

УДК 711.1

Гоблик А. В.,

*кандидат технічних наук, доцент кафедри містобудування  
Національного університету «Львівська політехніка»,  
a.hoblyk@gmail.com, orcid: 0000-0001-9808-7447*

## МІСТОБУДІВНА ЕНТРОПІЯ ТА ЗАСТОСУВАННЯ ЇЇ В ТЕОРІЇ МІСТОБУДІВНИХ СИСТЕМ

Анотація: сформульовано поняття містобудівної ентропії та обґрунтовано його значення для математичного моделювання процесів розвитку містобудівних систем на основі ентропійного підходу.

Ключові слова: містобудівна ентропія, містобудівна система, математична модель, ентропійний підхід.

**Вступ.** Містобудівні системи (*МС*) як об'єкт дослідження відносяться до найбільш складних відкритих систем з нелінійними прямими та зворотними зв'язками, циклічними процесами самоорганізації, джерелом яких є поновлювальна енергія зовнішнього світу та життєдіяльність людини. Поведінка таких техніко-соціально-економічних систем у всі часи була слабо прогнозованою.

Найгострішу проблему для моделювання *МС* з метою прогнозування сценарію їхнього розвитку утворюють процеси наростання кризових ситуацій в управлінні містами внаслідок накопичення та загострення екологічних та соціально – економічних проблем, а також відсутність інструментів для їх розв'язування. В результаті неефективного управління містобудівними процесами можуть спостерігатися періодичні цикли переходу *МС* з періодом 40-50 років із стану порядку до стану безладу. Тому для мешканців міста та його системи управління актуальним завданням є своєчасне передбачення кризових явищ в *МС* і нарощування антикризового потенціалу з метою зменшення їх руйнівних наслідків.

В контексті наведених міркувань актуальною залишається проблема розробки методології кількісної оцінки стану безладу в якому можуть перебувати як елементи так і містобудівна система в цілому.

В науковій літературі та дисертаційних дослідженнях проблемі переходу *МС* від порядку до безладу і навпаки присвячена значна кількість робіт. В таких роботах дослідження виконується на описовому рівні, часто використовується термін «ентропія» в словосполученні з предметною областю дослідження, наприклад використовується термін «соціальна ентропія», вкладаючи в цей термін зміст міри безладу в соціальній системі [8].

На даний час в фізичних та технічних науках існують терміни «термодинамічна ентропія» для кількісного опису термодинамічних систем [7], інформаційна ентропія для кількісної оцінки міри невизначеності повідомлення [5, 10]. Проте аналіз наукових робіт, в яких зроблено спроби застосування поняття ентропії до дослідження розвитку містобудівних систем та їхніх підсистем, показує недостатню теоретичну проробку методів кількісної оцінки рівня порядку та безладу в *МС* з використанням ентропійного підходу.

Тому, *метою даної роботи* є формулювання поняття містобудівної ентропії, аналога поняття «інформаційна ентропія» для розробки методології та методів кількісної оцінки стану «порядок-безлад», в якому перебувають як елементи *МС*, так і сама *МС*. *Предметом* даної роботи є обґрунтування поняття «містобудівна ентропія» та методологічні аспекти його застосування в теорії *МС*.

**Основна частина.** Містобудівну систему утворюють різноманітні об'єкти від простих до складних різного функціонального призначення, зі скінченною множиною можливих станів  $A_1, A_2, A_3, \dots, A_n$ , в тому числі станів «порядку» та «безладу» з відповідними ймовірностями  $P_1, P_2, P_3, \dots, P_n$ . Перебування в тому або іншому стані окремих об'єктів *МС* може залежати від станів, в яких перебувають інші елементи *МС*, що створює проблему для оцінки рівня впорядкованості такої *МС*. У випадку, коли перебування того або іншого об'єкту *МС* не залежить від стану, в якому перебувають інші об'єкти *МС*, задача суттєво спрощується, тому що для такого випадку доказано теорему про додавання ентропій складних систем [1]. Число таких складних систем може бути нескінченним.

Проте, якщо системи, що об'єднуються, залежать одна від одної, просте додавання їхніх ентропій недопустиме. У цьому випадку ентропія складної системи є меншою, чим сума ентропій її складових частин. Для того, щоб знайти ентропію системи, що складається з незалежних елементів, потрібно ввести нове поняття: «умовної ентропії» [2].

Для розв'язування такої складної містобудівної задачі оцінки рівня впорядкованості *МС* в даній роботі пропонується використати метод аналогій Ньютона [6] і ввести в якості міри «порядок – безлад» в *МС* поняття містобудівної ентропії – аналога інформаційної ентропії Шеннона [5].

На даному кроці дослідження доречно зауважити, що частково метод ентропії уже був апробований на задачі оцінки ступеня концентрації поселень в рівновеликих осередках території [4,9]. На відміну від інформаційної ентропії, ентропія в такій задачі трактується в «теоретико - ймовірнісному змісті» як міра неоднорідності структури мережі поселень і завдяки цьому формула для визначення ентропії мережі поселень виявилась дуже простою [4]:

$$H_i = - \sum_{i=-1}^n p_i \log p_i \quad (1)$$

де:  $H_i$  – ентропія мережі поселень якої-небудь системи;

$p_i$  – ймовірність ступеня концентрації поселень у рівновеликих осередках території.

Для формулювання поняття «містобудівна ентропія» вивисимо суть проблеми оцінки кількісної міри безладу в міському середовищі.

З точки зору мешканця любого поселення, місто та його середовище забезпечують певний рівень комфортності для проживання. При цьому міське середовище з огляду на рівень комфортності не є однорідним і на сто відсотків не є передбачуваним. Навпаки, містобудівні об'єкти, транспортні засоби, погодні умови, врешті - решт і самі мешканці міста перебувають в безлічі станів, які можуть бути відображені і описані теорією ймовірностей та математичної статистики. Прикладом подій в *МС*, що описуються розподілом випадкових величин можуть бути: хаотичне паркування автомобілів, порушення правил дорожнього руху водіяма і пішоходами, аварійні ситуації в газових мережах, мережах водопостачання та в електромережах, природні катаклізми тощо.

Саме для кількісної оцінки перебування об'єктів містобудівної системи в станах, які описуються випадковими величинами, доцільно ввести поняття «містобудівна ентропія» і записати формулу для такої ентропії у вигляді формули Шеннона [5], при цьому новизна такої формули полягає у новому містобудівному формулюванні змісту її складових і нового предмету дослідження містобудівного простору

$$H_m = - \sum_{k=-1}^n p_k \log p_k \quad (2)$$

де  $H_m$  – містобудівна ентропія; індекс  $m$  означає «місто»;

$p_k$  – ймовірності станів містобудівних об'єктів;

Виникає питання: «Яке науково-практичне значення має кількісна оцінка величини містобудівної ентропії?» На перший погляд може показатись, що введення нового поняття в теорію містобудівних систем має незначне практичне значення. Проте, є інша сторона медалі. Кількісна оцінка перебування містобудівної системи та її елементів в стані порядку або безладу має суттєве практичне та методологічне значення для розробки методів побудови математичних моделей, що описують містобудівне ентропійне

середовище та ентропійне поле. Методи та польові моделі містобудівних систем на основі потенціалу просторової організації території розроблені в роботі [3].

З огляду на те, що ентропія ( $H_m$ ) – скалярна величина, її можна співставити з точкою  $M(x,y,z,t_0)$ , в системі просторово-часових координат і отримати ентропійне поле, яке описує рівень порядку або безладу в кожній точці міського середовища. Обчислення математичними методами градієнта такого розподілу поля виявить вектор зростання, або спадання порядку в міському середовищі в системі просторових і часових координат. Кореляційний аналіз просторового та часового розподілу ентропійного поля виявить дислокацію патогенних областей в міському середовищі, розвиток яких потрібно буде в першу чергу призупинити. Розробка математичних моделей на основі поняття містобудівної ентропії дозволить швидко реагувати на виникнення патогенних процесів в містобудівних системах.

### Висновки

1. В роботі сформульоване та обґрунтовано нове поняття для теорії містобудівних систем, а саме поняття «Містобудівна ентропія», яке відкриває широкі можливості для розвитку методів та методології кількісної оцінки рівня порядку та безладу в містобудівному просторі на основі ентропійного підходу.

2. На основі метода аналогій запропонована та обґрунтована математична модель для кількісної оцінки ентропії станів, в яких перебувають елементи містобудівної системи та містобудівна система в цілому, що дозволить підвищити рівень теоретичного обґрунтування моделювання містобудівних процесів для задач управління містом.

3. Обґрунтовано актуальність розробки на основі поняття «Містобудівна ентропія» ентропійних польових моделей містобудівної системи для моделювання просторово-часового розподілу порядку та безладу в середовищі містобудівної системи з метою підвищення рівня ефективності управління містобудівними процесами керівними органами та структурами міського самоврядування.

### Список літератури

- [1]. Вентцель Е.С. Энтропия сложной системы. Теорема добавления энтропий / Е.С. Вентцель // Теория вероятностей [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://moodle.chdu.edu.ua/mod/resource/view.php?id=57663>
- [2]. Вентцель Е.С. Умовна ентропія. Об'єднання залежних систем / Е.С. Вентцель // Теория вероятностей [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://moodle.chdu.edu.ua/mod/resource/view.php?id=57664>
- [3]. Гоблик А.В. Оптимізація просторової організації територій в зоні підвищених ризиків

- [Текст]: дис. ... канд. техн. наук: 05.23.20 / А.В. Гоблик. – Київ. національний ун-т будівництва і архітектури. – Київ, 2006. – 165 с.
- [4]. Карпенко П.Ю. Основні методи містобудівної оцінки території [Текст] / П.Ю. Карпенко // Містобудування та територіальне планування: Наук.-техн. збірник. – 2010. – Вип. 37. – С. 188–202.
- [5]. Шеннон К. Работы по теории информации и кибернетике [Текст] / Клод Шеннон. – Москва: Издательство иностр. лит., 1963. – 830 с.
- [6]. Hoblyk A. Newtonian analog method in modeling the effects of urban planning self-organization [Text] / Anna Hoblyk // Space & form: scientific journal, 2015. – vol. 24/2. – p. 67–76.
- [7]. Karlsson Christian. Entropi, energikvalitet och termodynamikens huvudsatser [Электронний ресурс]. – Режим доступа: [http://www.ckfysik.se/fy1/ppt\\_entropi.pdf](http://www.ckfysik.se/fy1/ppt_entropi.pdf)
- [8]. Kenneth D. Bailey. Social entropy theory. [Text] / Kenneth D. Bailey. – State University of New York Press, 1990. – 328 p.
- [9]. Medvedkov Y. The concept of entropy in settlement pattern analysis [Text] / Yuriy Medvedkov // Papers of the Regional Science Association, 1967. – vol. 18/1. – p. 165–168.
- [10]. Shannon Claude E. A Mathematical Theory of Communication [Text] / Claude Shannon // Bell System Technical Journal, 1948. – vol. 27 (3). – p. 379–423.

#### Аннотация

К.т.н., доцент Гоблик А.В., кафедра градостроительства НУ «Львовская политехника».

#### **Градостроительная энтропия и её применение в теории градостроительных систем.**

Сформулировано понятие градостроительной энтропии и обосновано его значение для математического моделирования процессов развития градостроительных систем на основе энтропийного подхода.

Ключевые слова: градостроительная энтропия, градостроительная система, математическая модель, энтропийный подход.

#### Annotation

PhD, associate professor Hoblyk A.V., Department of Urban Planning and Design, Lviv Polytechnic National University.

#### **Urban entropy and its application in the urban systems theory.**

The concept of urban entropy is formulated and its significance is justified for mathematical modeling of urban development processes based on the entropy approach.

Keywords: urban entropy, urban planning system, mathematical model, entropy approach.