

**ДОСЛІДЖЕННЯ ТРАНСПОРТНОЇ ДОСТУПНОСТІ ГІРНИЧОПРОМИСЛОВИХ РАЙОНІВ  
МІСТА З ЛІНІЙНО-РОЗОСЕРЕДЖЕНОЮ ПЛАНУВАЛЬНОЮ СТРУКТУРОЮ**

Робота присвячена актуальній науково-практичній задачі аналізу транспортної доступності відокремлених гірничопромислових районів міста, яке характеризується лінійно-розосередженою планувальною структурою. Підхід до аналізу транспортної доступності ґрунтується на результатах транспортного моделювання у програмному забезпеченні PTV Visum. Моделювання транспортної системи міста з лінійно-розосередженою планувальною структурою проведено на прикладі міста Кривий Ріг. З 237 транспортних районів транспортної моделі міста Кривий Ріг було виділено п'ять районів, де зайнятість у сфері видобувної промисловості та розробки кар'єрів перевищує 7 тисяч робочих місць. Дані райони були обрані для подальшого аналізу як гірничопромислові райони міста. Доступність гірничопромислових районів з інших частин міста при можливому використанні індивідуального транспорту була визначена за допомогою критерію часу в дорозі у умовах завантаженої транспортної мережі. Доведено, що лінійна планувальна міста обмежує доступ працездатного населення до віддалених гірничопромислових районів міста. Визначені вузькі місця у вулично-дорожній мережі міста, які негативно впливають на доступність гірничопромислового району. На основі порівняння діаграм кореспонденцій індивідуального транспорту до гірничопромислових районів з інших районів міста з ізохронами доступності гірничопромислових районів, встановлено, що перші десять найбільших кореспонденцій надходять з тих транспортних районів, які розташовані у межах 30-хвилинної поїздки на легковому автомобілі до відповідного гірничопромислового району. Дані кореспонденції генеруються переважно з транспортних районів, які не примикають один до одного. Таким чином, при розробці нових заходів щодо функціонування міської транспортної системи з'явилась можливість враховувати вплив планувально-просторового розвитку міста на показники її доступності, спираючись на результати даного дослідження.

**Ключові слова:** транспортна доступність, лінійне місто, поліцентричний міський план, гірничопромисловий район, індивідуальний транспорт, транспортне моделювання, PTV Visum, кореспонденція.

**ВСТУП**

На початку заснування міста Кривий Ріг значну роль у формуванні його планувальної структури відігравав природний ландшафт (злиття річок Інгулець та Саксагань, русла яких утворили балки). З активним освоєнням залізних руд на Криворіжжі сформувалась найбільша в Україні та Європі техногенна зона з перевагою гірничопромислових ландшафтів, які утворили платоподібний та кар'єро-терасовий багатоярусний відвальний тип місцевості [1]. Промислові ландшафти Криворіжжя в сучасний період перевищують показники відновлених природних ландшафтних комплексів цього регіону в 3,7–5,1 рази [1]. У дослідженні різноманіття гірничопромислових ландшафтів [1] вказано, що Криворізька ландшафтно-технічна система простягається субширотно з півночі на південь на 96 км, із заходу на схід – на 62 км, охоплюючи площу 4,1 тис. км<sup>2</sup>, що становить 0,67% території України. Як результат, місто Кривий Ріг характеризується розосередженою планувальною структурою із рівновеликими житловими масивами. Історичний центр міста стає більш автономним, тоді як роль районних центрів, що виникли на пізніших етапах розвитку міста, зростає. Поліцентрична структура міста характеризується розосередженістю робочих місць, основна частина яких приходиться на гірничо-видобувну, металургійну та переробну промисловості. Крім того, довжина тільки селітної зони міста з півночі на південь становить понад 60 км, тоді як у деяких місцях ширина міста із заходу на схід становить менше 5 км. Отже, планувальна структура міста є лінійно-розчленованою [2]. Подібні структури мають міста, як правило, розташовані на березі великих рік, уздовж берегової лінії моря або у гірській місцевості. Лінійна структура просторового розвитку значно збільшує довжину поздовжніх транспортних зв'язків, потребуючи застосування швидкісного транспорту. Тому саме розвиток залізничного транспорту сприяв формуванню лінійної планувальної структури таких міст. Для Кривого Рогу роль масового (пасажирського) транспорту на великі відстані поїздки виконує швидкісний трамвай. Транспортна доступність місць прикладання праці, які знаходяться у розосереджених гірничопромислових районах, для міста із лінійно-поліцентричною планувальною структурою, із врахуванням забезпеченості транспортною пропозицією та попитом на перевезення індивідуальним транспортом усіх зв'язків міжрайонного сполучення, практично не вивчалась в теоретичній площині, та потребує особливої уваги для

подальшого впровадження нових рішень в галузі транспорту та просторового розвитку міста на стратегічному рівні планування.

### АНАЛІЗ ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ ТА ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМИ

Класичний приклад лінійної структури міста був запропонований у 1882 році архітектором Артуро Сорія-і-Мата, який представив форму, яка охоплює більшу частину Мадрида (Іспанія) і організована навколо трамвайної колії шириною до 500 м, що дозволяло місту розширюватися прямолінійно з обох кінців. Проект лінійної структури міста мав обмежену реалізацію, однак він справив значний вплив на культуру містобудування ХХ століття, ставши попередником для багатьох інших проектів і стимулюючи подальші переосмислення в урбаністичному плануванні [3]. У подальшому Гарн'є зосередив промислову зону міста в одному місці, а окремі спеціальні промислові об'єкти розмістив таким чином, щоб це відповідало лінійній планувальній схемі, таким чином, зробивши перехід до концепції «лінійного індустріального міста» [4]. У проекті соціалістичного міста концепція лінійного міста, як вважалося, забезпечувала достатню гнучкість для подальшого безперервного розширення виробничих процесів. Даний проект був реалізований для однойменного району міста Кривий Ріг, який забезпечував в основному житлом працівників Криворізького металургійного комбінату.

Слід відмітити, що питання дослідження лінійної планувальної структури міст у сучасній науковій літературі висвітлено недостатньо. У публікації [5] виконано аналіз розвитку існуючих лінійних міст під впливом глобалізації на прикладі міста Сараєво (Боснія і Герцеговина). Морфологія лінійного міста з позиції альтернативи сучасному мегаполісу розглянута у [6].

У роботі [7] ключовим елементом аналізу транспортної доступності лінійного міста є рівняння рівноваги, яка досягається при одночасному розподілу чисельності населення по районах міста і доступністю даних районів:

$$P_s(t+1) = P \sum_r [P_r(t) \cdot d_{rs}^{-\alpha} / \sum_s P_s(t) \cdot d_{rs}^{-\alpha}] (1)$$

$P_s(t)$  – чисельність населення в районі  $s$  на момент часу  $t$ ;

$\alpha$  – «тертя» параметру відстані;

$r$  – номер району;

$d_{rs}$  – відстань між районами  $s$  та  $r$ .

Для міста із лінійною планувальною структурою  $d_{rs}^{-\alpha}$  є константою або фактично дорівнює нулю, що означає, що між районами  $r$  та  $s$  немає фізичної різниці.

У [7] визначення показника транспортної доступності  $A$  відображає спрощений підхід, оскільки доступність між районами  $x_n$  та  $x_m$  оцінюється як величина, обернено пропорційна Евклідовій відстані  $d_{x_n x_m}$  між ними, без урахування додаткових факторів, що можуть впливати на транспортну доступність міських районів.

$$A = 1 / \sum_m d_{x_n x_m}^2 (2)$$

До того ж, розрахунки рівноваги та доступності виконуються для моделі ідеального лінійного міста, що знижує практичну значущість даного підходу.

Транспортна доступність є одним із основних індикаторів ефективності містобудівного рішення або відповідної планувальної структури міста [7]. У роботі [8] визначено чотири підходи до кількісної оцінки доступності:

– показники ефективності транспортної системи, наприклад, швидкість руху на дорогах – традиційний підхід полягає у тому, що низька швидкість обмежує доступність;

– показники, які відображають можливості доступу до певних місць, як-от кількість робочих місць, доступних протягом 30-хвилинної поїздки;

– показники, що відображають можливість участі людини в різних видах діяльності в певний момент часу;

– показники корисності, які оцінюють економічні вигоди, що виникають завдяки доступу до різних видів діяльності, розподілених у просторі.

Незважаючи на те, що транспортна доступність у містах є предметом для ретельного вивчення [8], комплексний аналіз даного показника у частині врахування доступності гірничопромислових районів міста, яке має лінійно-розосереджену планувальну структуру, не проводився. Крім того,

слабкою стороною існуючих досліджень лінійної планувальної структури міст залишається їх надмірне абстрагування від реальних міських умов.

Поєднання таких чинників як специфіка розміщення робочих місць у гірничодобувній промисловості, розосередженість та одночасна лінійність планувальної структури міста, створює передумови для вдосконалення підходів до вивчення міської транспортної доступності. Таким чином, дослідження транспортної доступності гірничопромислових районів міста з лінійно-розосередженою (лінійно-поліцентричною) планувальною структурою є актуальним науковим завданням.

Для виконання поставленого завдання необхідно розв'язати декілька питань:

- виявити просторове розташування міських районів, які характеризуються максимальними показниками кількості робочих місць у гірничодобувній промисловості у місті Кривий Ріг;
- визначити транспортну доступність до виявлених районів із інших районів міста при використанні системи індивідуального транспорту (ІТ) «легковий автомобіль».

#### **РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ.**

Для виконання поставлених завдань було використано результати моделювання транспортної системи міста Кривий Ріг у програмному забезпеченні PTV Visum [9]. Модель пасажирського транспорту складається з моделі мережі, 4-крокової моделі попиту на перевезення та моделі їх взаємодії. Мережа, в свою чергу, включає 13 транспортних систем (велосипеди, автомобілі, автобуси, легкі (двовісні), середні (двовісні) та важкі (тривісні) вантажні автомобілі, швидкісний трамвай, трамвай, тролейбус, таксі, приміський автобус, пішохідний рух, окремо до зупинки громадського транспорту), 7 видів транспорту (велосипед, легковий автомобіль, легкі, середні та важкі вантажні автомобілі, пішохідний рух та громадський транспорт), 27598 відрізків, 10097 вузлів, 83270 поворотів, 237 транспортних районів, 1748 примикань для індивідуального транспорту, 3013 примикань для громадського транспорту, 534 зупинки, 1165 зупиночних зон, 1190 зупиночних пунктів, 130 маршрутів та 218 маршрутних напрямків. Транспортна модель містить 14 сегментів попиту відповідно до різних цілей поїздок.

Для виявлення розміщення міських районів з максимальною кількістю робочих місць у гірничодобувній промисловості використані дані відкритих джерел [10]. Кількість таких робочих місць визначалась відповідно до КВЕД В [11] та задавалась у моделі в атрибутах транспортних районів.

Розподіл робочих місць у видобувній промисловості та розробці кар'єрів представлено на Рисунку 1. Також було визначено щільність робочих місць (роб. місць/км<sup>2</sup>) у гірничодобувній промисловості по транспортним районам міста (Рисунок 2).

Як видно з Рисунку 1 та Рисунку 2, гірничопромислові райони міста із максимальною кількістю робочих місць у даній галузі (більше 7 тис. місць на транспортний район) розташовані некомпактно, відповідно, транспортні зв'язки між ними розподіляються нерівномірно, підтверджуючи тезу про розосередженість планувальної структури міста.

Для аналізу доступності гірничопромислових районів серед них можна виділити п'ять основних районів із кількістю робочих місць більше 7 тис. (Рисунок 1), які представлені в таблиці 1. Кількість поїздок, який генерує та притягує відповідний район протягом доби у шарах попиту «робота-дім», «дім-робота», визначені за результатами моделювання, також показана в таблиці 1.

Таблиця 1 – Основні гірничопромислові райони та їх показники зародження/притягнення поїздок

| Номер району<br>(з півдня на північ) | Адміністративний район міста | Робота-дім |             | Дім-робота |             |
|--------------------------------------|------------------------------|------------|-------------|------------|-------------|
|                                      |                              | Генерація  | Притягнення | Генерація  | Притягнення |
| 1                                    | Інгулецький                  | 1504       | 3534        | 3888       | 1655        |
| 2                                    | Інгулецький                  | 3805       | 0           | 0          | 3394        |
| 3                                    | Металургійний                | 11358      | 180         | 198        | 12495       |
| 4                                    | Покровський                  | 3620       | 50          | 55         | 3983        |
| 5                                    | Тернівський                  | 4881       | 0           | 0          | 5370        |

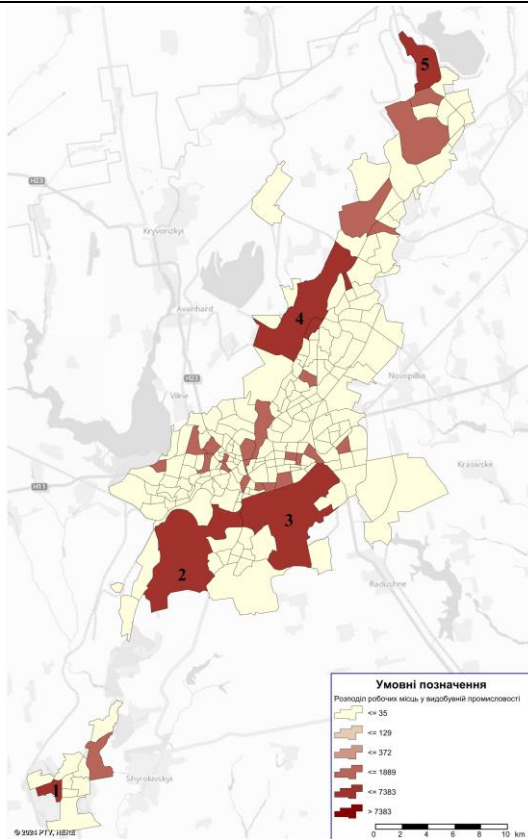


Рисунок 1 – Розподіл робочих місць у гірничодобувній промисловості у місті Кривий Ріг

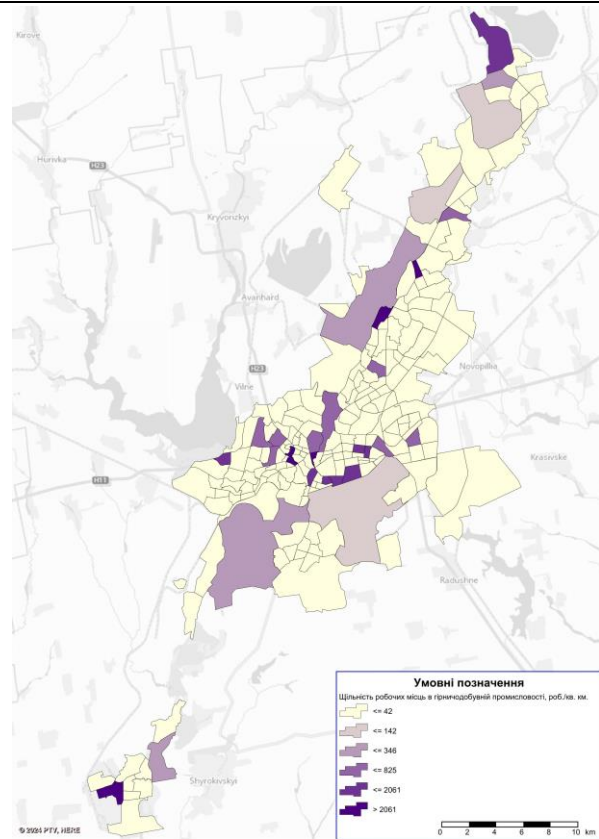


Рисунок 2 – Щільність робочих місць у гірничодобувній промисловості у місті Кривий Ріг

Таким чином, для основних гірничопромислових районів міста характерні такі особливості:

- всі вони розташовані або примикають до великих підприємств із видобутку та обробки корисних копалин: район 1 – з ПрАТ Інгулецький гірничозбагачувальний комбінат (ГЗК) [12], райони 2 та 3 – ПАТ Арселор Міттал Кривий Ріг [13], район 4 – ПрАТ Центральний ГЗК [14], район 5 – ПрАТ Північний ГЗК [15];

- оскільки житлова забудова всередині цих районів практично відсутня, вони не генерують поїздки з дому і не притягують поїздки додому, натомість кількість переміщень на роботу з інших районів та з роботи в інші райони залишається високою.

Доступність гірничопромислових районів визначатиметься у результаті перерозподілу попиту на ІТ для поїздок притягнення.

Доступність об'єктів мережі у програмному забезпеченні PTV Visum оцінюється за допомогою пошуку найкоротшого шляху (маршруту) [9]. Вибір маршруту користувачем мережі залежить від об'єктивних та суб'єктивних факторів, зокрема, визначається наступними факторами опору руху: очікуваний час подорожі за маршрутом, довжина маршруту та можливі дорожні збори. Крім того, на вибір маршруту може впливати безліч інших факторів. За замовчуванням опір руху залежить від наступних змінних: час у дорозі для конкретної транспортної системи, в завантаженій мережі  $t_{cur}$ , с; довжина відрізків, м; дорожні збори для конкретної транспортної системи, грошові одиниці; користувацькі значення атрибутів AddValues, тип відрізків.

Складові опору руху, у свою чергу, розділяються на дві групи: залежні від обсягів руху наприклад, показник часу у дорозі у завантаженій мережі, та незалежні від обсягів руху, наприклад, довжина відрізка.

Виходячи з припущення, що час проїзду (опір руху) об'єктів мережі зростає зі збільшенням інтенсивності руху, всі процедури перерозподілу, в свою чергу, ґрунтуються на припущенні, що час проїзду об'єктів мережі є монотонною функцією приросту від інтенсивності руху [9].

Час у дорозі  $t_{cur}$  для елемента мережі розраховується за допомогою функцій «обсяг-затримка» (Volume-Delay – VD-функцій).

У транспортній моделі в якості VD-функцій на відрізках  $t_{cur}$  використано функцію Lohse [9]:

$$t_{curl} = \begin{cases} t_0 \cdot (1 + a \cdot sat^b), & sat \leq sat_{crit} \\ t_0 \cdot (1 + a \cdot (sat_{crit})^b) + & \\ + a \cdot b \cdot t_0 \cdot (sat_{crit})^{b-1} \cdot (sat - sat_{crit}), & sat > sat_{crit}, \end{cases} \quad (3)$$

$sat_{crit} \in [0,00;10]$ ,  $a \in [0,00;1000]$ ,  $b \in [0,00;10]$ ,  $c \in [0,00;100]$

$sat$  – рівень завантаження елемента мережі, що визначається  $sat = \frac{q}{q_{max} \cdot c}$ ,

$q$  – сумарне навантаження від усіх систем ІТ (одиниця/од. час);

$q_{max}$  – пропускна здатність елемента мережі (одиниця/од. час);

$sat_{crit}$  – рівень насичення, з якого починається лінійна ділянка VD-функції;

$a, b, c, d, f$  – визначені калібрувальні параметри.

Для моделювання VD-функцій на вузлах та поворотах мережі  $t_{curt}$  використано функцію TModel Nodes:

$$t_{curt} = \begin{cases} (t_0 + a) + d \cdot (sat + f)^b, & sat \leq sat_{crit} \\ (t_0 + a') + d' \cdot (sat + f')^{b'}, & sat > sat_{crit} \end{cases} \quad (4)$$

Таким чином, оцінка доступності міських об'єктів з лінійною планувальною структурою за допомогою транспортного моделювання є значно комплексніша порівняно з використанням аналітичних залежностей в існуючих методиках, типу рівняння (2), за якого критерієм доступності (витрат на поїздку) виступає лише один показник – відстань між районами.

Візуалізація та аналіз доступності гірничопромислових районів у транспортній системі Кривого Рогу проводились на основі використання ізохрон доступності, відображених на відрізках мережі. При цьому для розрахунків доступності було взято критерій пошуку найкоротшого шляху у вигляді часу поїздки у завантаженій мережі  $t_{cur}$  [9].

На Рисунках 3-7 показані ізохрони доступності для транспортних районів 1 – 5 із гірничодобувною промисловістю, коли вони використовуються як місця призначення поїздок. Ізохрони є графічним параметром відрізків й вказують на місця, звідки можна досягти гірничопромислових районів за визначений проміжок часу.

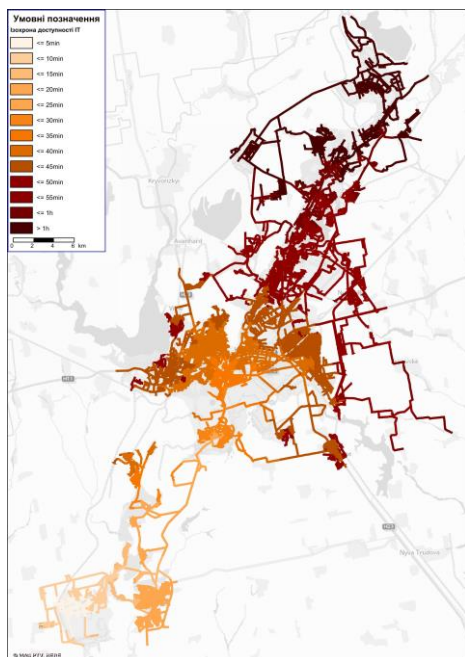


Рисунок 3 – Час у дорозі до пункту призначення в гірничопромисловому районі 1

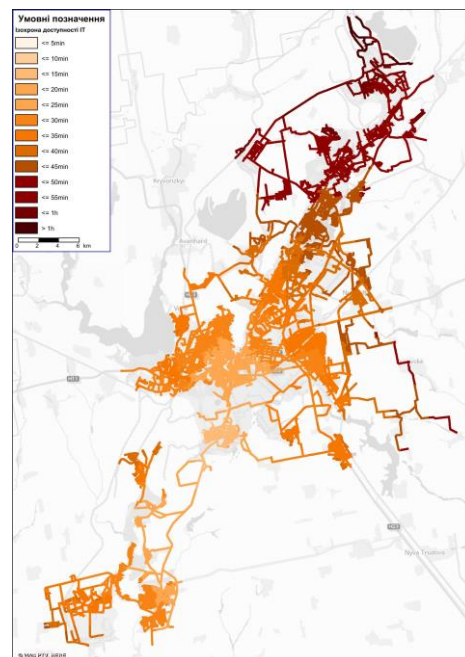


Рисунок 4 – Час у дорозі до пункту призначення в гірничопромисловому районі 2

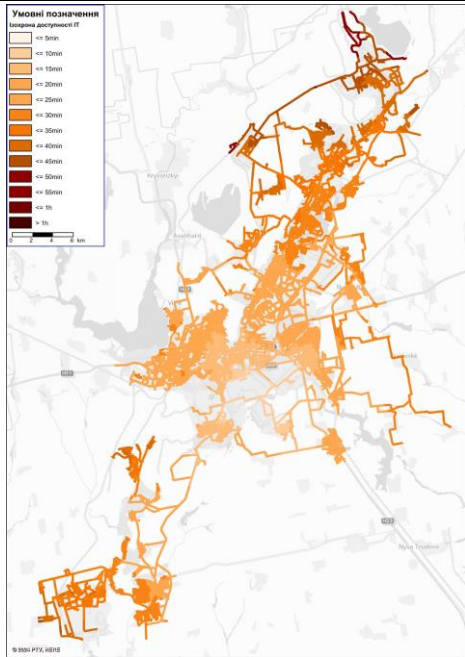


Рисунок 5 – Час у дорозі до пункту призначення в гірничопромисловому районі 3

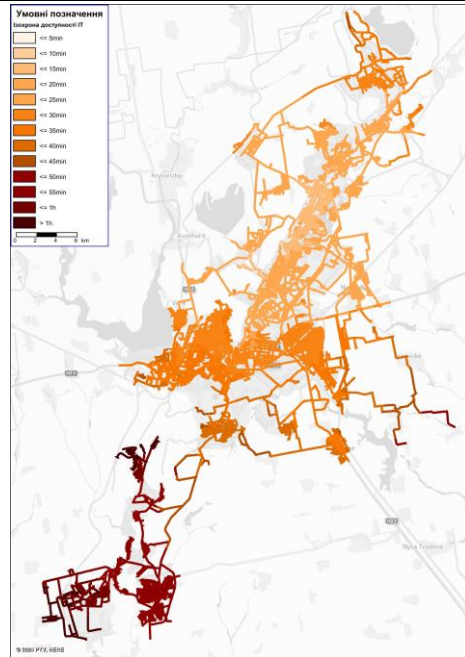


Рисунок 6 – Час у дорозі до пункту призначення в гірничопромисловому районі 4

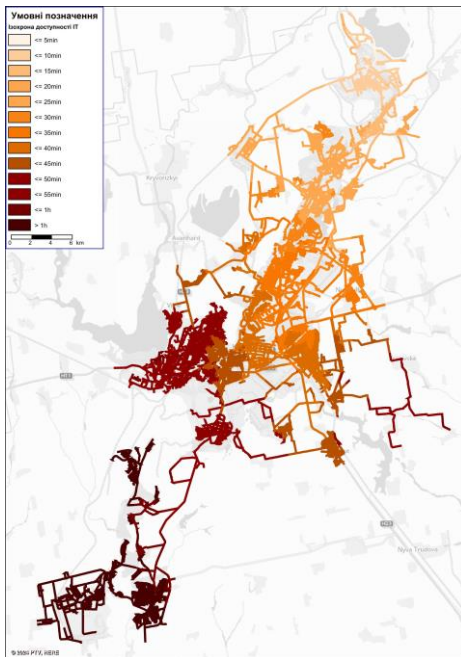


Рисунок 7 – Час у дорозі до пункту призначення в гірничопромисловому районі 5

Для порівняння транспортної доступності гірничопромислових районів між собою, на основі отриманих ізохрон, проведено оцінку кількості працездатного населення (від 18 до 64 років)  $U$ , яке має доступ до визначених районів у межах 30-хвилинної поїздки на легковому автомобілі (таблиця 2):

$$U = \sum_{z=1}^n U_z, \text{ якщо } t_{curzi} \leq 30 \quad (4)$$

$U_z$  – кількість працездатного населення, які проживають у транспортному районі  $z$ , осіб;

$z$  – порядковий номер транспортного району у моделі;

$n$  – кількість транспортних районів, які відповідають умові  $t_{curzi} \leq 30$ ;

$i$  – порядковий номер гірничопромислового району (від 1 до 5);

$t_{curzi}$  – час проїзду відрізків, вузлів та поворотів мережі відповідно до VD-функцій (рівняння 3-

4) від транспортного району  $z$  до місця призначення у район  $i$ .

Якщо транспортний район  $z$  у моделі включає як об'єкти мережі, для яких показник  $t_{curzi}$  відповідає умові 30-хвилинної поїздки на легковому автомобілі, так і об'єкти (відрізки), для яких  $t_{curzi}$  даній умові не відповідає, то  $U_z$  визначається пропорційно розмірам селітної зони, прилеглої до відрізків мережі, для яких умова (4) виконується.

Таблиця 2 – Кількість працездатного населення, для якого гірничопромисловий район доступний в режимі 30-хвилинної поїздки на легковому автомобілі

| Номер гірничопромислового району (з півдня на північ) | Кількість визначених транспортних районів у моделі в межах критерію 30-хвилинної поїздки (% від загальної кількості) | Адміністративні райони міста, до яких відносяться визначені транспортні райони | Кількість працездатного населення, осіб (% від загальної кількості) |
|---|--|--|---|
| 1   | 14 (6%)  | Інгулецький  | 32 142 (8%)   |
| 2   | 104 (44%)  | Усі, окрім Покровського та Тернівського  | 109 600 (28%)   |
| 3   | 182 (76%)  | Усі  | 321 860 (82%)   |
| 4   | 156 (65%)  | Усі, окрім Інгулецького  | 267 740 (69%)   |
| 5   | 33 (14%)   | Тернівський, Покровський   | 98 150 (25%)  |

Отримані ізохрони (Рисунки 3 - 7) відображають особливості транспортної пропозиції відносно основних гірничопромислових районів міста з позиції доступності при здійсненні поїздки на легковому автомобілі. Кількість працездатних осіб, яка дійсно користується легковим автомобілем для поїздок у гірничопромислові райони, залежить від рівня автомобілізації населення та вибору режиму транспорту. Кількість таких поїздок визначається у результаті перерозподілу на ІТ у відповідній процедурі 4-крокової моделі з усіх міжрайонних кореспонденцій.

На наступному етапі даного дослідження було визначено транспортні райони, які формують основні кореспонденції транспортного попиту на ІТ до кожного з досліджуваних гірничопромислових районів міста та перевірено відповідність даних кореспонденцій умові доступності (4). Для виконання даної задачі використано діаграми кореспонденцій, а саме відображення елементів «пара зародження-призначення» між транспортними районами (OD pairs) із призначенням у якості атрибута кореспонденцій (Desire line zones) матричних значень перерозподілу поїздок на легковому автомобілі. Порівняння отриманих діаграм кореспонденцій із ізохронами доступності дозволило відповісти на питання, чи є доступними гірничопромислові райони у межах 30-хвилинної поїздки на легковому автомобілі для транспортних районів, які є основними місцями зародження таких поїздок у розглянуті гірничопромислові райони. Як приклад, на Рисунку 8 показана діаграма десяти найбільших за обсягами кореспонденцій ІТ до гірничопромислового району 4.

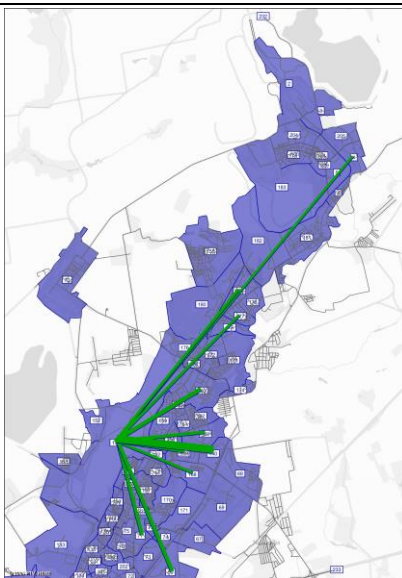


Рисунок 8 – Діаграма найбільших десяти кореспонденцій до гірничопромислового району 4

### ОБГОВОРЕННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ.

За результатами транспортного моделювання визначена доступність перших п'яти за кількістю робочих місць гірничопромислових районів Кривого Рогу (рис.3 – рис.7, табл.1) за критерієм часу у дорозі у завантаженій вулично-дорожній мережі при використанні індивідуального транспорту. Лінійно-розосереджена планувальна структура міста має чітку субширотно прив'язку з півночі на південь, суттєво впливаючи на показник часу поїздки на індивідуальному транспорті. Це підтверджується тим, що лише 8% та 25% працездатного населення міста віком від 18 до 64 років мають можливість досягти місця призначення до найбільш віддалених від географічного центру міста гірничопромислових районів 1 на півдні та 5 – на півночі із часом поїздки на легковому автомобілі до 30 хв. Водночас, до району 3, який включає також і найбільше в Україні металургійне виробництво, поїздка тривалістю до 30 хв. на легковому автомобілі можлива з усіх адміністративних районів міста та доступна до 82% працездатного населення. Вузким місцем вулично-дорожньої мережі є транспортна доступність гірничопромислового району 2. Він є територіально близьким до району 3, у той же час, тільки 28% працездатного населення мають можливість дістатись даного району із тривалістю поїздки до 30 хв. Збільшення тривалості сполучення на даній ділянці мережі пов'язано із обмеженістю дорожньої інфраструктури: єдиною автодорогою із двома смугами для кожного напрямку, яка пов'язує Інгулецький район із іншими адміністративними районами міста є вулиця Чумацький шлях, яка проходить практично всередині промислової зони підприємства ПАТ АрселорМіттал Кривий Ріг аж до мікрорайону Південного ГЗК. Використання сполучення між Інгулецьким районом та іншими районами, наприклад, по вулицям Домнобудівна, Цимлянська, Акціонерна як повноцінної альтернативи вулиці Чумацький шлях не розглядався на практиці, оскільки пропускна здатність даних вулиць є вдвічі меншою у порівнянні із вулицею Чумацький шлях при цьому відстань до місця призначення – більшою.

Порівняння діаграм кореспонденцій ІТ до гірничопромислових районів з інших районів міста із ізохронами доступності гірничопромислових районів дозволило встановити, що основні обсяги кореспонденцій індивідуального транспорту (найбільші десять для кожного з п'яти районів видобутку залізних руд) походять з транспортних районів, які знаходяться в межах 30-хвилинної поїздки на легковому автомобілі до відповідного гірничопромислового району.

Аналіз транспортної доступності основних гірничопромислових районів для поїздок на громадському транспорті, у тому числі, доступності зупинок громадського транспорту, які використовуються для обслуговування гірничопромислових районів, планується як частина подальших досліджень.

### ВИСНОВКИ.

У роботі вирішено актуальне науково-практичне завдання – дослідження транспортної доступності районів із місцями прикладання праці у галузі видобутку та переробки корисних копалин у місті з лінійно-розосередженою (лінійно-поліцентричною) планувальною структурою.



Доступність оцінювалась на основі аналізу результатів моделювання транспортної системи міста Кривий Ріг, яке характеризується лінійно-розосередженою планувальною структурою, у програмному забезпеченні PTV Visum.

Визначено розподіл робочих місць та їх щільності у гірничодобувній промисловості у місті Кривий Ріг. Визначено територіальне розміщення гірничопромислових районів міста Кривий Ріг на основі обробки відкритих статистичних даних та виділено з-поміж них п'ять районів із кількістю робочих місць у гірничодобувній промисловості більше 7 тис. місць на один район. Дані райони значно розосереджені у планувальній структурі міста, транспортні зв'язки між ними розподілені нерівномірно. Для поїздок у напрямку робочих місць та від робочих місць, розташованих у гірничопромислових районах, спостерігаються високі показники генерації та притягнення, натомість, поїздки до дому та з дому практично відсутні.

Доступність гірничопромислових районів з усіх інших районів міста у разі потенційного використання індивідуального транспорту була знайдена за критерієм часу у дорозі у завантаженій мережі, який визначався за допомогою VD-функції Lohse для відрізків мережі та VD-функції TModel Nodes для вузлів та поворотів.

Вперше оцінено кількість працездатного населення (віком 18-64 років), яке може дістатися гірничопромислових районів за 30 хв. на легковому автомобілі. Лінійно-розосереджена структура міста, орієнтована з півночі на південь, суттєво впливає на час поїздки, тому лише 8% та 25% працездатного населення можуть досягти віддалених гірничопромислових районів 1 (на півдні) та 5 (на півночі) за період до 30 хв. Транспортна доступність гірничопромислового району 2 є слабким місцем вулично-дорожньої мережі: лише 28% працездатного населення мають можливість досягти району 2 за час поїздки, що не перевищує 30 хв.

Основна частина транспортного попиту із місцем призначення у гірничопромислових районах забезпечується районами, які знаходяться у межах 30-хвилинної поїздки на легковому автомобілі до відповідних гірничопромислових районів. Кореспонденції з найбільшою кількістю поїздок до різних гірничопромислових районів зароджуються переважно в тих транспортних районах, які не примикають один до одного. Відповідно, кожен гірничопромисловий район характеризується відокремленістю транспортних зв'язків як у частині транспортного попиту, що означено вище, так і у частині транспортної пропозиції (мережа, що примикає до конкретного гірничопромислового району, не перетинається із мережею іншого району, що є ознакою розосередженої планувальної структури).

На основі результатів проведеного дослідження можливе врахування впливу просторового розвитку міста на показники доступності його транспортної системи.

#### ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Коптева Т.С. Висотна диференціація та різноманіття гірничопромислових ландшафтів Криворіжжя: дис. ... доктора філософії: 103. Вінниця, 2021. 163 с.
2. Плешкановська А.М. Функціонально-планувальна оптимізація використання міських територій. Київ: Логос, 2005. 190 с.
3. Fraser, B. (2019). Obsessively writing the modern city: the partial madness of urban planning culture and the case of Arturo Soria y Mata in Madrid, Spain. *Journal of Literary and Cultural Disability Studies*, 13.1. 21-37.
4. Tachir, G., & Evcil, A. N. (2022). City of the future theories: a diachronic comparative study. *Journal Of Urban Culture Research*. 219-232. <https://doi.org/10.14456/jucr.2022.30>
5. Tufek-Memisevic, T., & Stachura, E. (2015). A linear city development under contemporary determinants.
6. Rubio, M. M. Á. (2017). The “Linear city” alternative to the unstoppable growth of the present city. *ESTOA*, 6(11). 71-80. <https://doi.org/10.18537/est.v006.n011.a05>
7. Batty, M. (2022). The Linear City: illustrating the logic of spatial equilibrium. *Computational Urban Science*, 2:8. 17. <https://doi.org/10.1007/s43762-022-00036-z>
8. Metz, D. (2024). Travel behaviour reconsidered in an era of decarbonisation. London: UCL Press. <https://doi.org/10.2307/jj.11498431>
9. *PTV VISUM user manual*. (2023). Karlsruhe, Germany: PTV Planung Transport Verkehr GmbH.
10. Кривий Ріг у цифрах і фактах. URL: [https://ig.krmisto.gov.ua/dwn/citycard/kriviy\\_rih\\_facts\\_2021.pdf](https://ig.krmisto.gov.ua/dwn/citycard/kriviy_rih_facts_2021.pdf) (дата звернення 22.10.2024)
11. Класифікація видів економічної діяльності (КВЕД-2010) складається з таких секцій. URL: [https://kved.ukrstat.gov.ua/KVED2010/kv10\\_i.html](https://kved.ukrstat.gov.ua/KVED2010/kv10_i.html) (дата звернення 22.10.2024)

12. ПРАТ «ІНГЗК» входить до складу Гірничовидобувного дивізіону групи METINVEST і на сьогоднішній день є одним з успішних підприємств ГМК України. URL: <https://ingok.metinvestholding.com/ua/about/common> (дата звернення 22.10.2024)
13. Сталь із розумом: для людей і планети. URL: <https://ukraine.arcelormittal.com/> (дата звернення 22.10.2024)
14. Центральний ГЗК – єдине підприємство в Україні, яке одночасно використовує відкритий і підземний способи видобутку руди. URL: <https://cgok.metinvestholding.com/ua> (дата звернення 22.10.2024)
15. Північний гірничо-збагачувальний комбінат - одне з найбільших гірничодобувних підприємств Європи із підготовки сировини для металургійної промисловості. URL: <https://sevgok.metinvestholding.com/ua> (дата звернення 22.10.2024)

## REFERENCES

- Koptieva, T.S. (2021). Vysotna dyferentsiatsiia ta riznomanittia hirnychopromyslovykh landshaftiv Kryvorizhzhia. Vynnytsia.
- Pleshkanovska, A.M. (2005). Funktsionalno-planuvalna optymizatsiia vykorystannia miskyykh terytorii. Kyiv: Lohos.
- Fraser, B. (2019). Obsessively writing the modern city: the partial madness of urban planning culture and the case of Arturo Soria y Mata in Madrid, Spain. *Journal of Literary and Cultural Disability Studies*, 13.1. 21-37.
- Tachir, G., & Evcil, A. N. (2022). City of the future theories: a diachronic comparative study. *Journal Of Urban Culture Research*. 219-232. <https://doi.org/10.14456/jucr.2022.30>
- Tufek-Memisevic, T., & Stachura, E. (2015). A linear city development under contemporary determinants.
- Rubio, M. M. Á. (2017). The “Linear city” alternative to the unstoppable growth of the present city. *ESTOA*, 6(11). 71-80. <https://doi.org/10.18537/est.v006.n011.a05>
- Batty, M. (2022). The Linear City: illustrating the logic of spatial equilibrium. *Computational Urban Science*, 2:8. 17. <https://doi.org/10.1007/s43762-022-00036-z>
- Metz, D. (2024). Travel behaviour reconsidered in an era of decarbonisation. London: UCL Press. <https://doi.org/10.2307/jj.11498431>
- PTV VISUM user manual. (2023). Karlsruhe, Germany: PTV Planung Transport Verkehr GmbH.
- Кривий Ріг у цифрах і фактах. URL: [https://ig.krmisto.gov.ua/dwn/citycard/kriviy\\_rih\\_facts\\_2021.pdf](https://ig.krmisto.gov.ua/dwn/citycard/kriviy_rih_facts_2021.pdf) (дата звернення 22.10.2024)
- Klasyfikatsiia vydiv ekonomichnoi diialnosti (KVED-2010) skladaietsia z takyykh sektsii. Retrieved October 22, 2024 from [https://kved.ukrstat.gov.ua/KVED2010/kv10\\_i.html](https://kved.ukrstat.gov.ua/KVED2010/kv10_i.html)
- ПРАТ «ІНГЗК» входить до складу Гірничовидобувного дивізіону групи METINVEST і на сьогоднішній день є одним з успішних підприємств ГМК України. Retrieved October 22, 2024 from <https://ingok.metinvestholding.com/ua/about/common>
- Сталь із розумом: для людей і планети. Retrieved October 22, 2024 from <https://ukraine.arcelormittal.com/>
- Центральний ГЗК – єдине підприємство в Україні, яке одночасно використовує відкритий і підземний способи видобутку руди. Retrieved October 22, 2024 from <https://cgok.metinvestholding.com/ua>
- Північний гірничо-збагачувальний комбінат - одне з найбільших гірничодобувних підприємств Європи із підготовки сировини для металургійної промисловості. Retrieved October 22, 2024 from <https://sevgok.metinvestholding.com/ua>

### **V.Sistuk. Studying the transport accessibility of mining areas in a city with a linear dispersed urban planning structure.**

The study focuses on a significant scientific and practical issue, specifically the analysis of transport accessibility in isolated mining areas within a city characterized by a linear dispersed urban planning structure. The approach to this analysis is based on transport modeling using the PTV Visum software. The transport system of a city with a linearly dispersed structure was modeled using Kryvyi Rih as a case study. From the 237 transport zones in Kryvyi Rih’s transport model, five zones were identified where employment in the open pit mining industry exceeds 7,000 jobs. These zones were selected for further analysis as the city's key mining areas. The accessibility of these mining areas from other parts of the city, accounting for the potential use of private vehicles, was evaluated using the travel time criterion under conditions of a

loaded transport network. It has been demonstrated that the linear layout of the city restricts access to remote mining areas for the working-age population. The author identifies critical bottlenecks in the city's street and road network, which negatively impact the accessibility of these mining areas. A comparison of individual transport correspondence diagrams from various city zones to the mining areas, alongside accessibility isochrones, revealed that the ten highest-volume correspondences originate from zones situated within a 30-minute driving distance to the mining areas. It is noteworthy that these transport correspondences frequently originate from non-adjacent zones. Consequently, the study's findings allow for the consideration of urban planning and spatial development in future measures to optimize the functioning of the city's transport system, with a focus on improving accessibility.

**Keywords:** transport accessibility, linear city, polycentric urban plan, mining area, individual transport, transport modeling, PTV Visum, correspondence.

*СІСТУК Володимир Олександрович*, кандидат технічних наук, доцент, Криворізький національний університет, -mail: [sistuk@knu.edu.ua](mailto:sistuk@knu.edu.ua). <https://orcid.org/0000-0003-4907-4265>

*Volodymyr SISTUK*, Ph.D. in Engineering, Associate Professor, Kryvyi Rih National University, e-mail: [sistuk@knu.edu.ua](mailto:sistuk@knu.edu.ua). <https://orcid.org/0000-0003-4907-4265>

DOI 10.36910/automash.v2i23.1544