

**Гончаренко Тетяна Андріївна**

Кандидат технічних наук, доцент кафедри інформаційних технологій, *orcid.org/0000-0003-2577-6916*  
Київський національний університет будівництва і архітектури, Київ

## ОБ'ЄКТНО-ОРІЄНТОВАНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ПРОСТОРОВИХ ОБ'ЄКТІВ ГЕНЕРАЛЬНОГО ПЛАНУВАННЯ

***Анотація.** Розглянуто проблему створення уніфікованої моделі просторових об'єктів генерального планування на основі об'єктно-орієнтованого підходу для розміщення таких об'єктів на території під забудову. Запропоновано модель просторового об'єкта планування для вирішення питання інтеграції інформаційних компонентів про властивості об'єкта згідно вимогам сучасної технології інформаційного моделювання в будівництві – BIM-технології. На прикладі просторового об'єкта генерального планування розроблено цифрову модель об'єкта, яка є екземпляром похідного класу «Будівля», створеного на основі стандартного базового класу CAD-середовища. Показано, що застосування об'єктно-орієнтованого моделювання дало змогу інтегрувати параметри просторового об'єкта генерального планування (геометрії, атрибутів, графічного зображення) з його поведінкою – просторовою прив'язкою до території під забудову.*

***Ключові слова:** просторовий об'єкт генерального планування; об'єктно-орієнтована модель; базовий клас; похідний клас; BIM-технологія; цифрова модель об'єкта; CAD-середовище*

### Актуальність та аналіз проблеми

Аналіз вимог для розробки моделей просторових об'єктів генерального планування пропонує розглядати окремий елемент планування як інтелектуальний об'єкт зі своїми властивостями, які визначають його стан, та поведінкою [1 – 3]. Це відповідає основним принципам об'єктно-орієнтованого підходу, який дасть змогу уніфікувати створення моделей об'єктів генерального планування. Актуальність такого дослідження обумовлюється вимогами, які висуває сучасна технологія інформаційного моделювання в будівництві – BIM-технологія [4; 5]. Її застосування допоможе в уніфікованому вигляді створити інтелектуальні цифрові моделі об'єктів генерального планування на основі об'єктно-орієнтованого підходу для розміщення їх на території під забудову. Застосування об'єктно-орієнтованого моделювання просторових об'єктів генерального планування вирішить питання інтеграції інформації про властивості об'єкта (геометричної, атрибутивної, топологічної та графічної) з його поведінкою – просторовою прив'язкою до території під забудову.

Основні принципи об'єктно-орієнтованого моделювання для просторових об'єктів надані в джерелах [2; 3]. Кожний об'єкт, як сутність реального світу, має стан та поведінку. Стан об'єкта характеризується його структурою, переліком усіх можливих властивостей та значеннями кожної з цих властивостей. Поведінка об'єкта (функціональність)

– характеристика того, як об'єкт взаємодіє з іншими об'єктами або піддається впливу інших об'єктів

Стан об'єкта – це набір значень атрибутів. Поведінка об'єкта реалізується у вигляді функцій, які називають методами. При цьому структура об'єкта є доступною тільки через його методи, які в сукупності формують інтерфейс об'єкта. Це формує індивідуальність об'єкта – унікальні властивості об'єкта, що відрізняють його від усіх інших об'єктів.

Одне з ключових понять об'єктно-орієнтованого підходу – поняття класу. Клас – множина об'єктів, що мають спільну структуру і спільну поведінку. Саме клас спочатку описує атрибути і методи об'єкта, тобто структуру і поведінку об'єкта. Будь-який конкретний об'єкт – це екземпляр класу. На рис. 1 надана загальна концепція об'єктно-орієнтованої моделі [6].

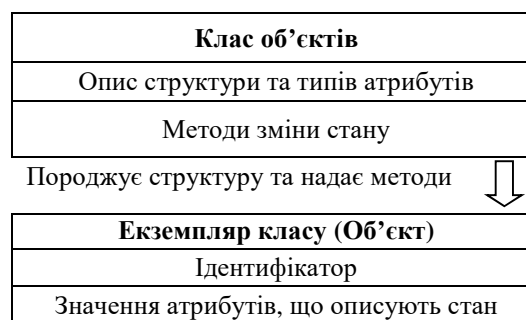


Рисунок 1 – Концепція об'єктно-орієнтованої моделі

Об'єкти, що не пов'язані спільністю структури і поведінки не можна об'єднати в клас, оскільки за

визначенням вони нічим не пов'язані між собою. Для об'єктно-орієнтованої методології особливий інтерес становлять два типи ієрархічних співвідношень об'єктів:

– зв'язки, що позначають рівноправні відношення між об'єктами (об'єкт співпрацює з іншими об'єктами через зв'язки, що з'єднують його з ними);

– агрегація, яка описує відношення цілого і частини, що приводять до відповідної ієрархії об'єктів (об'єкти утворюють мінімальні одиниці інкапсуляції).

Просторові об'єкти генерального планування розглядають як дискретні, об'єктно-локалізовані сутності реального світу. Кожний об'єкт характеризується певною множиною унікальних атрибутів і для кожного об'єкта генерального планування треба знайти місце розташування на території під забудову та визначити координати просторової прив'язки. [7]. Основна концепція об'єктно-орієнтованого підходу саме і полягає у поєднанні даних для комплексного моделювання стану і поведінки об'єкта.

### Мета статті

Мета дослідження – виявити можливість застосування об'єктно-орієнтованого моделювання для створення моделей просторових об'єктів, яке дасть змогу в уніфікованому вигляді створити інтелектуальні цифрові моделі об'єктів генерального планування для розміщення їх на території під забудову. Для об'єктно-локалізованого просторового об'єкта генерального планування «Будівля» на основі технології інформаційного моделювання в

будівництві розробити об'єктно-орієнтовану параметричну тривимірну модель (BIM-модель) у цифровому вигляді. Для вирішення цієї задачі запропонувати створення цифрових моделей об'єктів (ЦМО) генерального планування на основі класів просторових об'єктів, які є подальшим розвиненням до базових класів стандартних геометричних примітивів CAD-середовища з відкритим інтерфейсом користувача.

### Виклад основного матеріалу

До окремого об'єкта генерального планування висуваються певні вимоги для реалізації його функціонального призначення. Інформаційна модель такого об'єкта задається сукупністю геометричних, атрибутивних, графічних та даних просторового розташування. Головним завданням в такій моделі постає інтеграція параметрів об'єкта (геометрії, атрибутів, графічного зображення) з його поведінкою – просторовою прив'язкою до території під забудову. Для опису просторових об'єктів планування пропонується така модель (рис. 2), в якій просторовий об'єкт генерального планування характеризується такими властивостями:

- множиною ідентифікаторів;
  - локатором або координатним описом;
  - атрибутивним описом, який визначає якісні та кількісні характеристики об'єкта, такі як назва, опис, функціональне призначення тощо;
  - графічним зображенням,
- а також методами, що визначають його поведінку – правила розташування:
- операції над властивостями об'єкта;
  - відношення та зв'язки.

Модель просторового об'єкта планування



Рисунок 2 – Компоненти інформації об'єкта генерального планування

Для вирішення задачі дослідження щодо подання просторового об'єкта планування пропонується концептуальна модель (рис. 3), компонентами якої є властивості, що визначають стан об'єкта:

- ідентифікатор;
  - локатор (визначає метричний або координатний опис);
  - атрибути (визначаються якісні та кількісні характеристики об'єкта),
- а також методи, що визначають поведінку об'єкта:
- зв'язки (визначають правила поведінки об'єкта у зовнішньому середовищі);
  - допустимі операції (визначають топологічні відношення всередині об'єкта – операції над властивостями об'єкта).

На рівні екземпляра локацію просторового об'єкта представлено як дискретну сутність, яка асоціюється з конкретними просторовими координатами, і відображається на генеральному плані спеціальним умовним позначенням – графічним зображенням.

Локатор визначає межі об'єкта і його координатне положення в просторі. За геометричними характеристиками об'єкти поділяються на чотири типи: точкові, лінійні, полігональні та комплексні. Графічне зображення відповідає умовному позначенню об'єкта на кресленні. Набір атрибутивних характеристик визначається технічними параметрами та специфікою об'єкта. Топологічні відношення всередині об'єкта визначають правила взаємодії попередніх вищезазначених характеристик. В об'єктно-орієнтованих моделях топологічні та функціональні взаємозв'язки між об'єктами формуються не на рівні геометричних чи графічних примітивів, а на рівнях класів об'єктів та окремих екземплярів.

Такий підхід дає змогу створювати не традиційне графічне креслення планування зі стильовими точками, лініями, полігонами і підписами до них, а повноцінну цифрову модель території під забудову, яка представлена у вигляді інтелектуальних моделей просторових об'єктів. Залежно від геометричної форми планувального місця реального об'єкта генерального планування просторова інформація може бути представлена у вигляді точкових, лінійних, полігональних або комплексних моделей.

На рівні екземпляра локацію об'єкта планування представлено як дискретну сутність, яка асоціюється з конкретними просторовими координатами, і відображається спеціальним умовним позначенням – графічним зображенням. У табл. 1 наведено приклад опису об'єкта генерального планування «Будівля».

Об'єктно-орієнтована модель будується на концепції цифрового опису векторних топологічних просторових об'єктів і в термінах сутностей та відношень між ними. Під таким об'єктом розуміють об'єкт місцевості або карти, геометричний, атрибутивний та графічний опис якого не змінюється впродовж усього об'єкта. За геометричними характеристиками об'єкти поділяються на чотири типи – точкові, лінійні, полігональні та комплексні, про це докладно висвітлено автором у статті [13]. Графічне зображення відповідає умовному позначенню об'єкта на кресленні. Набір атрибутивних характеристик визначається технічними параметрами та специфікою об'єкта. В об'єктно-орієнтованих моделях топологічні та функціональні взаємозв'язки між об'єктами формуються не на рівні геометричних чи графічних примітивів, а на рівнях класів об'єктів та окремих екземплярів.

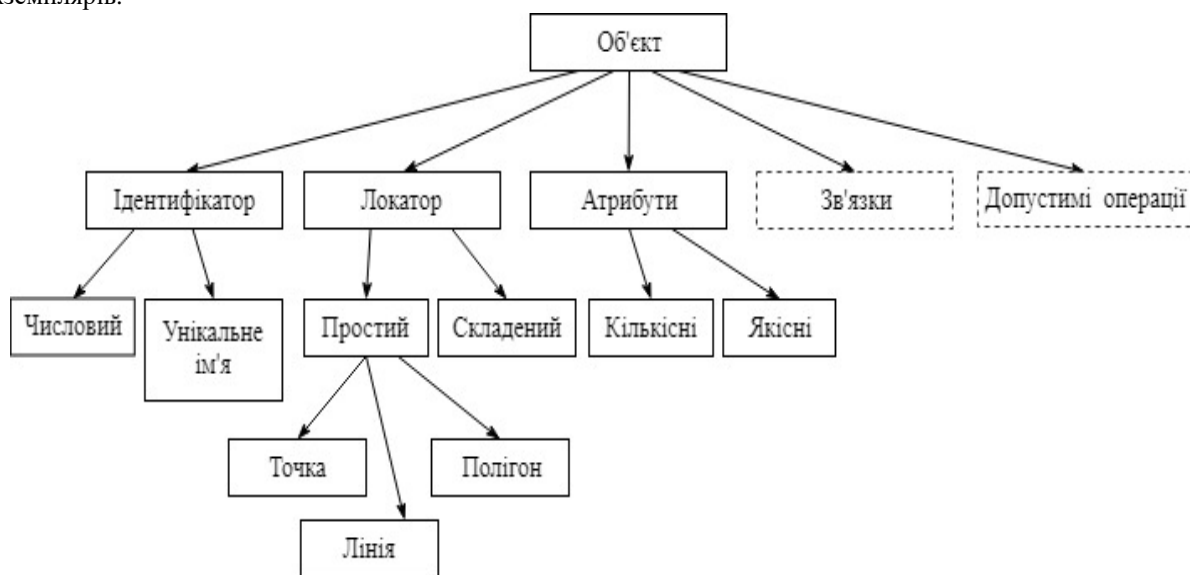


Рисунок 3 – Концептуальна модель просторового об'єкта планування

Таблиця 1 – Опис об'єкта планування «Будівля»

Назва	Геометричний опис/ (Розрахункові координати)	Властивості	
		Атрибут	Тип
Будівля	Полігональний об'єкт/(x,y,z)	Ідентифікатор	ID
		Назва, призначення	Рядок
		Координати базової точки	(X <sub>0</sub> ,Y <sub>0</sub> ,Z <sub>0</sub> )
		Відмітка нуля	Дійсне
		Кількість стін	Ціле
		Масив довжин стін, м	Дійсне
		Наявність/Кількість входів	Булевий/ Дійсне
		Ухил	Дійсне
		<b>Методи зміни внутрішнього стану</b>	
		Додати/Видалити вершину	
		Змінити конфігурацію стіни	
		Редагувати координати z	
		Додати/видалити «вхід у будівлю»	

Цифрові моделі об'єктів створюються на базі розроблених класів просторових об'єктів, які є нащадками базових класів стандартних геометричних примітивів CAD-середовища. На рис. 4 відображена UML-діаграма успадкування класів.



Рисунок 4 – UML-діаграма успадкування класів просторових об'єктів

Розглянемо створення об'єктно-орієнтованої моделі – просторового об'єкта планування «Будівля». Зовнішньо на кресленні модель подається у вигляді графічної компоненти – умовного позначення просторового об'єкта згідно правил відображення, які визначаються ДБН [8; 9]. Положення графічного зображення на плані моделі території під забудову характеризується координатами точок кутів будівлі. Як просторовий об'єкт будівля має ідентифікатор та описується різноманітними атрибутивними параметрами (назва, відмітка нуля, кількість поверхів, висота одного поверху), геометричними координатами та методами, які визначають операції над атрибутами та місце розташування об'єкта на території під забудову (координати просторової прив'язки).

На рис. 5 надано модель об'єкта на кресленні.



Рисунок 5 – Модель об'єкта «Будівля» на кресленні

У табл. 2 надано опис членів (атрибутів і методів) похідного класу «GCDBUILDING» від базового класу CAD-середовища GcGePolyline3dWithArc:

Елемент «Вхід до будівлі» є обов'язковим елементом генерального планування для наземної будівлі для визначення координат просторової прив'язки, але його існування без об'єкта «Будівля» неможливе. Тому клас «Ганок» для об'єкта «Вхід до будівлі» буде агрегований для класу «Будівля».

На рис. 6 надана UML-діаграма агрегування між класами «Ганок» та «Будівля».

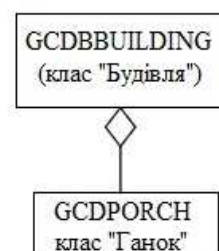


Рисунок 6 – UML-діаграма агрегування між класами «Ганок» та «Будівля»

Таблиця 2 – Опис атрибутів і методів класу GCDBBUILDING

class GCDBBUILDING : public GcGePolyline3dWithArc			
	Назва атрибута	Тип даних	Опис
Атрибути	m_nId	Int	Ідентифікатор
	m_strDescription	String	Опис(Назва,тип будівлі)
	Zero	Float	Відмітка нуля
	m_entrance	Дійсне	Кількість входів
	m_slope	Дійсне	Ухил
	m_height	Int	Висота одного поверху
	m_floor	Int	Кількість поверхів
	MetaData	String	Метадані
	m_enter	Int	Кількість кутів будівлі
	Geom{(id, dX, dY, dZ)}	Float	Масив координат
Методи	Назва метода		
	AddVertex (int nIndex)	Додати вершину	
	RemoveVertex(int nIndex)	Видалити вершину	
	TypeSegment ()	Змінити тип сегменту	
	Rule ()	Правило відображення умовного позначення	
	PlanMove()	Визначення координат просторової привязки	
	+AddPorch/RemovePorch (int nIndexPorch)	Додати/видалити «вхід у будівлю»	
	3D_Draw (int m_floor, float m_height)	3D-Візуалізація моделі об'єкта	

### Висновки

Запропоновано модель об'єктно-локалізованого просторового об'єкта генерального планування на основі технології інформаційного моделювання в будівництві, яка дає змогу в уніфікованому вигляді створити інтелектуальні цифрові моделі об'єктів генерального планування на основі об'єктно-орієнтованого підходу для розміщення їх на території під забудову, який вирішує питання інтеграції інформації про властивості об'єкта (геометричні, атрибутивні, топологічні та графічні) з його поведінкою – просторовою прив'язкою до території під забудову.

Розроблено цифрову модель об'єктно-локалізованого просторового об'єкта генерального планування «Будівля» на основі технології інформаційного моделювання в будівництві. Цифрові моделі об'єктів генерального планування створюються на базі розроблених класів просторових об'єктів, які є нащадками базових класів стандартних геометричних примітивів CAD-середовища. Такий інтелектуальний процес моделювання, заснований на створенні і використанні об'єктно-орієнтованих параметричних тривимірних моделей (BIM-моделей), вирішує наявні завдання генерального планування протягом усього життєвого циклу просторового об'єкта.

### Список літератури

1. Ляценко А.А. Системні вимоги до сучасного містобудівного кадастру та містобудівної документації [Текст] / А. А. Ляценко // Містобудування та територіальне планування. – 2013. – Вип. 47. – С. 397-405.
2. Кейк Д. Геоінформаційні технології та інфраструктура геопросторових даних. Том 2: Системи керування базами геоданих для інфраструктури геопросторових даних. Монографія / Д. Кейк, А.А. Ляценко, В.В. Путренко, Ю. Хмелевський, К.С. Дорошенко, М. Говоров. – Харків: Планета-Прінт, 2017. – 456 с.
3. Зацерковний В.І. Моделі, методи та програмно-технічні засоби геоінформаційної підтримки прийняття рішень у системах управління територіями: автореф. ... дис. д-ра техн. наук: 05.13.06 / Зацерковний В.І. – Київ, Інститут ПММС: 2013. – 40 с.
4. Honcharenko T.A. "Bim-technology for creation information model of the construction site", in Management of the development of technologies: Fifth international scientific-practical conference, Kyiv, 2018, p.11.
5. Honcharenko T. "Object-oriented approach to creation of integrated digital terrain model for construction territory", in BUILD-MASTER-CLASS-2017: International conference, Kyiv, 2017, pp. 369-370.
6. Wang X. A review of cloud-based BIM technology in the construction sector [Text] / Johnny Wong, Xiangyu Wang, Heng Li, Greg Chan, Haijiang Li // Journal of Information Technology in Construction, ITcon Vol. 19, 2014, pp. 281-291.

7. Brink L. Establishing a national standard for 3D topographic data compliant to CityGML / L. Brink, J. Stoter, S. Zlatanova // *International Journal of Geographical Information Science*. – 2013. – Vol. 27 (1). – P. 92-113.
8. *The BIM Project Execution Planning Guide and Templates – Version 2.1, Penn State*; [http://bim.psu.edu/Uses/the\\_uses\\_of\\_bim.pdf](http://bim.psu.edu/Uses/the_uses_of_bim.pdf)
9. ДСТУ Б А.2.4-2:2009. Умовні позначки і графічні зображення елементів генеральних планів та споруд транспорту [Текст]. – [Чинні від 01.01.2010]. – К. : Мінрегіон України, 2009. – 28 с. – (Національний стандарт України).
10. ДБН 360-92\*\*. Градостроительство. Планировка и застройка городских и сельских поселений [Текст]. – [Чинні від 01.09.2018]. – К. : НИПИ градостроительства, 2018. – 100 с. – (Государственные строительные нормы Украины).
11. Гончаренко Т.А. Структурний аналіз території під забудову як складної просторово-розподіленої системи // *Управління розвитком складних систем*. – 2018. – № 34. – С. 115 – 121. [Видання включено до НБД: BASE; Index Copernicus].
12. Гончаренко Т.А. Застосування BIM-технології для створення інформаційної моделі території під забудову // *Управління розвитком складних систем*. – 2018. – № 33. – С. 131 – 138. [Видання включено до НБД: BASE; Index Copernicus].
13. Гончаренко Т.А. Теоретико – множинний опис просторових даних у складі інформаційної моделі території під забудову / Т.А. Гончаренко, В.М. Михайленко // *Вісник НТУ "ХПИ". Серія: Інформатика та моделювання*. – Харків: НТУ "ХПИ". – 2018. – № 24. – С. 50 – 60.
14. Михайленко В.М., Гончаренко Т.А. Методи побудови цифрових моделей поверхні на основі об'єктно-орієнтованих моделей просторових об'єктів // *Проблеми інформатики и моделирования (ПИМ-2018): XVIII міжнародна конф.*, Харків-Одеса, 2018. – С. 54 – 56.

Стаття надійшла до редколегії 20.03.2019

#### Гончаренко Татьяна Андреевна

Кандидат технических наук, доцент кафедры информационных технологий, [orcid.org/0000-0003-2577-6916](https://orcid.org/0000-0003-2577-6916)  
Киевский национальный университет строительства и архитектуры, Киев

### ОБЪЕКТНО-ОРИЕНТИРОВАННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОСТРАНСТВЕННЫХ ОБЪЕКТОВ ГЕНЕРАЛЬНОЙ ПЛАНИРОВКИ

**Аннотация.** Рассмотрена проблема создания унифицированной модели пространственных объектов генерального планирования на основе объектно-ориентированного подхода для размещения таких объектов на территории под застройку. Предложена модель пространственного объекта планирования для решения вопроса интеграции информационных компонент о свойствах объекта согласно требованиям современной технологии информационного моделирования в строительстве – BIM-технологии. На примере пространственного объекта генерального планирования разработана цифровая модель объекта, которая является экземпляром производного класса «Здание», созданного на основе стандартного базового класса CAD-среды. Показано, что применение объектно-ориентированного моделирования позволило интегрировать параметры пространственного объекта генерального планирования (геометрии, атрибутов, графического изображения) с его поведением – пространственной привязкой к территории под застройку.

**Ключевые слова:** пространственный объект генерального планирования; объектно-ориентированная модель; базовый класс; производный класс; BIM-технология; цифровая модель объекта; CAD-система

#### Honcharenko Tetyana

PhD (Eng.), Associate Professor, Department of Information Technology, [orcid.org/0000-0003-2577-6916](https://orcid.org/0000-0003-2577-6916)  
Kyiv National University of Construction and Architecture, Kyiv

### OBJECT-ORIENTED MODELING OF SPATIAL OBJECTS OF GENERAL PLANNING

**Abstract.** This article presents creation of unified model of general planning spatial objects on the basis an object-oriented approach to locate such objects construction site. The spatial planning object model solves the issue of integration of information components about the properties of an object according to the requirements of modern information modeling technology in construction – BIM technology. Using the example of a general planning spatial object, a digital object model has developed, which is an instance of the child class “Building” created based on the CAD-standard base class. It shown that the use of object-oriented modeling allowed integrating the parameters of the general planning spatial object (geometry, attributes, graphics) with its behavior – spatial relation to the construction territory.

**Keywords:** spatial object of general planning; object-oriented model; base class; derived class; BIM technology; digital model of the object; CAD system

## References

1. Liashchenko, A.A. (2013). *System requirements for a modern city-planning cadastre and city-planning documentation. Urban planning and territorial planning*, 47, 397 – 405.
2. Keik, D., Liashchenko, A., Putrenko, V., Khmelevskiy, Yu., Doroshenko, K., Hovorov, M. (2017). *Geoinformation technologies and geospatial data infrastructure. Volume 2: Geospatial database management systems for geospatial data infrastructure. Monograph. Kharkiv: Planet-Print*, 456.
3. Zatserkovnyi, V.I. (2013). *Models, methods and software and technical means of geoinformation support of decision-making in territorial management systems: author's abstract. DSc thesis: 05.13.06. Kyiv, Institute of PMSM*, 40.
4. Honcharenko, T.A. (2018). *Bim-technology for creation information model of the construction site. Procc. of Management of the development of technologies: Fifth international scientific-practical conference, Kyiv, 2018*, p. 11.
5. Honcharenko, T. (2017). *Object-oriented approach to creation of integrated digital terrain model for construction territory, Procc. BUILD-MASTER-CLASS-2017: International conference, Kyiv, 2017*, pp. 369 – 370.
6. Wang X. (2014). *A review of cloud-based BIM technology in the construction sector [Text] / Johnny Wong, Xiangyu Wang, Heng Li, Greg Chan, Haijiang Li // Journal of Information Technology in Construction*, 19, 281 – 291.
7. Brink, L. (2013). *Establishing a national standard for 3D topographic data compliant to CityGML / L. Brink, J. Stoter, S. Zlatanova // International Journal of Geographical Information Science*, 27 (1), 92 – 113.
8. *The BIM Project Execution Planning Guide and Templates – Version 2.1, Penn State; [http://bim.psu.edu/Uses/the\\_uses\\_of\\_bim.pdf](http://bim.psu.edu/Uses/the_uses_of_bim.pdf)*
9. DSTU B A.2.4-2: 2009. *Conditional signs and graphic representations of elements of general plans and structures of transport [Text]. – [effective as of 01.01.2010]. – Kyiv: Minregion of Ukraine, 2009. – 28 p. – (National Standard of Ukraine).*
10. DBN 360-92\*\*. *Town planning. Planning and development of urban and rural settlements [Text]. – [Effective as of 01.09.2018. – Kyiv: Research Institute of Urban Development, 2018. – 100 p. – (State building regulations of Ukraine).*
11. Honcharenko, Tetyana. (2018). *Structural analysis of the territory for construction as a complex spatial distributed system. Management of Development of Complex Systems*, 34, 115 – 121. [The publication is included in the NDS: BASE; Index Copernicus].
12. Honcharenko, Tetyana. (2018). *The use of BIM-technology to create an information model territories for development. Management of Development of Complex Systems*, 33, 131 – 138. [The publication is included in the NDS: BASE; Index Copernicus].
13. Honcharenko, Tetyana, Mikhaïlenko, Viktor. (2018). *Theory is a plural description of spatial data in the information model of the territory for development. Bulletin of the NTU "KhPI". Series: Computer Science and Modeling. Kharkiv: NTU "KhPI"*, 24, 50 – 60.
14. Mikhaïlenko, Viktor, Honcharenko, Tetyana. (2018). *Methods of constructing digital surface models based on object-oriented models of spatial objects. Problems of Informatics and Modeling (PIM-2018): XVIII International Conference, Kharkiv-Odessa*, 54 – 56.

## Посилання на публікацію

- APA Honcharenko, Tetyana. (2019). *Object-oriented modeling of spatial objects of general planning. Management of Development of Complex Systems*, 38, 64 – 70, [dx.doi.org/10.6084/m9.figshare.9788462](https://doi.org/10.6084/m9.figshare.9788462).
- ДСТУ Гончаренко Т.А. *Об'єктно-орієнтоване моделювання просторових об'єктів генерального планування [Текст] / Т.А. Гончаренко // Управління розвитком складних систем. – 2019. – № 38. – С. 64 – 70, [dx.doi.org/10.6084/m9.figshare.9788462](https://doi.org/10.6084/m9.figshare.9788462).*