

УДК 528.486

DOI <https://doi.org/10.32782/2664-0406.2024.44.4>**Дорожко Є.В.**

к.т.н., доцент кафедри проектування доріг, геодезії і землеустрою,  
Харківський національний автомобільно-дорожній університет, м. Харків

**Захарова Е.В.**

асистент кафедри проектування доріг, геодезії і землеустрою,  
Харківський національний автомобільно-дорожній університет, м. Харків

**Штонда Є.О.**

директор  
ТОВ «УКРГЕО-ПРОЕКТ МС», м. Київ

**Онищенко О.С.**

начальник геодезичної служби у Дніпропетровській області,  
ТОВ «Автомагістраль-Південь», м. Одеса

## ОСОБЛИВОСТІ СТВОРЕННЯ ТОПОПЛАНУ У СИСТЕМІ АВТОМАТИЗОВАНОГО ПРОЄКТУВАННЯ ТОРОСАД

**Анотація.** На сьогоднішній день у період бурхливого розвитку цифровізації в галузі будівництва та цивільної інженерії системи автоматизованого проектування все частіше використовують вихідні дані у вигляді цифрових моделей місцевості, наприклад, при будівництві споруд, проектуванні автомобільних доріг тощо. Пріоритетним завданням процедури автоматизації розробки плану місцевості є правильний вибір програмних засобів, який є особливо важливим для планування проекту під час геологорозвідувальних робіт або будівництва. Коли йдеться про роботу в єдиному інформаційному просторі, питання полягає в тому, як забезпечити взаємодію зацікавлених сторін, які працюють із різними програмними продуктами. У даній статті розглядається – як свідчить досвід, простий та продуктивний у використанні продукт – програмний комплекс Торосад.

Програмний комплекс Торосад призначений для створення інженерної цифрової моделі місцевості за даними інженерно-геодезичних вишукувань, підготовки цифрових моделей місцевості для подальшого проектування, випуску основ топографічних креслень планів та планшетів. Сформовані за допомогою системи автоматизованого проектування Торосад матеріали можна використовувати як просторову основу для геоінформаційних, кадастрових та інших систем різного призначення, ведення великомасштабних чергових планів.

Загальні принципи роботи поширюються на створення та редагування всіх геометричних елементів, визначення планового положення тематичних об'єктів ситуації, побудови елементів поверхні та ін. Для кожного типу елементів призначені свої команди створення, редагування та видалення. Відомий своєю надійністю, швидкістю та простотою використання, Торосад став популярним вибором серед професіоналів у галузі будівництва, геодезії та картографії. Він економить час та зусилля при вирішенні складних завдань, забезпечує високу точність та якість результатів. Використання ефективних технологій автоматизованого проектування споруд передбачає наявність цифрової моделі місцевості, що базується на результатах геодезичних вимірів.

На прикладі програмного комплексу Торосад розглянуто послідовність та особливості автоматизованого процесу побудови та редагування цифрової моделі місцевості за результатами геодезичних розвідок. Проаналізовано можливості програмного комплексу Торосад та типи цифрових моделей місцевості.

**Ключові слова:** цифрова модель місцевості, рельєф, ситуація, система автоматизованого проектування Торосад, поверхня, топоплан.

**Постановка проблеми.** У період бурхливого розвитку цифровізації в галузі будівництва та цивільної інженерії системи автоматизованого проектування все частіше використовують вихідні дані у вигляді цифрових моделей місцевості, наприклад, при будівництві споруд, проектуванні автомобільних доріг тощо.

Пріоритетним завданням процедури автоматизації розробки плану місцевості є правильний вибір програмних засобів.

Програмні засоби для інженерної діяльності у цій галузі розроблялися особливо інтенсивно протягом останніх 10 років. Правильний вибір програмних продуктів є особливо важливим для планування проекту під час геологорозвідувальних робіт або будівництва. Коли йдеться про роботу в єдиному інформаційному просторі, питання полягає в тому, як забезпечити взаємодію зацікавлених сторін, які працюють із різними програмними продуктами. Тому при виборі програмного забезпечення багато керівників бізнесу зупиняються на єдиному виборі – як свідчить досвід, простому та продуктивному у використанні продукту – програмному комплексу Торосад.

**Аналіз останніх досліджень.** Топографічні карти в цифровому та електронному вигляді створюються на основі паперових топографічних карт або основних матеріалів геодезичної зйомки [1, 2]. Геодезичні дослідження проводяться без використання фотограмметричних матеріалів, як на основі наземних методів, так і на матеріалах, отриманих в результаті наземних фототеодолітів або аерофотозйомки [1, 3].

Побудова топоплану – це багатоступінчастий процес, що складається із значної кількості взаємозалежних операцій, що виконуються на етапі проектування та внутрішньої обробки результатів геодезичних вимірів, що виконуються в ході геодезичних досліджень [4]. Оскільки якість кінцевих результатів моделювання залежить від якості кожного етапу побудови топоплану дуже важливо приділяти увагу всім технологічним процесам, за допомогою яких будується модель [5].

Під поняттям цифрової моделі місцевості зазвичай розуміють набір точок на місцевості, де відомі 3D-координати та використовуються різні кодові позначення [6]. Кодове позначення, що використовується, характеризує зв'язок між відповідними точками цифрової моделі місцевості. Побудова топоплану може здійснюватися з використанням новітніх про-

грамних пакетів "Autodesk Civil3D", "Autodesk Map3D", "MapInfo", "Pythagoras", "Digitals", "GeoniCS", "Topocad" та ін. Для подальших досліджень використано програмний комплекс Торосад, на який надано ліцензію на використання в навчальному і науково-дослідному напрямку організацією ТОВ «УКРГЕО-ПРОЕКТ МС», яка являється офіційним дилером Adtollo АВ на території України.

**Метою статті** є проведення аналізу та узагальнення технології побудови топоплану у системі автоматизованого проектування Торосад, розгляд функціональних можливостей даного програмного комплексу та особливості створення цифрових моделей рельєфу та ситуації.

Функціональні можливості та технічні характеристики програмного комплексу Торосад

Торосад – це система автоматизованого проектування, спеціально створена для обробки результатів лінійної та площинної зйомки, для створення цифрових моделей місцевості, підготовки креслень, геодезичного супроводу будівництва, геодезичної підтримки розробки родовищ корисних копалин, збирання та оновлення даних ГІС.

Торосад – це широкий спектр графічного дизайну від Adtollo (Стокгольм, Швеція), призначений для спеціалістів різної кваліфікації, включаючи дизайнерів, архітекторів, будівельників, інженерів, техніків та креслярів.

Для геодезистів Торосад дозволяє імпортувати дані з тахеометра, обробляти їх, експортувати дані в тахеометр, створювати топоплан, 3D-модель місцевості або прокласти трасу. Також ця програма корисна й для маркшейдерів, вона не тільки створює 3D-моделі виробки, а й розраховує кількість корисних копалин та виконує роботи з розрахунку обсягів. Крім того, програма дозволяє завантажувати проект, готувати його до винесення в натурі та виконувати програму виконавчих досліджень для будівельників. Це означає, що Торосад ідеально підходить для всіх професіоналів, яким потрібна програма для обробки геодезичних вимірювань, складання топопланів та обробки геопросторової інформації. В порівнянні з аналогами, Торосад коштує недорого і має гарне співвідношення ціна/якість. Офіційним дистриб'ютором України є ТОВ "Укргео-проект МС".

Розробка Торосад розпочалася у 1994 році. З того часу щороку випускаються нові версії

програми, до яких вноситься безліч істотних змін.

Сьогодні Topocad – це додаток з більш ніж 4 600 активних користувачів, перекладений 24 мовами і розповсюджується більш ніж у 100 країнах світу. Остання версія Topocad 24.0.0 має найновіший український інтерфейс.

Функціональність програмного комплексу Topocad досягла значного обсягу, і можна відзначити його основні можливості:

- вилучення даних безпосередньо з пристрою;
- імпорт та експорт файлів в інші програмні пакети;
- оптимізація обробки результатів геодезичних вимірів;
- формування точкових, лінійних та площинних об'єктів рельєфу з можливістю відображення відповідних умовних знаків у поточному масштабі зйомки та додавання смислових характеристик;
- створення цифрових моделей рельєфу, у тому числі 3D-моделей;
- отримання креслень рельєфу та тематичного планування, поздовжніх та поперечних профілів.;
- забезпечення горизонтального та вертикального топографічного планування;
- розрахунок обсягу буріння;
- забезпечення повної інтеграції між різними типами даних, включаючи вектори, растри, ландшафтні моделі та хмари точок;
- вирішення ряду прикладних завдань, пов'язаних із геодезичним супроводом будівництва;
- зручне створення умовних знаків.

Підключитись до географічної бази даних можна за допомогою Topocad. У Topocad є 3 різні модулі для різних адаптерів баз даних. ISM-адаптер призначений для використання в ISM від spatial technology до Oracle database, Arc-адаптер призначений для використання в ISM для бази даних ArcSDE, а FDO-адаптер забезпечує відкритий доступ до багатьох різних баз даних.

Система Topocad використовується для оформлення практично всіх графічних документів, які створюються в нашій країні в електронному вигляді. Загально прийнятий формат dwg, який використовується в системі, фактично став світовим стандартом. Крім того, замовники почали вимагати від виконавця створення тривимірної моделі виробки чи проекційної структури, що пояснює зростаюче значення системи Topocad.

Геодезична інформація Topocad відображається без проблем, і функціоналу програми для цього цілком достатньо. Мабуть, це навіть одна з найкращих програм для створення геодезичних креслень, незважаючи на його універсальність.

Цифрові моделі рельєфу можна використовувати в різних розрахунках, наприклад, для розрахунку обсягів або побудови горизонталей. У програмі Topocad ЦМР створюється як трикутна нерегулярна мережа (TIN). Трикутник створюється автоматично з найближчими точками з деякими винятками.

Однією з особливостей при роботі з поверхнею є симулятор води, який використовують, щоб побачити повінь та перебіг води на місцевості.

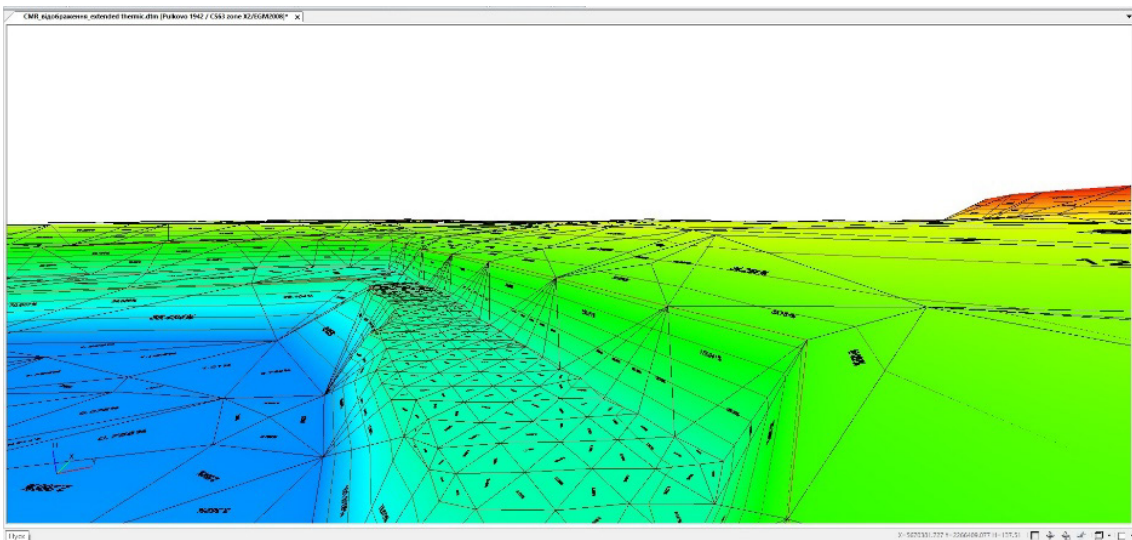


Рис. 1. Створена поверхня

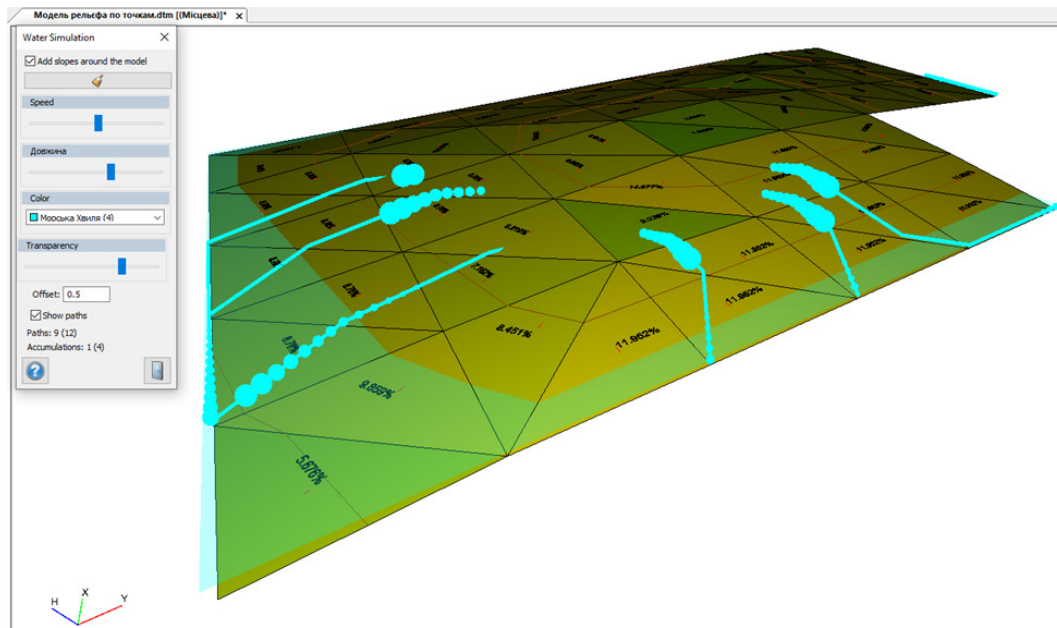


Рис. 2. Симулятор води

Створену поверхню можна переглядати як у 2D, так і у 3D режимі. Крім того, можна переглянути структурну лінію, горизонтальну лінію, напрям дренажу та нахил кожного трикутника, завантажити растр і заповнити його кольором або використовувати відмивку.

Ще однією особливістю програмного пакета Торосад є створення тунельної ЦМР, для якої потрібно більше даних. Схема тунелю створюється на основі результатів обстеження склепіння тунелю, опису планованого розташування осі маршруту, опису поздовжнього профілю та розрахункового поперечного перерізу осі маршруту або її розмірів. На основі цих даних, результати обстеження скануються в проектну арку тунелю, а потім виконується триангуляція побудована модель поверхні.

Можливість об'єднання двох цифрових моделей в одну також можна розглядати як особливість, порівняно з іншими пакетами програмного забезпечення. В результаті об'єднання двох моделей створюється нова модель, що містить результати цієї комбінації. Якщо ви запустите цю функцію у вікні першої моделі і вкажете 2-у модель, то буде створена 3-я модель. Ця функція особливо корисна, якщо під час вишукувань відбуваються зміни на невеликій площі. У цьому випадку немає потреби робити повний знімок для створення великої загальної моделі. Достатньо видалити змінену ділянку, створити модель поверхні цієї ділянки та поєднати її зі старою моделлю.

Ще один спосіб використання функції – об'єднати спроектовану модель поверхні з існуючою частиною.

Особливості побудови цифрової моделі місцевості у програмному комплексі Торосад

При цифровому моделюванні земна поверхня повинна бути представлена моделями ситуації і моделями рельєфу, на основі растрової і векторної моделей даних, кожна з яких має переваги, недоліки і область доцільного використання. На основі ЦММ можливо вести чергові плани забудов, формувати дані для кадастрових (землепорядних, містобудівних та інших) систем, проводити роботи з проектування та моніторингу стану об'єктів і місцевості, використовувати ЦММ в якості основи для побудови карт і планів. Особливою перевагою варто відзначити, що система автоматизованого проектування дозволяє зберігати великі та об'ємні креслення, не використовуючи папір. Також завдяки таким кресленням легко здійснювати пошук та вносити корективи.

Працюючи над великими проектами, де вся інженерна робота починається з вишукувань і закінчується кошторисним розрахунком, підприємства постійно зіштовхуються з необхідністю скорочення термінів розробки. Таке завдання ставлять і замовники та керівництва підприємств. Також завжди хочеться мінімізувати помилки у стиковці технічних рішень суміжних відділів. Наприклад, при розробці

будгенплану чи плану земельної ділянки будівництва помилки топографічної основи грають значну роль.

Програмний комплекс Torosad призначений для створення інженерної цифрової моделі місцевості за даними інженерно-геодезичних вишукувань, підготовки цифрових моделей місцевості для подальшого проектування, випуску основ топографічних креслень планів та планшетів.

Сформовані за допомогою системи автоматизованого проектування Torosad матеріали можна використовувати як просторову основу для геоінформаційних, кадастрових та інших систем різного призначення, ведення великомасштабних чергових планів.

Загальні принципи роботи поширюються на створення та редагування всіх геометрич-

них елементів, визначення планового положення тематичних об'єктів ситуації, побудови елементів поверхні та ін. Для кожного типу елементів призначені свої команди створення, редагування та видалення.

На початку побудови топоплану до програмного комплексу потрібно завантажити вихідні дані, що містять координати, висотні положення та назви точок. Завантажити ці дані можна за допомогою команди імпорту з текстового файлу або безпосередньо з пристроїв. Розташування підпису точки відносно точки, а також висоту тексту і шрифт можна налаштувати через налаштування системи закладка «ІнфоТочки» або «Різне/Налаштування креслення». В результаті вдалого імпорту на робочій області вікна з'являються точки зйомки.

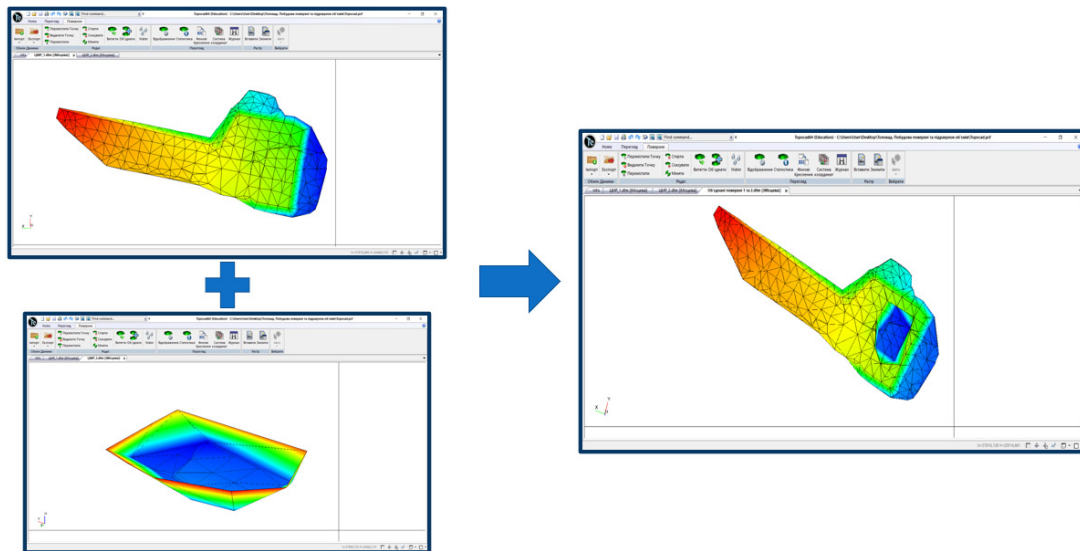


Рис. 3. Об'єднання ЦМР

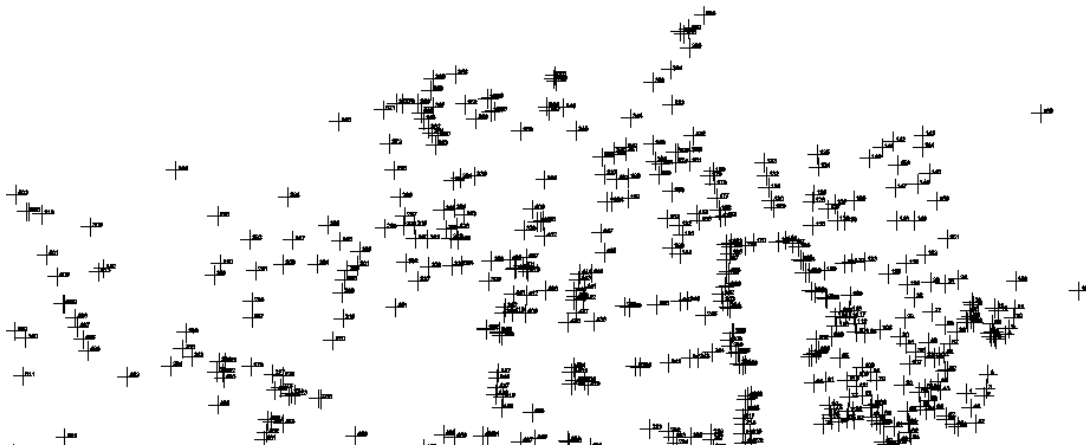


Рис. 4. Завантажені дані

У програмному комплексі Torosad всі дані створюються і зберігаються в різних файлах і можуть бути використані в активному проєкті або затосовані до інших проєктів. При роботі з певним типом файлів (Кресленик, ЦМР, траса, профілі, хмари точок та інше) програмний комплекс Torosad відображає користувачу тільки ті функції які застосовуються до певного типу файлів, що дозволяє швидше орієнтуватись в структурі програмного комплексу.

Цифрову модель ситуації та цифрову модель рельєфу, як правило, розміщують в одному проєкті. Кожен вид ситуаційних об'єктів може бути розміщений в окремих шарах.

Створення точкових умовних знаків, лінійних та площинних об'єктів ситуації виконується зі створенням топографічних об'єктів із застосуванням готового класифікатора, доступного безкоштовно всім користувачам Torosad. Панель «Макрос» в Torosad призначена для складання класифікатора умовних знаків, що дозволяє спростити та прискорити процес створення топографічних креслень. У випадку складної геометрії ситуаційного

об'єкта, коли відсутні прямі методи побудови в групі команд використовується поетапна побудова. Спочатку виконуються геометричні побудови, які реалізуються групою команд меню. Надалі таким геометричним побудовам присвоюється статус об'єктів ситуації та відповідні семантичні властивості.

При створенні креслення або планшета ви можете сформувати модель креслення і доопрацювати її до необхідної якості. Модель креслення визначається розташуванням шаблону креслення планшета цифрової моделі у плані, після чого вирізається контур. Для протяжних об'єктів можна розміщувати окремі малюнки або аркуші планшетів на всій площі об'єкта.

Креслення, створенні у програмі можна друкувати напряму. Також можна експортувати креслення у форматі DXF CAD або графічний формат (JPG, PDF). Програма також передбачає підготовку планшетів відповідно до нормативних документів.

**Висновки.** Відомий своєю надійністю, швидкістю та простотою використання, Torosad став популярним вибором серед про-

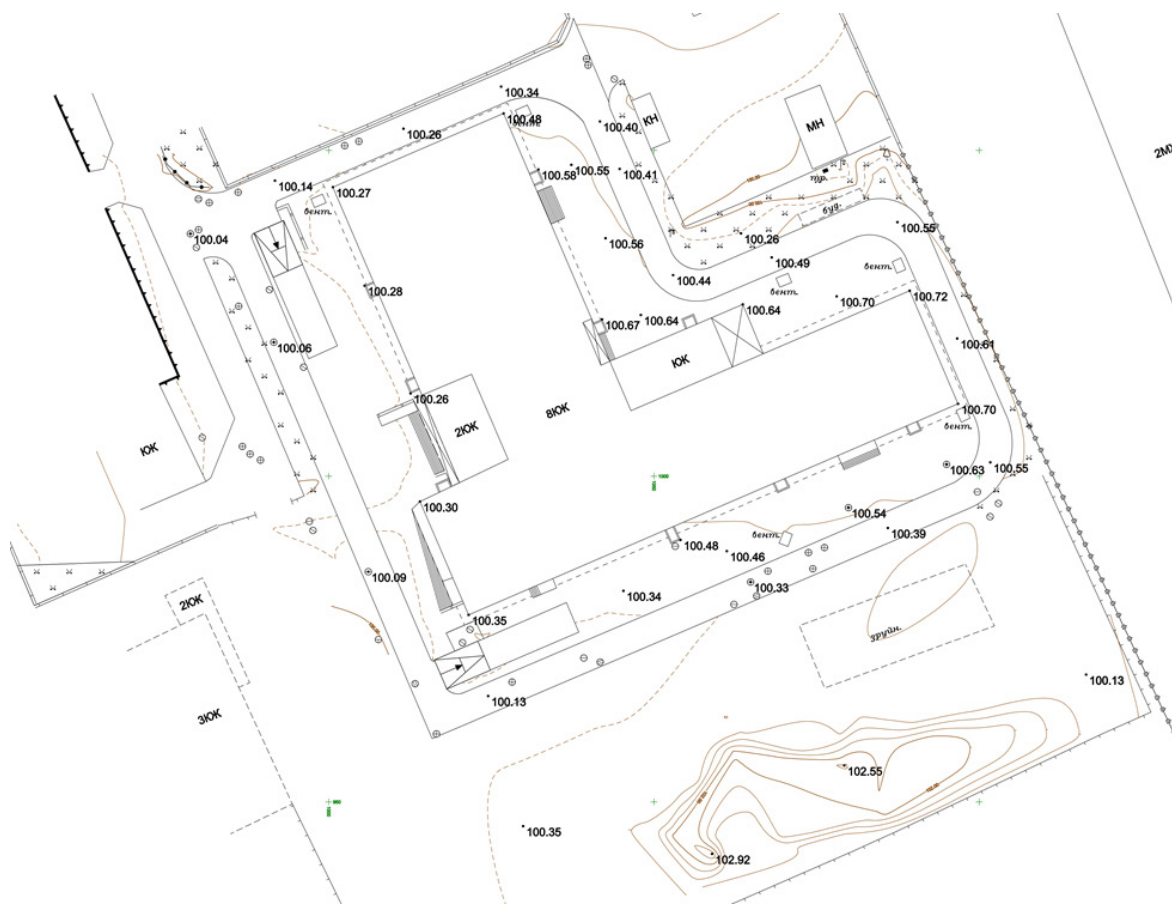


Рис. 5. Результат створення цифрової моделі місцевості

фесіоналів у галузі будівництва, геодезії та картографії. Він економить час та зусилля при вирішенні складних завдань, забезпечує високу точність та якість результатів. Використання ефективних технологій автоматизованого проектування споруд передбачає наявність цифрової моделі місцевості, що базується на результатах геодезичних вимірів.

На прикладі програмного комплексу Topocad розглянуто послідовність та особливості автоматизованого процесу побудови та редагування цифрової моделі місцевості за результатами геодезичних розвідок. Проаналізовано можливості програмного комплексу Topocad та типи цифрових моделей місцевості.

Узагальнюючи аналіз програмного комплексу Topocad, можна виділити основні визначення:

– комплексна 3D CAD-система, що дозволяє виконувати всі роботи в рамках єдиної платформи;

– геодезична програма, яка допомагає перетворювати польові дані з приймачів GNSS, тахеометрів, лазерних сканерів, безпілотних літальних апаратів і т.д.;

– модульна система, можна використовувати тільки ті модулі, які необхідні для роботи;

– працює з широким спектром форматів даних для імпорту/експорту та підключення до бази даних;

– використовує сумісний формат як координатних даних, так даних САПР і ГІС;

– забезпечує повну інтеграцію різних типів даних, включаючи вектори, растри, моделі рельєфу та хмари точок.

### Література

1. Ратушняк Г.С. Топографія з основами картографії: навчальний посібник. Г.С. Ратушняк. Вінниця: ВДТУ, 2002. 179 с.
2. Островський А.Л. Геодезія. Частина перша. Топографія. А.Л. Островський, О.І. Мороз, З.Р. Тартачинська, І.Ф. Герасимчук. Львів: Вид-во Львів. політехніки, 2011. 440 с.
3. Сосса Р. І. Топографічне картографування України (1917–1920) /Р. І. Сосса. Київ : Наук. думка, 2014. 384 с
4. Galda, M., Kujawski, E., Przewlocki, S. (2000). Geodezja I miernictwo budowlane. Geodezja, 402 p.
5. Graham, R., Koh, A. Digital Aerial Survey: Theory and Practice. Whittles Publishing. 2002. 440 с.
6. Combination of photogrammetry and terrestrial laserscanning – potentials and limitations : in five parts / T. Luhmann // Modern achievements of geodesic science and industry Collection of scientific papers of Western Geodesic Society of USGC Issue I (25). 2013. Part 1: Overview and performance features p.80-85.

### References

1. Ratushnyak H.S. (2002). Topohrafiia z osnovamy kartohrafii: navchalnyi posibnyk [Topography with the basics of cartography: a study guide.] Vinnytsia: VDTU. 179.
2. A.L. Ostrovsky, O.I. Moroz, Z.R. Tartachynska, I.F. Gerasimchuk (2011). Neodeziia. Chastyna persha. Topohrafiia [Geodesy. Part one. Topography.] Lviv: View of Lviv. polytechnics. 440.
3. Sossa R.I. (2014) Topohrafichne kartohrafuvannia Ukrainy (1917–1920) [Topographic mapping of Ukraine (1917–1920)]. Kyiv: Nauk. dumka. 384.
4. Galda, M., Kujawski, E., Przewlocki, S. (2000). Geodezja I miernictwo budowlane. [Geodesy and construction surveying.] Geodezja, 402
5. Graham, R., Koh, A. (2002). Digital Aerial Survey: Theory and Practice. Whittles Publishing. 440.
6. T. Luhmann (2013). Combination of photogrammetry and terrestrial laserscanning – potentials and limitations: in five parts. Modern achievements of geodesic science and industry Collection of scientific papers of Western Geodesic Society of USGC Issue I (25). Part 1: Overview and performance features, 80-85.

## FEATURES OF TOPOPLAN CREATION IN TOPOCAD AUTOMATED DESIGN SYSTEM

**Abstract.** Today, in the period of rapid development of digitalization in the field of construction and civil engineering, automated design systems increasingly use raw data in the form of digital terrain models, for example, in the construction of buildings, highway design, etc. The priority task of the procedure for automating the development of a terrain plan is the correct choice of software, which is especially important for project planning during geological exploration or construction. When it comes to working in a unified information space, the question is how to ensure the interaction of interested parties who work with different software products. This article examines – as experience shows, a simple and productive product to use – the Topocad software complex.

The Topocad software complex is designed to create an engineering digital model of the terrain based on the data of engineering and geodetic surveys, preparation of digital models of the terrain for further design, production of the basics of topographic drawings of plans and tablets.

*The materials created using the Topocad automated design system can be used as a spatial basis for geo-informational, cadastral and other systems of various purposes, as well as large-scale planning. The general principles of work extend to the creation and editing of all geometric elements, determination of the planned position of the thematic objects of the situation, construction of surface elements, etc. Each type of element has its own creation, editing and deletion commands.*

*Known for its reliability, speed and ease of use, Topocad has become a popular choice among construction, surveying and mapping professionals. It saves time and effort when solving complex tasks, ensures high accuracy and quality of results. The use of effective technologies of automated design of structures requires the presence of a digital model of the area based on the results of geodetic measurements.*

*Using the example of the Topocad software complex, the sequence and features of the automated process of building and editing a digital terrain model based on the results of geodetic surveys are considered. The capabilities of the Topocad software complex and the types of digital terrain models are analyzed.*

**Key words:** *digital terrain model, relief, situation, Topocad automated design system, surface, topoplan.*

**Dorozhko Ye. V.**

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor at the Road Design,  
Geodesy and Land Management Department,  
Kharkiv National Automobile and Highway University, Kharkiv

**Zakharova E. V.**

assistant professor at the Road Design, Geodesy and Land Management Department,  
Kharkiv National Automobile and Highway University, Kharkiv

**Shtonda Ye. O.**

Director  
UKRGEO-PROJECT MC LLC, Kyiv

**Onyshchenko O. S.**

Head of the Geodetic Service in the Dnipropetrovsk region,  
LLC «Automagistral-Pivden», Odesa