

УДК 656.2:004.94

**МОДЕРНІЗАЦІЯ СТАНЦІЙНИХ ГОРЛОВИН ІЗ
ЗАСТОСУВАННЯМ ЦИФРОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ SCAN-TO-BIM**

**MODERNIZATION OF RAILWAY STATION THROATS USING
SCAN-TO-BIM DIGITAL TECHNOLOGIES**

аспірант М. В. Продащук, аспірант П. В. Квасов

Український державний університет залізничного транспорту (м. Харків)

M. Prodashchuk postgraduate, P. Kvasov postgraduate

Ukrainian State University of Railway Transport (Kharkiv)

Внаслідок війни пошкоджено близько 507 км залізничного полотна, 126 станцій і вокзалів, з яких понад 53 – на підконтрольній території. Понад 700 км колій розташовані на тимчасово окупованих територіях. Загальні втрати Укрзалізниці становлять близько 5,5 тис. будівель і 4 тис. споруд, прямі збитки галузі оцінюються в \$4,3 млрд [1].

Післявоєнне відновлення транспортної інфраструктури України потребує впровадження сучасних технологічних рішень, здатних забезпечити оперативне та ефективне проектування й реалізацію відбудовних заходів. Особливої уваги потребує модернізація залізничної інфраструктури, зокрема важливих її елементів – станційних горловин, від яких залежить ефективність роботи станцій. Застарілі або пошкоджені конструкції горловин суттєво обмежують пропускну здатність станцій, збільшують час обробки поїздів і витрати на технічне обслуговування. У цьому контексті технологія Scan-to-BIM (сканування для створення інформаційної моделі будівлі) демонструє значний потенціал як інструмент точного просторового обстеження, діагностики, моделювання та оптимізації конфігурації таких об'єктів.

У воєнних умовах, коли значна частина залізничної інфраструктури України зазнала руйнувань, особливого значення набуває завдання раціонального відновлення геометрії горловин з урахуванням сучасних вимог до пропускну та переробної спроможності, а також обмежень просторового характеру. Під час аналізу пошкодженої або застарілої залізничної інфраструктури виникає потреба у точному відображенні її геометрії та технічного стану для подальшої модернізації. Особливо це актуально для станційних горловин, де кожний елемент має безпосередній вплив на тривалість маневрових операцій, пропускну спроможність станції та витрати на обслуговування. Відсутність актуальної інформації, невідповідність наявної документації реальному стану або фізична недоступність об'єктів суттєво ускладнюють процес реконструкції. У

таких умовах технологія Scan-to-BIM дозволяє отримати точну тривимірну модель фактичного стану інфраструктури, що особливо важливо в умовах обмеженого доступу до об'єктів та необхідності оперативного прийняття рішень.

Технологія Scan-to-BIM відкриває нові можливості для оптимізації геометрії станційних горловин завдяки точному просторовому лазерному скануванню (Autodesk Recap) [2] та фотограмметрії. Хмари точок дозволяють з високою точністю відтворити наявну геометрію колійного розвитку, положення стрілочних переводів, зв'язків з інженерною інфраструктурою та елементами забудови. Подальше моделювання у програмному середовищі (Autodesk Revit/Autodesk Civil 3D) [2] альтернативних варіантів реконструкції з використанням методів тривимірної симуляції дозволяє: точно відтворити існуючу геометрію колій, стрілочних переводів і зв'язків з інженерними спорудами; виявити «вузькі місця» у конфігурації горловин, що спричиняють затримки; розрахувати найраціональніше розташування елементів горловин на основі реальних геоданих; моделювати рух поїздів за різних варіантів конструкції, визначаючи оптимальний за критеріями часу, безпеки та витрат та змоделювати альтернативні варіанти реконструкції; проаналізувати сценарії руху поїздів та визначити критичні точки конфліктів. Завдяки створеній моделі можна провести точну оцінку пошкоджень, розрахувати потребу в матеріалах і ресурсах, а також спрогнозувати строки та етапи відновлення інфраструктури. Крім того, інтеграція таких моделей з геоінформаційними системами (GIS) дозволяє візуалізувати дані на масштабних ділянках, зокрема залізничних мережах, забезпечуючи стратегічне планування відновлення та модернізації транспортної інфраструктури.

Моделювання альтернативних варіантів реконструкції горловин у середовищі BIM дозволяє не лише візуалізувати можливі конфігурації, але й здійснювати інженерний аналіз: розрахунок довжин маршрутів, оцінку часу виконання маневрових операцій, визначення критичних точок конфліктів руху. Залучення параметричного моделювання в Autodesk Civil 3D/Bentley OpenRail Designer або аналогічному програмному забезпеченні дозволяє швидко перебудовувати геометрію горловини залежно від заданих функціональних обмежень і технічних вимог.

Застосування лазерного сканування дозволяє створити точну цифрову модель існуючого стану горловини. У процесі аналізу моделі можливо виявити зайві стрілочні переводи, які дублюють функціональність інших маршрутів; застарілі конфігурації, які більше не використовуються; нераціональне розташування елементів, що подовжують маршрути.

З використанням BIM-моделювання (Autodesk Revit + Autodesk Civil 3D+Bentley OpenRail Designer) [3, 4] можливо провести віртуальне перепланування стрілочних переводів з урахуванням оптимального кута

переводу (заміна стрілок марки 1/9 на 1/11); зменшити габарити за рахунок зміни радіусів і збереження нормативних швидкостей проходження; уникнувши перехресть. Зменшення кількості стрілочних переводів і довжини маршруту дозволить звільнити площу, яку можна використати для технологічних потреб, зменшити навантаження на систему СЦБ, а також зменшити витрати на технічне обслуговування.

В умовах обмежених фінансових ресурсів та просторових можливостей оптимізація горловин дозволяє суттєво підвищити пропускну спроможність станцій без потреби у капітальному будівництві. Це є особливо важливим під час відновлення критичної інфраструктури після пошкоджень, коли на перший план виходить швидкість і ефективність реалізації проєктних рішень.

У результаті впровадження технології Scan-to-BIM у модернізацію станційних горловин можливо не лише відновлювати інфраструктуру, а робити її ефективнішою, ніж до руйнування, з меншими витратами на експлуатацію та вищою продуктивністю.

Scan-to-BIM формує нову концепцію управління відновленням транспортної інфраструктури – з прозорими процесами, оперативною діагностикою і виваженими інженерними рішеннями. Такий підхід є надзвичайно актуальним у сучасних умовах, коли кожне інвестиційне рішення має бути максимально обґрунтованим, а використання ресурсів – оптимальним. Технологія має потенціал для широкого застосування в межах національних програм реконструкції залізничної мережі України.

[1] Звіт про прямі збитки інфраструктури від руйнувань внаслідок військової агресії Росії проти України станом на листопад 2024 року. URL: https://kse.ua/wp-content/uploads/2025/02/KSE_Damages_Report-November-2024-UA.pdf

[2] Scan to BIM: Reality capture meets actionable data models. URL: <https://www.autodesk.com/industry/land-development/scan-to-bim>

[3] How to use CivilConnection between Civil 3D and Revit. URL: <https://www.autodesk.com/support/technical/article/caas/sfdcarticles/sfdcarticles/How-to-access-CivilConnection-in-Revit.html>

[4] OpenRail Designer - Onboarding Guide. URL: <https://www.bentley.com/wp-content/uploads/OpenRail-Designer-Onboarding-Guide.pdf>