

ТРАНСПОРТНІ ТЕХНОЛОГІЇ (ЗА ВИДАМИ)

УДК 625.72

DOI <https://doi.org/10.33082/td.2022.2-13.03>

СУЧАСНІ ЗАКОРДОННІ СИСТЕМИ АВТОМАТИЗОВАНОГО ПРОЄКТУВАННЯ ДЛЯ ПРОЄКТУВАННЯ АВТОМОБІЛЬНИХ ДОРІГ

Н.О. Арсеньєва¹, Г.Р. Фоменко²

¹к. т. н., доцент кафедри «Проектування доріг, геодезії і землеустрою»,
Харківський національний автомобільно-дорожній університет, Харків, Україна,
ORCID ID: 0000-0002-6178-2558

²к. т. н., доцент кафедри «Проектування доріг, геодезії і землеустрою»,
Харківський національний автомобільно-дорожній університет, Харків, Україна,
ORCID ID: 0000-0001-8789-7575

Анотація

Вступ. Аналіз сучасних процесів автоматизації проектування показує, що за допомогою автоматизації інженерних розрахунків і креслярських робіт можливе істотне зниження термінів розроблення проєктів та підвищення якості проектування. Сьогодні проектування автомобільних доріг виконується із широким застосуванням автоматизованих процедур, починаючи зі збору й обробки геодезичної інформації та закінчуючи підготовкою креслень і кошторисних розрахунків. Зараз проектування автомобільних доріг виконується переважно автоматизовано, тобто за допомогою систем автоматизованого проектування. Такі системи дають змогу створити цифрову модель автомобільної дороги та всю необхідну проєктну документацію. Нині в повному обсязі системи автоматизованого проектування, які використовують в Україні, відповідають нормам щодо проектування автомобільних доріг, а також вимогам фахівців. **Метою** статті є аналіз систем автоматизованого проектування транспортних споруд, а також аналіз можливості використання закордонних програмних продуктів в Україні. У роботі наведено характеристики програмних комплексів, проведено аналіз їхніх функціональних можливостей та виявлено основні особливості. **Результати.** Унаслідок аналізу систем автоматизованого проектування транспортних споруд встановлені основні принципи проектування автомобільних доріг. Практично всі програми базуються на загальноприйнятих підходах до проектування поздовжнього профілю, поперечних профілів, проектування транспортних розв'язок та інших елементів автомобільної дороги. **Висновки.** Аналіз програмних рішень у галузі систем автоматизованого проектування автомобільних доріг дає змогу виділити основні тенденції розвитку в дорожньому проектуванні. Сьогодні сучасні системи автоматизованого проектування вже не конкурують між собою, намагаючись надати користувачам якомога більший набір інструментів для вирішення практично всіх можливих завдань, що виникають у процесі проектування. Це

пов'язано з тим, що практично всі системи на цей час уже мають необхідний функціонал для виконання широкого кола завдань проектування. В одній системі трохи зручніші одні інструменти, у другій – інші. Тому вибір відповідної системи автоматизованого проектування часом перетворюється на суб'єктивне сприйняття системи, де важливу роль відіграє зручний і дружній інтерфейс системи, простота освоєння та навіть продумана й логічна технологія роботи.

Ключові слова: системи автоматизованого проектування автомобільних доріг, проектування поздовжнього профілю автомобільної дороги, проектування плану траси, проектування поперечних профілів, проектування транспортних розв'язок.

MODERN FOREIGN CAD FOR HIGHWAYS DESIGN

N.O. Arsenieva¹, G.R. Fomenko²

¹PhD., Associate Professor at the Department "Highway Design, Geodesy and Land Management",

Kharkiv National Automobile and Highway University, Kharkiv, Ukraine,
ORCID ID: 0000-0002-6178-2558

²PhD., Associate Professor at the Department "Highway Design, Geodesy and Land Management",

Kharkiv National Automobile and Highway University, Kharkiv, Ukraine,
ORCID ID: 0000-0001-8789-7575

Summary

Introduction. The analysis of modern processes of design automation shows that with the help of automation of engineering calculations and drawing works it is possible to significantly reduce the time of project development and improve the quality of design. At present, the design of roads is performed with the widespread use of automated procedures, ranging from the collection and processing of geodetic information and ending with the preparation of drawings and estimates. At present, the design of roads is mainly automated, with the help of computer-aided design systems. Computer-aided design allows you to create a digital model of the road and all the necessary design documentation. Currently, fully computer-aided design used in Ukraine meet the standards for road design, as well as the requirements of specialists. **Purpose.** The aim of the article is to analyze the systems of automated design of transport facilities, as well as the analysis of the possibility of using foreign software products in Ukraine. The characteristics of software complexes are given in the work, the analysis of their functional possibilities is carried out and the basic features are revealed. **Results.** After the analysis of computer-aided design systems of transport constructions the basic principles of designing of highways are established. Almost all programs are based on generally accepted approaches to the design of longitudinal profiles, cross sections, design of transport interchanges and other elements of the highway. **Conclusions.** The analysis of software solutions in the field of computer-aided design of highways allows to highlight the main trends in road design. Today, modern computer-aided design no longer compete with each other, trying to provide users with the widest possible set of tools to solve almost all possible problems that arise in the design process. This is due to the fact that almost all systems currently have the necessary functionality to perform

a wide range of design tasks. In one system some tools are a little more convenient, in another others. Therefore, the choice of appropriate computer-aided design sometimes turns into a subjective perception of the system, where an important role is played by a convenient and friendly interface of the system, ease of development, as well as thoughtful and logical technology.

Key words: *computer-aided design of highways, design of the longitudinal profile of the highway, design of the route plan, design of cross sections, design of transport interchanges.*

Вступ. Аналіз сучасних процесів автоматизації проектування показує, що за допомогою автоматизації інженерних розрахунків і креслярських робіт можливе істотне зниження термінів розроблення проектів та підвищення якості проектування. Сьогодні проектування автомобільних доріг виконується із широким застосуванням автоматизованих процедур, починаючи зі збору й обробки геодезичної інформації та закінчуючи підготовкою креслень і кошторисних розрахунків. Зараз проектування автомобільних доріг виконується переважно автоматизовано, тобто за допомогою систем автоматизованого проектування. Такі системи дають змогу створити цифрову модель автомобільної дороги та всю необхідну проектну документацію. Нині в повному обсязі системи автоматизованого проектування, які використовують в Україні, відповідають нормам щодо проектування автомобільних доріг, а також вимогам фахівців.

Формулювання цілей статті. Метою статті є аналіз систем автоматизованого проектування транспортних споруд, а також аналіз можливості використання закордонних програмних продуктів в Україні. У роботі наведено характеристики програмних комплексів, проведено аналіз їхніх функціональних можливостей та виявлено основні особливості.

Виклад основного матеріалу. Зараз на ринку програмних продуктів представлена велика кількість систем, що відповідають вимогам спеціалістів із проектування автомобільних доріг. Економічність та оптимальність прийнятих проектних рішень досягається завдяки як творчому потенціалу інженера-проектувальника, так і методам математичного моделювання та оптимізації, застосування яких можливе лише в умовах системної автоматизації проектних робіт. Розроблення перших програм автоматизації проектування автомобільних доріг за кордоном датується початком 1960-х рр. та пов'язане насамперед із проектуванням проектною лінією поздовжнього профілю [1–2].

У статті пропонується огляд закордонних систем автоматизованого проектування (далі – САПР) автомобільних доріг, які поки що не використовують в Україні. Однак аналіз різних САПР може бути дуже корисним, оскільки він дає змогу виділити основні тенденції розвитку програмного забезпечення для проектування автомобільних доріг. У роботі розглянуті такі програми: MXRoad (Infrasoft, BentleySystems, США), RoadEng (Softree, Канада), Novapoint Road (VIANOVA Systems AS, Норвегія), SierraSoft Roads (SierraSoft, Італія), Anadelta Tessera (Anadelta Software, Греція) [3]. Усі розглянуті програмні продукти оперують одними й тими самими термінами, що описують модель дороги: план, поздовжній і поперечні профілі, 3D-вигляд тощо. Також

концепція та технологія геометричного проектування дороги практично однакова в усіх зазначених продуктах [4; 5].

САПР автомобільних доріг MXRoad є одним із модулів сімейства продуктів MX від фірми Infracsoft (США). Крім MXRoad, до складу модулів входить система проектування залізниць та їх інфраструктури (MXRail), система планування земельних ділянок під забудову (MXSite), система проектування модернізації та ремонту вулиць і доріг (MXRenew), редактор підготовки проєктної документації (MXDraw) [3; 6] (див. рис. 1). На початку 1990-х рр. цей програмний продукт активно вийшов на ринок, однак під маркою англійської компанії MOSS, чії технології згодом були придбані компанією Infracsoft. Варто також зазначити, що Infracsoft у 2003 р. увійшла до складу компанії BentleySystems, одного зі світових лідерів у розробленні програм класу САПР та ГІС.

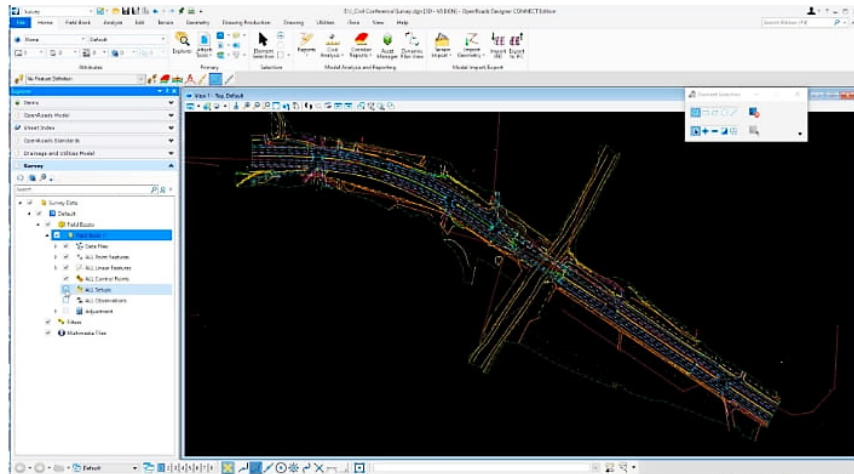


Рис. 1. Створення об'єктів у програмі MXRoad [6]

Нині програми серії MX повністю сумісні з MS Windows та здатні працювати з Windows або як самостійні програми, або серед найбільш популярних САПР AutoCAD і MicroStation [6]. MX в AutoCAD та MX в MicroStation привносять нові можливості в 3D-моделювання, які забезпечуються завдяки використанню останніх досягнень об'єктно орієнтованої технології. MX-моделі, створені в одному середовищі, можуть бути відкриті та використані без будь-якої трансляції в іншому середовищі. Головною концепцією, яка є основою продуктів MX, є моделювання струнами. Струни – це тривимірні ламані лінії, які є моделлю майбутнього об'єкта. Кожна струна повинна мати своє найменування та бути пов'язаною з певними характеристиками. MXRoad забезпечує введення вихідних даних і їх аналіз, проектування дороги за допомогою динамічного 3D-трасування, використання 3D-осьових ліній для визначення всіх елементів проїзної частини дороги й узбіччя, автоматичний розрахунок віражів та приведення у відповідність ухилів віражу до місцевих стандартів [6] (див. рис. 2).

Програмний комплекс RoadEng був розроблений компанією Softree Technical Systems Inc., яка розташована в Канаді [7]. Основною функцією програмного

комплексу вони вважають створення доступного та простого у використанні програмного забезпечення в галузі транспорту й цивільного будівництва.

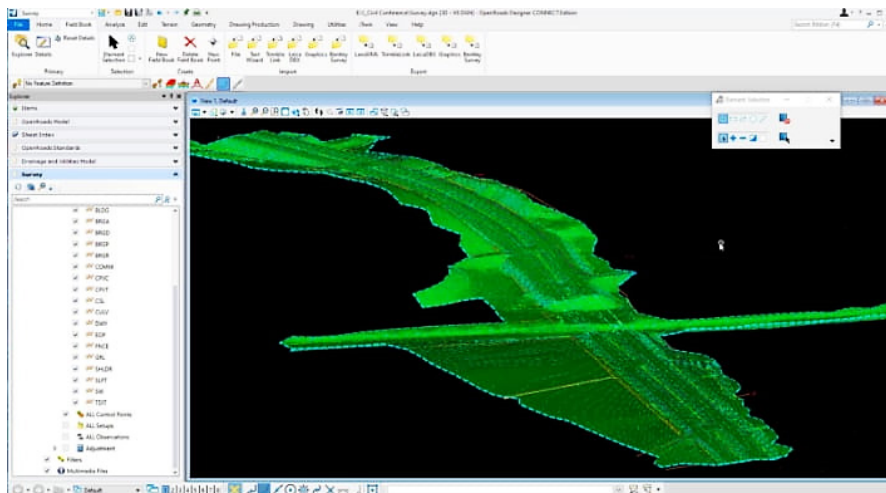


Рис. 2. Інтелектуальні моделі місцевості в MXRoad [6]

Програмні продукти компанії для проектування автомобільних доріг становлять три основні програми:

- Terrain Tools 3D – для створення тривимірних моделей місцевості;
- RoadEng – для проектування автомобільних доріг;
- Softree Optimal – оптимізація поздовжнього профілю дороги за критерієм найменшої вартості [7].

На ринку програмного забезпечення комплекс представлений із 2006 р. Основні користувачі – це США, Канада та Європа [7]. Вихідні дані для побудови моделі рельєфу можуть бути імпортовані з файлів різних форматів, зокрема GPS, DWG, GIS-даних та растрових зображень (див. рис. 3). Програма дає можливість керувати величезними масивами точок, такими як хмари точок лазерного сканування. Робоча область являє собою стандартний набір із чотирьох робочих вікон: план, поздовжній профіль, поперечний профіль тощо. Усі вікна взаємопов'язані – будь-які зміни, зроблені в одному з вікон, відразу відображаються в інших. Під час створення плану траси можна відразу контролювати положення підоснови укосів, меж смуг відводу, ухилів та об'ємів. RoadEng – це проста й зручна в роботі програма, яка має мінімальний набір функцій для проектування лінійно-протяжних об'єктів. Програма найбільше підходить для виконання невеликих за масштабом проєктів. Сумісність з іншим програмним забезпеченням реалізована за допомогою LandXML.

У RoadEng широко використовуються шаблони для виконання типових операцій. Редактор шаблонів дає змогу моделювати типові поперечні профілі, задаючи кювети, дорожній одяг, матеріали основи, смуги розширення, бортові камені, тротуари (див. рис. 4) [7].

Цікавим рішенням є програма Softree Optimal, яка може використовуватися спільно з RoadEng. Вона дає можливість шукати оптимальну геометрію

поздовжнього профілю осі дороги за критерієм найменшої вартості. Softree Optimal працює на основі даних про наявну поверхню, положення осі дороги у плані, структуру поперечних профілів та деякі параметри проектування. Дані про поверхню та положення траси у плані можуть бути імпортовані із зовнішніх файлів, наприклад XML, або створені в RoadEng. У процесі пошуку найкращого рішення формується оптимальний план переміщення земляних мас із мінімізацією вартості переміщення матеріалів [7]. Також мінімізуються обсяги насипу та виїмки.

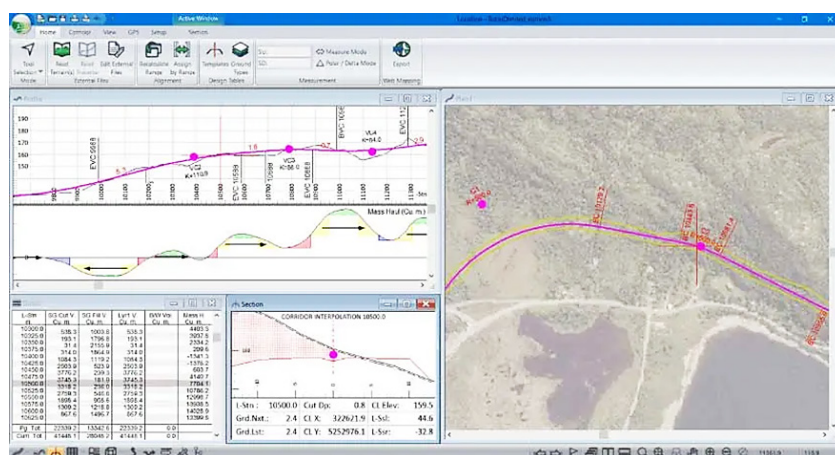


Рис. 3. Геометричний дизайн коридору у програмі RoadEng [7]

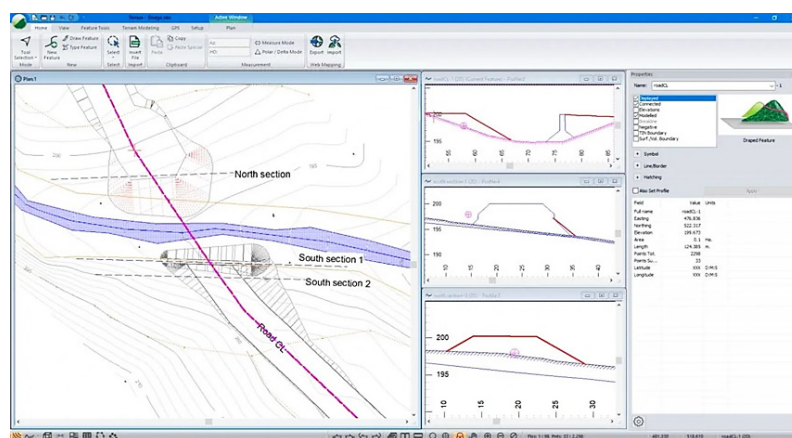


Рис. 4. Проектування поперечних профілів [7]

Компанія VIANOVA Systems AS є лідером у Скандинавії, а саме в Норвегії, у сфері розроблення програмного забезпечення для проектування об'єктів транспортної інфраструктури. Novarpoint – це лінійка продуктів, які використовуються як додаткові модулі для продуктів Autodesk. З 1988 р. розроблено вже більше 25 пакетів для проектування об'єктів транспортної інфраструктури [8]. Для проектування автомобільних доріг компанія пропонує розробку Novarpoint Road, яка представлена у двох комплектаціях – Standard і Professional. Крім цього, є модуль

для проєктування дорожніх знаків Novapoint Road Signs, модуль для проєктування дорожньої розмітки Novapoint Road Marking та низка інших.

Novapoint Road Standard – це програмне забезпечення для ефективного проєктування всіх типів доріг і вулиць та транспортних розв’язок. Програмне забезпечення містить функції для проєктування осьових ліній і дорожнього покриття, виконання загальних розрахунків та звітів. Novapoint Road Standard добре підходить для креслення доріг із повними розрізами ґрунту та засипки, а також для експорту викладених даних. Цей інструмент проєктування також добре обладнаний для експорту моделей доріг для використання в 3D-моделях та контролю [8].

Novapoint Road Professional – це більш просунута та професійна версія Novapoint Road Standard. Функції в Road Professional мають більше можливостей, ніж у Road Standard, і програма може аналізувати видимість, генерує висоту й розширення на дорожньому покритті на основі національних стандартів. Novapoint Road Professional має спеціальні функції для проєктування розв’язок. Це повна програма для використання у проєктуванні та плануванні доріг [8].

Novapoint Road – це інструмент для створення планів будівництва автомобільних доріг усіх категорій, вулиць та перетинів. Він інтегрований з іншими модулями Novapoint та може надати їм вихідні дані, щоб виконати, наприклад, проєктування водовідводу, проєктування мостів і тунелів тощо. Novapoint Road складається з таких основних блоків: проєктування планів траси, проєктування структури доріг, проєктування перетинів, проєктування поздовжнього профілю, обчислення об’ємів, випуск креслень та 3D-моделювання (див. рис. 5).

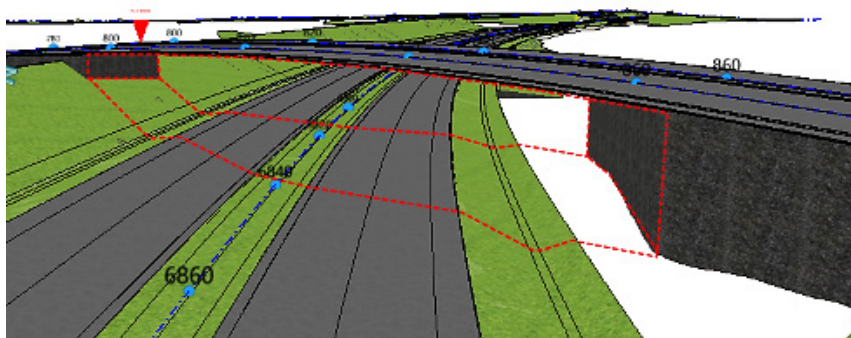


Рис. 5. Моделювання перетинів у програмі Novapoint Road [8]

Проєктування перетинів представлено функціями для створення кільцевих перехресть, Т- та Х-образних перетинів. Проєктування базується на шаблонах і виконується після встановлення низки базових параметрів. Novapoint Road містить прямий експорт у Novapoint Virtual Map, яка призначена для встановлення, візуалізації моделей, підготовлених у програмах VIANOVA Systems, та виявлення в цих моделях конфліктів (див. рис. 6) [8]. Програма Novapoint Road найбільше орієнтована на Північну Європу. Має англomовний інтерфейс, крім того, є підтримка стандартів та мов скандинавських країн: Норвегії, Швеції, Данії, Фінляндії. Сучасні тенденції розвитку програмного забезпечення VIANOVA Systems включають також нові рішення для BIM-технологій.

SierraSoft Roads – це продукт італійської компанії SierraSoft, яка спеціалізується на розробленні програмного забезпечення для завдань вишукувань, проектування та будівництва транспортних об'єктів. Продукти компанії поширені в більше ніж 15 країнах світу [9]. Самі програми та технічна підтримка доступні різними мовами. Архітектура програмних продуктів компанії дає можливість адаптувати їх під місцеві норми й правила. Перше покоління системи проектування доріг вийшло в 1992 р. Нове покоління системи для проектування доріг SierraSoft Roads вийшло у 2015 р.

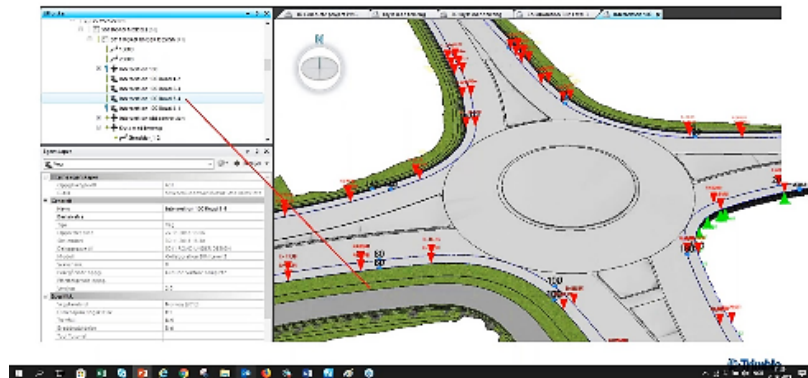


Рис. 6. Проектування кільцевих перетинів у програмі Novapoint Road [8]

Відмінною особливістю програмного комплексу Sierra Roads для проектування автомобільних доріг можна назвати нову платформу M3 Framework, на якій побудовано нестандартний інтерфейс програмних систем компанії SierraSoft. У системі відсутні вкладки та головне меню. Інструменти представлені у вигляді невеликої кількості згрупованих кнопок створення об'єктів. При цьому всі операції з редагування й аналізу проекту винесено до спеціалізованої галузі, де у вигляді таблиць представлені елементи активної траси [9].

У програмних продуктах SierraSoft підтримуються об'єкти, що динамічно вивантажуються, які допомагають тримати в пам'яті тільки ті дані, які використовуються у програмі. Це дає можливість працювати з великими файлами вихідних даних і знімає обмеження на обсяг оперативної пам'яті [9]. Наприклад, проектування осі в SierraSoft Roads реалізоване через побудову послідовності сполучених елементів. Це досить зручно в тому випадку, якщо спочатку зрозумілі вихідні дані проектування: радіуси, напрямок руху тощо. Однак якщо проектувальнику необхідно постійно змінювати планове положення осі, добиваючись оптимальної конфігурації, такий підхід викликає досить сильні труднощі. У програмі дуже зручно опрацьовані інструменти побудови примикань і перетинів. Багато інформації виводиться та редагується у табличному вигляді. Є зручна й універсальна бібліотека поперечних профілів та дорожнього одягу. Ще однією особливістю Sierra Roads є можливість обертання плану траси у тривимірному просторі та перегляду проектного рішення у «дротяному» вигляді. При цьому можна ввімкнути спеціальний режим перегляду виділеного поперечного профілю, у разі активації якого наочно відображається проектна поверхня та конструкція дорожнього одягу [9] (див. рис. 7).

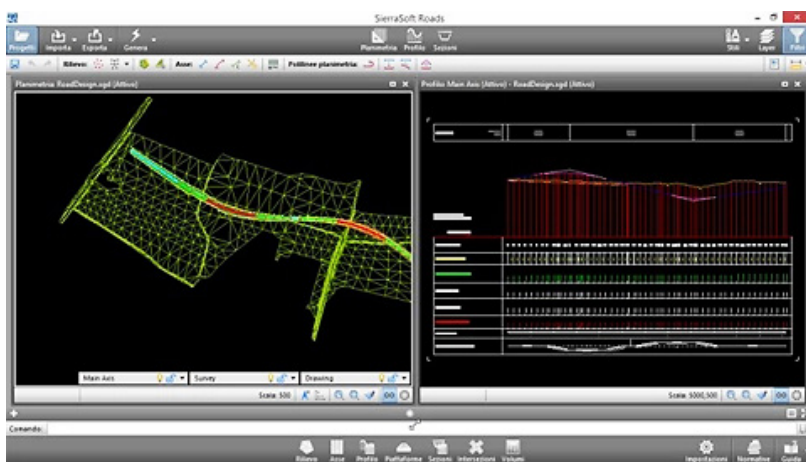


Рис. 7. Інтерфейс програми SierraSoft Roads [9]

SierraSoft Roads має великі функції з аналізу проектних рішень (відповідність нормам у плані, профілі, графік видимості тощо). У вигляді таблиць виводяться площі та обсяги земляних робіт і дорожнього одягу (див. рис. 8). Компанія SierraSoft позиціонує свій продукт як BIM-сумісний. Він містить функціональні й матеріальні характеристики різних частин проекту та може бути використаний як база даних для надання знань під час вирішення взаємопов'язаних завдань у межах усього етапу проектування. Функції BIM SierraSoft Roads дають можливість створювати, змінювати, аналізувати інформаційні моделі доріг та обмінюватися даними. Проектування й інформаційне моделювання відбуваються одночасно із сильною оптимізацією діяльності та стримуванням витрат.

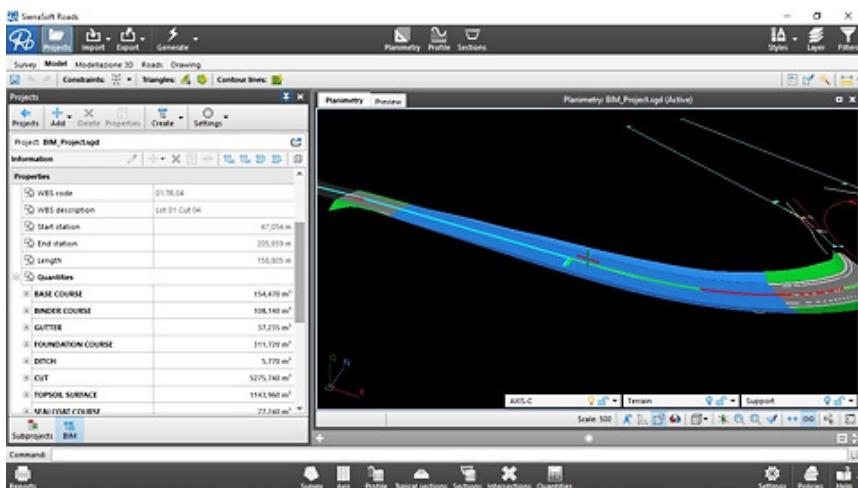


Рис. 8. Проектування у програмі SierraSoft Roads [9]

Anadelta Software – це грецька компанія з багаторічним досвідом розроблення програмного забезпечення для проектування автомобільних доріг. Вона була заснована в 1993 р. Головний продукт компанії – програма Anadelta Tessera – дуже

поширений у Греції. Програма відрізняється дружнім інтерфейсом і дає змогу вирішувати всі основні завдання, що виникають у процесі проектування автомобільних доріг [10].

Інтерфейс програми доступний англійською, французькою та грецькою мовами. Робота у програмі Anadelta Tessera організована за принципами, які характерні для всіх наявних САПР, – у декількох робочих вікнах (план, поздовжній профіль, поперечні профілі, 3D-вид). Планова геометрія траси може бути визначена декількома способами: візуально на плані, шляхом імпорту даних із текстового файлу, встановленням необхідних координат у спеціальній таблиці. Під час трасування у плані працює наочна система сповіщень про помилки. У програмі Anadelta Tessera традиційні принципи трасування у плані розширені можливістю створення складових кривих, що одержуються об'єднанням двох вершин, які послідовно йдуть одна за одною (див. рис. 9). Цей тип вершин використовується для моделювання крутих поворотів під гострим кутом та послідовності «клотоїда – кругова крива – клотоїда – кругова крива – клотоїда». Така вершина сприймається системою як єдине ціле, і у процесі редагування будь-якого параметра перелічуються всі інші [10]. Також у системі реалізовані параболічні криві (парабола – кругова крива – парабола). Вони використовуються переважно під час проектування залізниць. Типові поперечні профілі підтримують дороги з двома проїзними частинами, а також вичерпний набір елементів, таких як зміцнення кюветів, водовідвідні лотки, огороження New Jersey тощо.

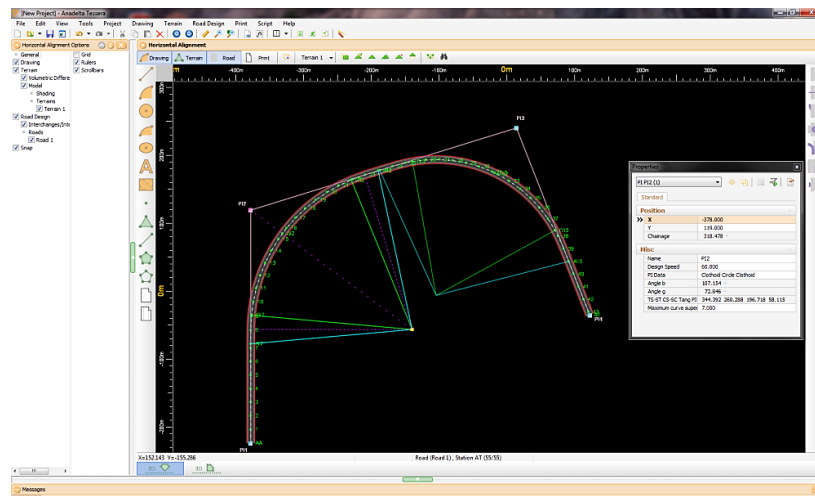


Рис. 9. Моделювання кривих у програмі Anadelta Tessera [10]

Базовий сценарій передбачає проектування поздовжнього профілю та використання типових поперечних профілів, які можуть бути змінені (див. рис. 10). Однією з найсильніших сторін розробника системи Anadelta Tessera вважають просте та зручне створення розв'язок в автоматичному режимі [10]. У процесі створення розв'язки користувач вказує точки злиття та поділу потоків, при цьому система створює смуги розгону й гальмування з урахуванням параметрів доріг та заданих обмежень. Далі система виконує автоматичну синхронізацію

поперечних профілів основних доріг і з'їздів. Для аналізу розв'язки можна сформувати поперечний профіль, який показує перетин основної дороги та з'їзду. Anadelta Tessera може обчислювати необхідні відстані видимості відповідно до заданої розрахункової швидкості. Крім цього, аналізується видимість у виїмці: програма малює криві видимості та обчислює потрібний простір, необхідний для забезпечення видимості. Також програма може сама внести потрібні модифікації у проект (наприклад, існуючу поверхню), щоб забезпечити видимість. Модуль 3D-зображення є частиною САПР-платформи Tessera [10]. Він доступний на будь-якому етапі проектування. Унаслідок аналізу моделі дороги у 3D-виді можна отримувати докладні дані про вихідну поверхню та структуру поперечних профілів дороги.

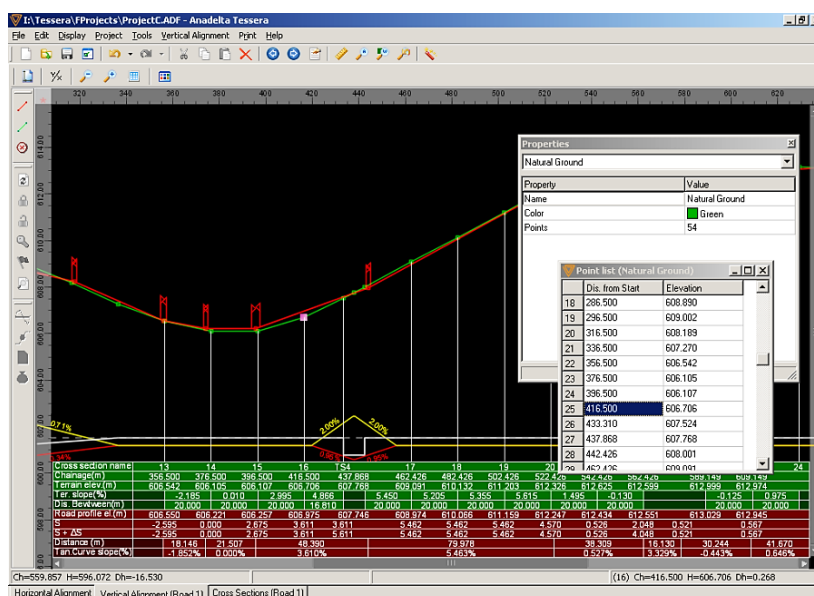


Рис. 10. Проектування поздовжнього профілю у програмі Anadelta Tessera [10]

Також у режимі рендерингу Anadelta Tessera відображає додаткову інфраструктуру дороги: огорожі, підпірні стінки, освітлення, дорожню розмітку тощо. Для більшої реалістичності налаштовується час доби та погодні умови.

Висновки. Ринок ІТ-технологій пропонує безліч програмних продуктів класу САПР, які різняться між собою за комплексністю, зручністю інтерфейсу, відповідністю технологіям проектування. Однак головним способом позиціонування сучасних САПР автомобільних доріг на ринку стає декларація BIM-сумісності. З-поміж перелічених вище зарубіжних САПР до таких належать Novapoint Road та SierraSoft Roads. Таким чином, розробники програмного забезпечення намагаються залишатися затребуваними в нових умовах, коли повсюдно обговорюється тема застосування BIM до інфраструктурних об'єктів і навіть робляться перші кроки з розроблення стандарту BIM для автомобільних доріг. Також на ринку програмного забезпечення представлені системи, які позиціонують себе як «чисто САПР-системи» (RoadEng, Anadelta Tessera). Однак вони також намагаються

не відставати від лідерів і вбудовуватися в технологічний ланцюжок BIM-проекткування, підтримуючи популярні обмінні формати.

Таким чином, який би шлях розвитку не вибрали сучасні САПР-системи, головне, щоб вигоду із цього отримали в результаті основні учасники проектного процесу – користувачі програмних продуктів.

ЛІТЕРАТУРА

1. Fischer M., Kunz J. The scope and role of information technology in construction. *Doboku Gakkai Ronbunshu*. 2004. № 763. P. 1–31. DOI: 10.2208/jscej.2004.763_1
2. Rebolj D. Integrated Information System Supporting Road Design, Evaluation, and Construction. *Computer-Aided Civil and Infrastructure Engineering*. 1998. Vol. 13. № 3. P. 179–187. DOI: 10.1111/0885-9507.00097
3. Арсеньева Н. О., Крухмальова О. В. Аналіз програмних комплексів автоматизованого проектування автомобільних доріг. *Комунальне господарство міст*. 2018. № 140. С. 25–29. URL: <https://khg.kname.edu.ua/index.php/khg/article/view/5138>
4. Філіппов В. В., Величко Г. В., Смирнова Н. В. Автоматизоване проектування автомобільних доріг. Харків : ХНАДУ, 2011. 288 с.
5. Автоматизация проектирования автомобильных дорог / под ред. Я. В. Хомяка. Киев : Вища школа, 1987. 192 с.
6. Construction-driven Road Design Software – OpenRoads Designer. *BentleySystems*. URL: <https://www.bentley.com/en/products/product-line/civil-design-software/openroads-designer> (date of access: 27.05.2022).
7. RoadEng: Interactive civil engineering design software for road, rail, and pipeline projects. *Softree: Engineering an Easier Way*. URL: <https://www.softree.com/products/corridor-design> (date of access: 27.05.2022).
8. Novapoint Road. *Trimble Solutions*. URL: <https://www.novapoint.com/products/novapoint/novapoint-road> (date of access: 27.05.2022).
9. BIM software for road design. *SierraSoft*. URL: <https://www.sierrasoft.com/en/products/roads/> (date of access: 27.05.2022).
10. Anadelta Tessera: Road Design Software. *Anadelta Software*. URL: <https://anadelta.com/index-en.php?s=tessera> (date of access: 27.05.2022).

REFERENCES

1. Fischer, M. & Kunz, J. (2004). The scope and role of Information Technology in Construction. *Doboku Gakkai Ronbunshu*, 763, 1–31. DOI: 10.2208/jscej.2004.763_1 [in English]
2. Rebolj, D. (1998). Integrated Information System Supporting Road Design, Evaluation, and Construction. *Computer-Aided Civil and Infrastructure Engineering*, 13 (3), 179–187. DOI: 10.1111/0885-9507.00097 [in English]
3. Arsenieva, N. O. & Krukmalova, O. V. (2018). Analysis of software complexes of automated design of highways [Analiz prohramnykh

- kompleksiv avtomatyzovanoho proektuvannia avtomobilnykh dorih]. *Komunalne hospodarstvo mist – Municipal utilities of cities*, 140, 25–29. Retrieved from: <https://khg.kname.edu.ua/index.php/khg/article/view/5138> [in Ukrainian]
4. Filippov, V. V., Velichko, G. V. & Smirnova, N. V. (2011). Automated design of roads [Avtomatyzovane proektuvannia avtomobilnykh dorih]. Kharkiv : KhNADU. [in Ukrainian]
 5. Khomyak, J. V. (ed.) (1987). Automation of design of highways [Avtomatizaciya proektirovaniya avtomobil'nyh dorog]. Kyiv : Higher School [in Russian]
 6. Bentley Systems (2022). Construction-driven Road Design Software – OpenRoads Designer. Retrieved from: <https://www.bentley.com/en/products/product-line/civil-design-software/openroads-designer> [in English]
 7. Softree: Engineering an Easier Way (2022). RoadEng: Interactive civil engineering design software for road, rail, and pipeline projects. Retrieved from: <https://www.softree.com/products/corridor-design> [in English]
 8. Trimble Solutions (2022). Novapoint Road. Retrieved from: <https://www.novapoint.com/products/novapoint/novapoint-road> [in English]
 9. SierraSoft (2022). BIM software for road design. Retrieved from: <https://www.sierrasoft.com/en/products/roads/> [in English]
 10. Anadelta Software (2022). Anadelta Tessera: Road Design Software. Retrieved from: <https://anadelta.com/index-en.php?s=tessera> [in English]