефти и газа с применением геоинформационных систем. *Геодезия и картография*. 2010. № 5. С. 19–21.
4. Величко Г.В. Прикладные аспекты проблем эффективности BIM-технологий объектов автотранспортной инфраструктуры. *Вісник Харківського національного автомобільно-дорожнього університету*. 2019. № 86. Т. 2. С. 173–183.
5. Федоров Д.П. Digitals. Использование в геодезии, картографии и землеустройстве. Москва : ООО «Аналитика», 2015. 354 с.
6. Топоматик ROBUR. Автомобильные дороги. Версия 7.0 : руководство пользователя. Санкт-Петербург : Топоматик ROBUR, 2007. 44 с.
7. Назаров А.С., Неумывакин Ю.К., Перский М.И. Автоматизированная обработка материалов топографо-геодезических и земельно-кадастровых работ (на примере комплекса CREDO) : учебное пособие для вузов. Москва : СП «Кредо-диалог», 2009. 272 с.
8. Пуркин В.И. Основы автоматизированного проектирования автомобильных дорог (на базе программного комплекса Credo) : учебное пособие для вузов. Москва : СП «Кредо-диалог», 2007. 216 с.
9. Дорожко Є.В. Побудова цифрової моделі ситуації за результатами геодезичних вимірювань. *Комунальне господарство міст : науково-технічний збірник. Серія «Технічні науки та архітектура»*. 2017. Вип. 139. С. 60–62.
10. Дорожко Є.В. Перетворення паперового картографічного матеріалу в цифрову модель місцевості. *Комунальне господарство міст : науково-технічний збірник. Серія «Технічні науки та архітектура»*. 2018. Вип. 7 (146). С. 214–217.

#### **Dorozhko Ye.V. DEVELOPMENT OF CROSS-CUTTING AUTOMATED PROCESSING TECHNOLOGY FOR GEODETIC MEASUREMENT RESULTS IN THE DESIGN OF HIGHWAY OVERHAUL**

*The article substantiates the feasibility of a single-format through-through automated processing of the results of geodetic measurements for the problems of designing road repair works. The processing of geodetic measurements in a single-format basis implies a complete combination of intermediate and final results of geodetic measuring works and the project of major overhaul of roads. The principle of cross-cutting design involves the transfer of the results of one design phase to the next in a single format and one design environment.*

*The functional capabilities of modern software systems ArcGIS, Digitals, BricsCAD, Robur, Autodesk Civil 3D and CREDO, intended for processing the results of geodetic measurements and designing of overhaul of highways, have been carried out.*

*ArcGIS, Digitals and BricsCAD software capabilities allow a wide range of tasks to be performed with regard to automated geodetic measurement and digital terrain modeling, but does not extend to automated road design. Therefore, for these software complexes it is impossible to use the technology of end-to-end automated processing of the results of geodetic measurements in the design of major repairs of roads. Functionality of Robur, Autodesk Civil 3D and CREDO "ROADS" software complexes supports the possibility of end-to-end single-format automated processing of geodetic measurements in the design of major road repairs.*

*Development of the technology of end-to-end automated processing of the results of geodetic measurements in the design of major repairs of highways was considered on the basis of CREDO software "ROADS".*

*The article provides an overview of the algorithms of the process of obtaining and automated processing of the results of geodetic measurements when creating the starting materials for the development of the project of overhaul of the highway.*

**Key words:** highway, geodetic measurements, software complex, overhaul, camber processing.