

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
БІЛОЦЕРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
АГРОБІОТЕХНОЛОГІЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ

Спеціальність G18 (193) «Геодезія та землеустрій»

Допускається до захисту
Зав. кафедри геодезії та землеустрою
доцент _____ Т.М. Сіроштан

«___» _____ 2025 року

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА БАКАЛАВРА

НА ТЕМУ:
ГЕОДЕЗИЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ РЕКОНСТРУКЦІЇ
ІНЖЕНЕРНИХ СПОРУД (МОСТІВ)

Виконав(ла) Пілінський Станіслав Олегович
прізвище, ім'я, по ба т ькові, підпис

Керівник к.е.н., доцент Сіроштан Т.М.
вчене звання, прізвище, ініціали підпис

Рецензент _____
вчене звання, прізвище, ініціали підпис

Я, Пілінський Станіслав Олегович, засвічую, що кваліфікаційну роботу виконано з дотриманням принципів академічної доброчесності.

РЕФЕРАТ

Пілінський Станіслав Олегович

«Геодезичне забезпечення реконструкції інженерних споруд (мостів)»

Актуальність теми. Останніми роками питання реконструкції набуло особливої актуальності, значна частина будівель і споруд в Україні перебуває в аварійному стані. Чимало з них, зведених у 1950–1960-х роках, не відповідає сучасним проєктним нормам і не підтримує нинішніх навантажень автомобільного транспорту. Сьогодні будівництво мостових переходів неможливо без інженерно-геодезичних робіт, оскільки для точного перенесення проєкту на місцевість необхідно забезпечити вимірювання в горизонтальних і вертикальних площинах з високою точністю.

На сьогодні наземне лазерне сканування (TLS) стає все більш популярним методом для 3D-моделювання, реконструкції та моніторингу мостів у всьому світі. Ця технологія дозволяє отримувати високоточні та детальні 3D-моделі існуючих мостів, що є критично важливим для їх безпечної експлуатації та обслуговування.

Реконструкція мостів є критично важливою складовою розвитку інфраструктури, особливо в Україні, де значуща частина мостових споруд має зношений або аварійний стан через вікові навантаження, природні фактори та наслідки бойових дій. Геодезичне забезпечення відіграє інвестиційну ключову роль в цьому процесі, після точних вимірювань та моніторингу є основою для безпечного та ефективного проєктування, будівництва та експлуатації.

Актуальність теми полягає в застосуванні в геодезичну практику при реконструкції мостів, як традиційних, так і нових технологій і методів, сучасних електронних приладів та програм автоматизованої обробки інформації.

Метою цієї роботи є виконання сучасних інженерно-геодезичних досліджень для подальшої реконструкції автомобільного мосту через річку Латориця на вулиці Садовій у місті Мукачеві.

Для реалізації даної мети нами були поставлені та виконані наступні завдання:

- Проаналізувати зарубіжний досвід використання технологічних можливостей наземного лазерного сканування зображення для 3d-моделювання, реконструкції та моніторингу мостів;
- Виконати знімання об'єкту за допомогою GPS-приймача;
- Виконати знімання за допомогою тахеометра;
- Провести опрацювання та врівноваження даних тахеометричного знімання;
- Побудувати план М 1:500 місцевості, де розташований об'єкт;
- Побудувати модель мосту у ПЗ AutoCad Civil 3D.

Кваліфікаційна робота бакалавра містить 61 сторінку, 7 таблиць, 27 рисунків, список використаних джерел із 56 найменувань.

Ключові слова: геодезичний моніторинг, наземне лазерне сканування, 3D-моделювання, стереозображення, реконструкція інженерних споруд.

ABSTRACT

Pilinsky Stanislav Olegovich

" Geodetic support for the reconstruction of engineering structures (bridges)"

Actuality of theme. In recent years, the issue of reconstruction has become especially relevant, and a large part of buildings and structures in Ukraine is in a state of disrepair. Many of them, erected in the 1950s and 1960s, do not meet modern-day standards and do not support the current loads of road transport. Today, the construction of bridge crossings is impossible without engineering and geodetic works, since for accurate transfer of the project to the area it is necessary to ensure measurement in horizontal and vertical planes with high.

Today, land laser scanning (TLS) is becoming an increasingly popular method for 3D modeling, reconstruction and monitoring of bridges around the world. This technology allows you to receive high-precision and detailed 3D models of existing bridges, which is critical for their safe operation and maintenance.

Bridge reconstruction is a critical component of infrastructure development, especially in Ukraine, where a significant part of the bridge structures has a worn or emergency condition due to age -related loads, natural factors and the consequences of hostilities. Geodetic support plays an investment key role in this process, after accurate measurements and monitoring is the basis for safe and efficient design, construction and operation.

The relevance of the topic is to apply in geodetic practice in the reconstruction of bridges, both traditional and new technologies and methods, modern electronic devices and programs of automated information processing. The purpose of this work is to perform modern engineering and geodetic research for further reconstruction of the road bridge across the Latoritsa River on Sadovaya Street in Mukachevo.

For the realization of this goal, we were set and completed the following tasks:

- analyze foreign experience of using technological capabilities of ground

laser scanning image for 3D modeling, reconstruction and monitoring of bridges;

- execute the object with the help of the GPS receiver;
- performs with a tacheometer;
- to process and balance the data of tacheometric removal;
- build a plan M 1: 500 where the object is located;
- build a bridge model in AutoCAD Civil 3D software.

The bachelor's qualification work contains 61 pages, 7 tables, 27 figures, a list of used sources with 56 titles.

Key words: geodetic monitoring, laser laser scanning, 3D modeling, stereopolies, reconstruction of engineering structures.

ЗМІСТ

ВСТУП	8
РОЗДІЛ 1. РОЗДІЛ 1. ЗАГАЛЬНА ІНФОРМАЦІЯ ПРО МОСТОВІ СПОРУДИ	10
1.1. Класифікація мостових споруд	10
1.2. Нормативно-правове забезпечення реконструкції мостових споруд	14
1.3. Приладове забезпечення робіт	18
Висновки до 1 розділу	23
РОЗДІЛ 2. ЗАРУБІЖНИЙ ДОСВІД ВИКОРИСТАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ МОЖЛИВОСТЕЙ НАЗЕМНОГО ЛАЗЕРНОГО СКАНУВАННЯ ЗОБРАЖЕННЯ ДЛЯ 3D-МОДЕЛЮВАННЯ, РЕКОНСТРУКЦІЇ ТА МОНІТОРИНГУ МОСТІВ	25
2.1. Характеристика матеріалів і методів при наземному лазерному скануванні зображення для 3d-моделювання мосту (на прикладі мосту в Албанії)	25
2.2. Стереозображення як основна концепція вимірювання 3D із зображень	29
2.3. Результати 3d-моделювання, реконструкції та моніторингу мосту	33
Висновки до 2 розділу	38
РОЗДІЛ 3. ГЕОДЕЗИЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ РЕКОНСТРУКЦІЇ ОБ'ЄКТА ДОСЛІДЖЕННЯ	40
3.1. Загальна інформація про об'єкт дослідження	40
3.2. Проведення польових робіт	44
3.3. Опрацювання даних. Побудова плану території в масштабі 1:500 та 3-D моделі мостової споруди	46
Висновки до 3 розділу	52
ВИСНОВКИ	53
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	56

ВИСНОВКИ

Отже, геодезичне забезпечення реконструкції мостів є актуальною темою, особливо в сучасних умовах розвитку інфраструктури, потреби у відновленні застарілих об'єктів та ліквідації наслідків руйнувань, зокрема внаслідок бойових дій в Україні.

Масштабна реконструкція транспортної інфраструктури. Україна активно відновлює дорожні й мостові споруди після руйнувань, спричинених війною. Геодезичне забезпечення дозволяє проводити точні вимірювання, контролювати геометричну конструкцію та планувати ефективну реконструкцію.

Зношеність мостових конструкцій. Багато мостів в Україні експлуатуються десятиліттями та перебувають у критичному стані. Без якісних геодезичних досліджень неможливо оцінити їх реальний стан, зокрема наявність деформацій, просідань або руйнувань несучих елементів.

Технологічні інновації в геодезії. Сучасні методи (лазерне сканування, дрон-знімання, GPS-спостереження) значно підвищують точність реконструкції мостів, зменшуючи ризики проектних помилок та забезпечуючи ефективне планування робіт.

Безпека експлуатації. Помилки у реконструкції можуть призвести до катастрофічних наслідків, включаючи обвалення конструкцій. Точні геодезичні дослідження забезпечують безпечну експлуатацію мостів.

3D-лазерне сканування існуючих мостових конструкцій надає будівельникам і підрядникам дуже точні дані про стан мостів, допомагає їм проводити контроль, визначати точні розміри компонентів мосту та створювати проектні моделі для планування, тестування тощо або запропонованих будівельних майданчиків. Технічне обслуговування та реконструкція цих інженерних інфраструктурних об'єктів, які мають особливе значення та безпосередньо пов'язані з життям їх користувачів, з метою утримання під контролем, функціональності та відродження цих об'єктів через

відповідних спеціалістів, мали як запит на надання геодезичної кінцевої графічної моделі якомога більш точної та реальної. Ця вимога була пов'язана не тільки з конкретними конструктивними елементами як по собі, з яких складаються ці інженерні об'єкти, але також з геометрією їх взаємного розташування цих конструктивних елементів по відношенню один до одного. Часто ця інформація стає більш важливою, якщо її пропонувати в динаміці їх зміни в часі. Як наслідок цих високих вимог, попередні методи виявлення не могли надати таку інформацію, важливу для реконструкції або моніторингу існуючих мостів.

Крім того, враховуючи тривалість їх будівництва, близько 70 років, ці об'єкти мають особливе значення, оскільки вони безпосередньо пов'язані з безпекою та якістю залізничного транспорту і не тільки. Модернізація методів побудови за допомогою таких чисельних досліджень створює гарну основу для належного аналізу, інтерпретації та своєчасних дій з кінцевою метою збереження життя користувачів цих інженерних об'єктів інфраструктури. Інструментальна технологія, яка використовується для виконання цих процесів креслення, забезпечує не тільки високу точність, але й короткий час креслення або моніторингу.

Ці методики гарантують отримання повної динамічної інформації навіть у недоступних для оператора областях в результаті застосування до них технології лазерних променів. У порівнянні з класичним методом моделювання та моніторингу, який максимально забезпечує 3D-модель на основі кількості зменшених точок і для тривалої реалізації, метод моделювання та моніторингу із зображенням наземного лазерного сканування через спеціалізоване програмне забезпечення забезпечує додаткову візуальну інформацію з роздільною здатністю порядку міліметра за дуже короткий час. Таким чином, ми можемо сказати, що кінцевий графічний матеріал є «3D-метричною цифровою фотографією» в повній динаміці.

Використання релевантних технологій інженерних об'єктів із наземним лазерним скануючим зображенням дозволяє створити ідеальну модель об'єкта

як метричної точки зору як з точки зору позиціонування, так і візуалізації.

В роботі розглянуто програмне середовище, яке використовувалось для опрацювання топографо-геодезичних вимірів. Дано опис програмі DIGITALS та AutoCAD Civil 3D. Проведено опрацювання «сирих» даних в програмі CREDO DAT, складено топографічний план місцевості в масштабі 1:500, побудовано 3D-модель автомобільного мосту.

Отже, ПЗ DigitalS призначена для створення, редагування та перегляду топографічних і спеціальних карт, друку топографічних матеріалів відповідно до національних нормативних вимог щодо умовних знаків, ведення міського та земельного кадастрів, а також підтримки робіт із землеустрою.

Розробкою програми займалося державне науково-виробниче підприємство (НВП) «Геосистема» (м. Вінниця), яке входить до структури Департаменту геодезії, картографії та кадастру Міністерства охорони навколишнього природного середовища України.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Загальна інформація про мостові споруди [Електронний ресурс] 11
Режим доступу: <https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%9C%D1%96%D1%81%D1%82>
2. Загальна інформація про мостові споруди [Електронний ресурс] // Режим доступу: <http://mapme.club/poradi/5093-naivishhii-mist.html>
3. Фізико-географічний опис [Електронний ресурс] // Режим доступу: <https://uain.press/videos/tsikava-ukravina-top-5-mostiv-vaki-obov-vazkovo-potribno-pobachvtv-180372>
4. Barsanti SG, Remondino F, Visintini D, (2014). 3D surveying and modeling of Archaeological Sites-Some critical issues. ISPRS Annals of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, II-5/W1, 145-150
5. Boquera JH, Ríos JLD, García EMG, Esteve PN, (2012) Applications del Láser Scanner a la ingeniería civil. Publishing online.
6. mageMaster (2008) Pro _Manual.pdf. Publishing online.
7. Remondino F, El-Hakim, S, (2016) Image-based 3D Modeling: A Review. Photogrammetric Record, 21, 115, 269-291.
8. Remondino F, (2021) Heritage Recording and 3D Modelling with Photogrammetric and 3D Scanning. Remote Sensing, 3, 1104-1138.
9. Tricon (2008) IS2EngRev2.pdf". Publishing online
10. Vosselman G, Maas HG, (2010) Airborne and Terrestrial Laser Scanning. CRC Press Book.
11. Адаменко О.В. Методи розрахунку точності геодезичних робіт при зведенні мостів шляхом моделювання напружено-деформованого стану [Текст]:автореферат дис. канд. техн. наук: 05.24.01/ О.В. Адаменко. – К., 2012. - 18 с.
12. Баран П. І. Інженерна геодезія. К.: ВІПОЛ, 2012. 618 с.
13. Бурак К. О. Розрахунок оптимальних даних для забезпечення співвісності деталей РУ типу ВВЕР-1000 при монтажі. Інженерна геодезія.

2002. № 45. С.34–40.

14. Бурак К. О. Технологія розпланувальних робіт і виконавчих знімків з використанням TPS. *Геодезія, картографія і аерофотознімання* 2011. №75.С. 53–57.

15.Бурак К. О., Лиско Б. О. Використання RTN при перенесенні в натуру проектів горизонтального планування території та осей будівель та споруд. GEOFORUM 2018 : матеріали міжнародної науково-технічної конференції. Місто, 2018 рік. С 15–16.

16.Бурак К.О., Лиско Б. О. Дослідження впливу технологічних параметрів на точність визначення відносних координат вектора з допомогою RTN рішень. Вчені записки ТНУ імені В.І. Вернадського, серія: Технічні науки. Київ, 2019. Том 30 (69) № 4 Частина 1. С. 134-142.

17.Бурак К. О., Лиско Б. О. Ітераційний алгоритм трансформування координат для розпланувальних робіт при будівництві GEOFORUM 2019 Тези доповідей «GEOFORUM'2019». 24-та Міжнародна науково-технічна конференція 10–12 квітня 2019 р., Львів–Брюховичі–Яворів С. 56-57

18.Бурак К. О., Лиско Б. О. Результати дослідження точності RTN методу GNSS вимірів єдиним (вихідним) базовим рішенням та можливості його використання для розмічувальних робіт при будівництві. *Науковий вісник НЛТУ України*. Львів, 2017. № 27. С 145–150.

19.Визначення точності відхилення положення близькостворної точки за допомогою електронного тахеометра / Бурак К. О., Гринішак М. Я., Ковтун В. М., Михайлишин В. П., Шпаківський О. П. *Вісник геодезії і картографії*. Київ, 2012. №2 (77). С. 15–17.

20.Войтенко С. П., Шульц Р. В., Медведський Ю. В. Сучасні методи передачі координат пунктів просторової геодезичної мережі на монтажний горизонт. *Будівництво України: наук.-виробн. журнал*. К., 2009. Вип. № 9–10. С. 21–24.

21.Впровадження державної геодезичної референцної системи

координат України – УСК 2000 / О. Кучер, Ю. Стопхай, Р. Васютенко, О. Ранкевич. Новітні досягнення геодезії, геоінформатики та землепорядкування – Європейський досвід. Вип.4. Чернігів, 2008. С. 25–3

22. Геодезичне забезпечення будівництва. Частина 2. : навчальний посібник / Ратушняк Г. С., Панкевич О. Д., Бікс Ю. С., Вовк Т. Ю. – Вінниця : ВНТУ, 2014. – 99 с

23. ДБН В.1.3.-2:2010. Система забезпечення точності геометричних параметрів в будівництві. Геодезичні роботи в будівництві. К.: Мінрегіонбуд України, 2010. 70 с.

24. ДБН А.2.1-1-2014. Інженерні вишукування для будівництва. К.: Мінрегіонбуд України, 2014. 126 с.

25. Двуліт П. Д., Джуман Б. Б., Смелянець О. В. Модель гравіметричних складових відхилень прямовисних ліній території України за даними EGM 2008. *Геодинаміка: Наук.-техн. зб.* Л.: НУ “Львівська політехніка”, 2012. № 1(12). С. 30–35.

26. Дослідження точності визначення координат GNSS методом в режимі RTK / Віват А. Й., Літинський В. О., Колгунов В. М., Покотило І. Я. *Геодезія, картографія і аерофотознімання.* 2011. №74. С. 52–59.

27. ДСТУ-Н Б В.1.3-1:2009. Система забезпечення точності геометричних параметрів у будівництві. Виконання вимірювань, розрахунків та контроль точності геометричних параметрів. К., 2010. 70 с.

28. Єгоров О. І. Обґрунтування точності геодезичних робіт при будівництві і експлуатації споруд баштового типу на основі напружено-деформованого стану : дис. канд. наук: 05.24.01– геодезія, фотограмметрія і картографія / Київський національний ун-т будівництва і архітектури. К., 2001. 144 с.

29. Заблоцький Ф., Савчук М. Точність вологої складової зенітної тропосферної затримки, виведеної із GPS-спостережень. Сучасні досягнення геодезичної науки та виробництва. 2014. Вип. I(27). С. 52–54.

30. Задемленюк А. В. Аналіз GNSS обладнання для роботи в RTK

режимі. Сучасні досягнення геодезичної науки та виробництва. Львів, 2010. Вип. II (18). С. 108–116.

31. Задемленюк А. В. Дослідження впливу похибок на супутникові вимірювання в RTK-режимі. Геодезія, картографія і аерофотознімання. 2010. № 73. С. 25–33.

32. Задемленюк А. В. Дослідження похибок супутникових вимірювань в RTK режимі. Нові технології в геодезії та землевпорядкуванні. Ужгород, 2010. Вип. 5. С. 90–93.

33. Задемленюк А. В. Про сучасний стан координатного забезпечення та перспективи його вдосконалення для задач кадастру. Геодезія, картографія і аерофотознімання. Львів, 2008. Вип. 70. С. 14–20.

34. Задемленюк А. В. Результати експериментальних досліджень точності визначення координат та практичне застосування RTK-технології з використанням GPRS Internet з'єднання. Геодезія, архітектура та будівництво. Львів, 2009. Вип. 2. С. 130–133.

35. Застосування супутникових методів для створення геодезичної мережі при будівництві метрополітену / Р. В. Шульц, М. В. Білоус, В. Я. Ковтун та ін. Вісник геодезії та картографії, 2012, № 2 (77). С. 5–9.

36. Інструкція з топографічного знімання у масштабах 1:5000, 1:2000, 1:1000 та 1:500 (ГКНТА-2.04-02-98). [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.geoguide.com.ua/basisdoc/basisdoc.php?part=tgo&art=3501>.

37. Інструкція про побудову державної геодезичної мережі з використанням супутникових радіонавігаційних систем. Офіц. вид. К.: Міністерство екології та природних ресурсів України, 2002. 56 с.

38.

39. ДБН В.2.3-22:2009. Споруди транспорту. Мости та труби. Основні вимоги проектування.

40. ДБН В. 1.3-2:2010. Геодезичні роботи у будівництві.

41. Фізико-географічний опис [Електронний ресурс] // Режим доступу:

[http://uk.wikipedia.org/wiki/Мукачівський район;](http://uk.wikipedia.org/wiki/Мукачівський_район)

42. Фізико-географічний опис [Електронний ресурс] // Режим доступу: [http://ecozakarp.at.gov.ua/wp-content/pzf_ekomereia/zvit_mukachivskv.doc;](http://ecozakarp.at.gov.ua/wp-content/pzf_ekomereia/zvit_mukachivskv.doc)

43. Фізико-географічний опис [Електронний ресурс] // Режим доступу: https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%9C%D1%83%D0%BA%D0%B0%D1%87%D0%B5%D0%B2%D0%BE#cite_note-17

44. Геологія і геоморфологія Закарпатської області [Електронний ресурс] // Режим доступу: <http://carpaty.net/?p=30958&lang=uk>

45. Геологічна карта Закарпатської області [Електронний ресурс] // Режим доступу: https://geo.inf.kiev.ua/wp/w/Vievier.php?pr=1&ump=m34-35&fmp=kv_m34-35_3.jpg

46. Сейсмічність Закарпатської області [Електронний ресурс] // Режим доступу: <https://zakarpattva.net.ua/News/101177-Tektonichnyi-rozlom-iakvi-dilvt-Zakarpattia-navpil-bezperestanku-rozshvriuietsia>

47. Землетруси на території Закарпаття [Електронний ресурс] // Режим доступу: <http://www.mukachevo.net.ua/news/vievier/142491>

48. Геофізична інформація Закарпатської області [Електронний ресурс] // Режим доступу: https://geolmigi.com/book_view.php?icHl11

49. Система Zakpos [Електронний ресурс] // Режим доступу: [http://zakpos.zakgeo.com.ua/index.php?option=com_content&task=view&id=13&Itemid=55;](http://zakpos.zakgeo.com.ua/index.php?option=com_content&task=view&id=13&Itemid=55)

50. Тахеометр Sokkia Power Set 250RX [Електронний ресурс] // Режим доступу <https://www.rusgeocom.ru/products/taheometr-sokkia-set-250rx>

51. GNSS - приймач South Galaxy GIPlus [Електронний ресурс] // Режим доступу <https://geoagronavt.com.ua/ua/pl398979045-gnss-rtk-prienmik.html>

52. Тахеометричне знімання [Електронний ресурс] // Режим доступу: <https://buklib.net/books/35732/>

53. RTK режим [Електронний ресурс] // Режим доступу: [http://www.demetra5.kiev.ua/ua/info/articles/GNSS-network;](http://www.demetra5.kiev.ua/ua/info/articles/GNSS-network)

54. Програмне забезпечення Digitals [Електронний ресурс] // Режим доступу: [https://studfile.net/preview/5720767/page: 14/](https://studfile.net/preview/5720767/page:14/)

55. Програмне забезпечення Digitals [Електронний ресурс] // Режим доступу: [http://geoknigi.com/book view.php?id=640:](http://geoknigi.com/book/view.php?id=640)

56. Програмне забезпечення Digitals, AutoCad Civil 3D [Електронний ресурс] // Режим доступу: http://icad.spb.ru/software/item/civil_3d/