

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
КРИВОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ФАКУЛЬТЕТ МЕХАНІЧНОЇ ІНЖЕНЕРІЇ ТА ТРАНСПОРТУ  
КАФЕДРА АВТОМОБІЛЬНОГО ТРАНСПОРТУ

## ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

до випускної роботи бакалавра

на тему: *Аналіз впливу скорочення інтервалів руху автобусів у міській мережі  
пасажирського транспорту Кривого Рогу*

Виконав:

студент 4 курсу, групи ТТ-20 \_\_\_\_\_ Т.О. Остапенко

(шифр групи)

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Керівник: к.т.н., доцент \_\_\_\_\_

(науковий ступінь, вчене звання)

(підпис)

В.О. Сістук

(прізвище та ініціали)

Завідувач кафедри:

д.т.н., професор \_\_\_\_\_

(науковий ступінь, вчене звання)

(підпис)

Ю.А. Монастирський

(прізвище та ініціали)

Кривий Ріг – 2024 р.

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
КРИВОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ФАКУЛЬТЕТ МЕХАНІЧНОЇ ІНЖЕНЕРІЇ ТА ТРАНСПОРТУ  
КАФЕДРА АВТОМОБІЛЬНОГО ТРАНСПОРТУ

Рівень вищої освіти: перший (бакалаврський) рівень вищої освіти

Галузь знань: 27 – «Транспорт»

Спеціальність: 275 – «Транспортні технології (на автомобільному транспорті)»

ЗАТВЕРДЖУЮ  
Завідувач кафедри  
автомобільного транспорту

\_\_\_\_\_/\_\_\_\_\_  
”\_\_\_\_\_” 2024 р

## ЗАВДАННЯ

### НА ВИПУСКНУ РОБОТУ СТУДЕНТА

*Остапенко Тимуру Олександровичу*

1. Тема Аналіз впливу скорочення інтервалів руху автобусів у міській мережі пасажирського транспорту Кривого Рогу.

керівник проекту Сістук В.О., к.т.н., доцент

затверджені наказом університету №263с від 12.04.2024.

2. Строк подання студентом роботи для перевірки на плагіат до 09.06.2024.

3. Вихідні дані до роботи: Керівництво до програми PTV VISUM.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) 1. Огляд літературних джерел з теми дослідження. 2. Розрахунково-дослідницька частина. 3. Порівняльний аналіз результатів моделювання. 4. Безпека на автобусах громадського транспорту.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)

Графіки та діаграми по результатах досліджень у вигляді презентації в програмі Microsoft Office Power Point, на компакт диску з шістьма екземплярами роздруківки презентації для членів ДЕКу.

6. Дата видачі завдання 12.04.2024.

## КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів	Строк виконання етапів	Примітка
1	Огляд літературних джерел з теми дослідження	15.04-19.04	
2	Розрахунково-дослідницька частина	22.04 – 03.05.	
3	Порівняльний аналіз результатів моделювання	06.05 – 10.05	
4	Безпека на автобусах громадського транспорту	12.05 – 14.05	
5	Оформлення пояснювальної записки і презентації	15.05 – 25.05	

Студент

\_\_\_\_\_ (підпис )

Т.О. Остапенко

Керівник роботи

\_\_\_\_\_ (підпис )

В.О. Сістук

## РЕФЕРАТ

За допомогою програмного забезпечення PTV VISUM у роботі було проведено транспортне моделювання пропозиції та попиту для маршрутів комунальних міських автобусів під номерами 1а, 1, 4, 8, 228а, 228, 244, 302 у мережі пасажирського транспорту міста Кривий Ріг для двох сценаріїв.

Перший сценарій відображав існуюче становище з актуальними розкладами руху, а другий — враховував подвоєння кількості відправлень шляхом скорочення інтервалів руху на маршрутах.

Очікується, що після ущільнення інтервалів руху обсяги перевезень пасажирів за добу збільшаться практично на всіх маршрутах автобусів. Найбільше збільшення відбулося на маршруті № 302 — на 61% (з 4794 пас./доба до 12354 пас./доба), а також на маршруті № 4 — на 52% (з 1762 пас./добу до 3675 пас./добу). На маршруті № 8 кількість перевезених пасажирів за добу зменшилась на 7%, тоді як мінімальне збільшення обсягу перевезень за добу відбулося на маршруті № 244 (на 1%). У середньому на автобусних маршрутах передбачається збільшення обсягів перевезень на 26% після скорочення інтервалів руху вдвічі.

## ЗМІСТ

ВСТУП .....	6
РОЗДІЛ 1. ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ З ТЕМИ ДОСЛІДЖЕННЯ.....	7
1.1. Проблема розробки розкладу руху громадського транспорту.....	7
1.2. Моделі з однією автостанцією (депо).....	9
1.3. Моделі з декількома депо.....	13
РОЗДІЛ 2. РОЗРАХУНКОВО-ДОСЛІДНИЦЬКА ЧАСТИНА. ....	20
2.1. Основні проблеми у розкладах руху на громадському транспорті міста Кривий Ріг.....	20
2.2. Алгоритм створення розкладу в PTV VISUM.....	26
2.3. Маршрути дослідження.....	28
2.4. Зміна розкладів руху на автобусних маршрутах .....	30
РОЗДІЛ 3. ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ РЕЗУЛЬТАТІВ МОДЕЛЮВАННЯ.....	32
РОЗДІЛ 4. БЕЗПЕКА НА АВТОБУСАХ ГРОМАДСЬКОГО ТРАНСПОРТУ .....	36
ВИСНОВКИ.....	39
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	41
ДОДАТОК А. РОЗКЛАДИ НА АВТОБУСНИХ МАРШРУТАХ ПАСАЖИРСЬКОГО ТРАНСПОРТУ.....	43

## ВСТУП

**Актуальність теми.** Проблема планування руху транспортних засобів автобусів громадського транспорту стосується завдання призначення автобусів для покриття заданого набору запланованих поїздок з урахуванням об'єктивних факторів, таких як кількість депо та типів транспортних засобів. Оптимальний графік характеризується мінімальним розміром парку та мінімальними експлуатаційними витратами. Попит на громадський транспорт, вочевидь, змінюється при зміні транспортної пропозиції, в якості якої можуть виступати скорочення інтервалів руху рухомого складу при оновленні розкладів, що потребуватиме додаткових транспортних засобів на маршруті. У зв'язку з цим, аналіз впливу скорочення інтервалів руху автобусів у міській мережі пасажирського транспорту Кривого Рогу становиться актуальною задачею.

**Мета дослідження.** Дослідити вплив зменшення вдвічі інтервалів руху на маршрутах автобусів у міській мережі пасажирського транспорту на зміну транспортного попиту на даних маршрутах.

**Об'єкт дослідження** – міська мережа автобусного пасажирського транспорту міста Кривий Ріг.

**Предмет дослідження** – обсяги перевезень пасажирів на комунальних автобусах міської мережі пасажирського транспорту Кривого Рогу.

**Методи дослідження.** Аналіз, синтез, огляд літератури, методи розв'язання транспортних задач, аналіз дублювання маршрутів, транспортне моделювання пропозиції та попиту.

**Практичне значення одержаних результатів.** Визначені показники транспортного попиту на автобусних маршрутах можуть бути використані для прийняття управлінських рішень на комунальному транспорті.

**Структура і обсяг роботи.** Бакалаврська робота складається з вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел з 18 найменувань. Загальний обсяг роботи – 41 с, у тому числі 16 рисунків, 5 таблиць та 1 додаток.

## РОЗДІЛ 1. ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ З ТЕМИ ДОСЛІДЖЕННЯ

### 1.1. Проблема розробки розкладу руху громадського транспорту

Розробка розкладів на громадському транспорті складається з різних повторюваних завдань, які традиційно виконуються згодом. Процес починається на стратегічному рівні зі збору або прогнозування даних попиту пасажирів. На основі матриць попиту має бути визначена інфраструктура мережі громадського транспорту. На цій інфраструктурі планувальники встановлюють маршрути та пункти зупинок. На наступному кроці планування визначаються конкретні поїздки для заданих ліній. Для кожної поїздки в розкладі вказано час відправлення та прибуття, а також початкову та кінцеву станції. Подальший процес планування спрямований на ефективне використання ресурсів. Це гарантує, що транспортні засоби та водії обслуговують усі заплановані рейси. Через те, що оптимальне використання ресурсів є складною проблемою в комбінаторному сенсі, вона була темою багатьох наукових робіт в області дослідження операцій.

Зокрема, протягом останніх 40-50 років розробка та планування розкладів руху транспортних засобів стало широко дослідженою областю.

Маючи набір поїздок за розкладом із фіксованим часом подорожі (відправлення та прибуття), початковим і кінцевим розташуванням, а також часом подорожі між усіма парами кінцевих станцій (зупинок), мета полягає в тому, щоб знайти призначення поїздок транспортним засобам таким чином, щоб

- кожна поїздка покривається рівно один раз,
- кожен транспортний засіб виконує можливу послідовність поїздок і
- загальні витрати зведені до мінімуму.

Загальні витрати можна розділити на постійні витрати на транспортні засоби (наприклад, інвестиції та технічне обслуговування) та експлуатаційні витрати (наприклад, паливо та знос). Експлуатаційні витрати можна тлумачити різними

способами: можна розглядати пройдену відстань, а також продуктивний час або час очікування. У більшості практичних ситуацій структура витрат розкриває пріоритетну мінімізацію постійних витрат на транспортний засіб і залишає мінімізацію експлуатаційних витрат як вторинну мету.

Протягом останніх років у літературі обговорювалося кілька розширень для задачі планування розкладу з різними додатковими вимогами, як-от існування більш ніж одного депо, гетерогенний парк із декількома типами транспортних засобів, дозвіл змінного часу відправлення рейсів та додаткові обмеження на маршрути автобусів.

Задача планування розкладу вже є темою відомих дослідницьких робіт. Більшість із них розглядають проблеми маршрутизації та планування в транспорті чи системах підтримки прийняття рішень загалом (тобто [1], [2], [3]). Існують також спеціалізовані дослідження щодо розкладів руху транспортних засобів, які детально розглядають деякі моделі або підходи до рішень.

Незважаючи на те, що існує багато опитувань на тему планування транспортних засобів, немає жодного, який би поважав сучасні дослідження моделювання та підходів до вирішення.

Оскільки за останні кілька років було проведено багато нових досліджень, Розглянемо наступні визначення параметрів, які будуть використані у модельних підходах в наступних пунктах розділу 1:

$T$ : набір запланованих поїздок із  $|T| = n$

$s_i$ : початкова станція подорожі  $i$

$e_i$ : кінцева станція маршруту  $i$

$d_i$ : час відправлення  $i$

$d_i$ : час відправлення  $i$

$t_{uv}$ : час у дорозі від станції  $u$  до станції  $v$

$i \alpha j$ : відношення сумісності - чи може поїздка  $j$  обслуговуватися після поїздки  $i$  тим самим транспортним засобом (чи  $a_i + t_{e_i, s_j} \leq d_j$ ).



## 1.2. Моделі з однією автостанцією (депо).

Задача планування розкладу (VSP) для окремого депо (SD-VSP) порівняно «легко» вирішити в тому сенсі, що її можна сформулювати як задачу, для якої відомі поліноміальні часові алгоритми. Представляємо різні підходи до моделювання окремого депо. Оскільки в літературі можна знайти багато стандартних, а також спеціалізованих поліноміальних часових алгоритмів для розв'язання моделей SD-VSP, надаємо деякі підказки щодо підходів до вирішення та не обговорюємо їх детально.

Перший підхід для оптимального вирішення SD-VSP було повідомлено в [4]. Серед елементів подорожі автор визначає часткову впорядковану множину  $T$ . Запропоновано впорядковане співвідношення  $\beta$ , яке допускає обслуговування поїздки  $t_2$  після поїздки  $t_1$ , якщо  $t_2$  починається на кінцевій станції  $t_1$ , а час відправлення  $t_2$  є пізнішим або дорівнює часу прибуття  $t_1$ . Оскільки між двома кінцевими станціями не допускається мертва точка,  $\beta$  є слабшим формулюванням функції сумісності  $\alpha$ , представленої в 1.1.

Ідея моделі базується на теоремі Ділворта для частково впорядкованих множин, яка стверджує, що ширина часткового порядку дорівнює мінімальній кількості ланцюгів, необхідних для покриття  $P$ . Перенесено до VSP набір максимальної потужності попарних несумісних поїздок дорівнює мінімальній кількості транспортних засобів для покриття  $T$ . Отримана модель:

$$\begin{aligned} \max \quad & \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n c_{ij} x_{ij} \\ \text{s.t.} \quad & \sum_j x_{ij} \leq 1 && \forall i = 1, 2, \dots, n \\ & \sum_i x_{ij} \leq 1 && \forall j = 1, 2, \dots, n \\ & x_{ij} \geq 0 \\ & c_{ij} = 1 \text{ якщо } i \beta j \text{ інакше } c_{ij} = \infty \end{aligned}$$

[4] розв'язав проблему шляхом переформулювання як задачу мережевого потоку. Алгоритм маркування використовується для вирішення випадків до 319 поїздок. У [5] це формулювання використовується для розв'язування SD-VSP із мертвою точкою (використання співвідношення  $\alpha$  замість  $\beta$ ). Завдання розв'язується двофазним евристичним підходом. Перша фаза стосується лише коротких з'єднань. Друга фаза вирішує всю проблему з фіксованими з'єднаннями, взятими з першої фази. Повідомляється, що випадки, які мали до 650 поїздок, були успішно розкриті.

Недоліком моделі мінімальної декомпозиції є те, що вона враховує лише мінімальний розмір автопарку, але не враховує експлуатаційні витрати. Також не можна встановити верхню межу для розміру парку. Це вирішується за допомогою моделі призначення.

[6] формулює SD-VSP як задачу призначення, яку візуалізуємо як повний дводольний граф (рис.1.1).

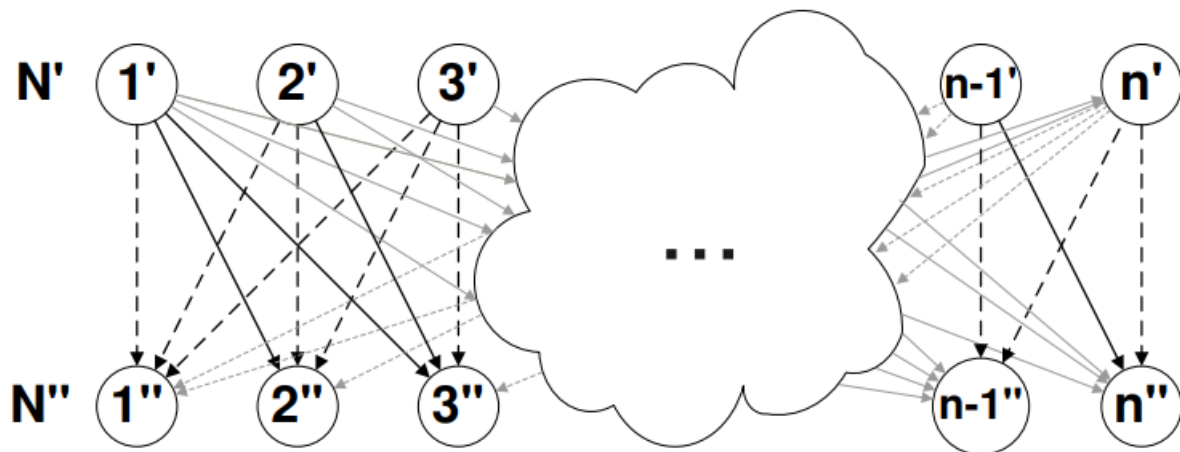


Рис.1.1 Модель призначення.

Кожна поїздка представлена вузлом прибуття  $i'$  та вузлом відправлення  $i''$ .

Хоча в моделі мінімальної декомпозиції враховуються лише постійні витрати, кожна дуга  $a_{ij}$  має витрати, що дорівнюють експлуатаційним витратам  $c_{ij}$ .

В додаток для цього кожна дуга  $a_{ij}$  з  $i$  а  $j$  отримує постійні витрати  $c_v$  транспортного засобу, оскільки для обох поїздок знадобиться додатковий автомобіль.

$$\begin{aligned} \min & \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n c_{ij} x_{ij} \\ \text{s.t.} & \sum_j x_{ij} = 1 \quad \forall i \in N' \\ & \sum_i x_{ij} = 1 \quad \forall j \in N'' \\ & x_{ij} \geq 0 \end{aligned}$$

Результати обчислень не були опубліковані в [6]. Цей підхід також використовувався пізніше в [27] для вирішення підпроблем у випадку кількох депо.

Підхід на основі транспортної задачі був опублікований в [7] і також може бути продемонстрований структурою дводольного графа (рис.1.2). На відміну від моделі призначення, лише дуги  $a_{ij}$  з  $i$  а  $j$  вбудовані у графік (безперервні лінії). На додаток до цього два вузли депо (позначені  $n + 1$ ) з'єднані з кожним рейсом додатковими дугами депо (штриховими лініями). Половина постійних витрат транспортного засобу приписується кожному з них. Дуги депо можна інтерпретувати як порожні поїздки від депо до початкової станції (виїзд) і назад до депо в кінці маршруту (під'їзд).

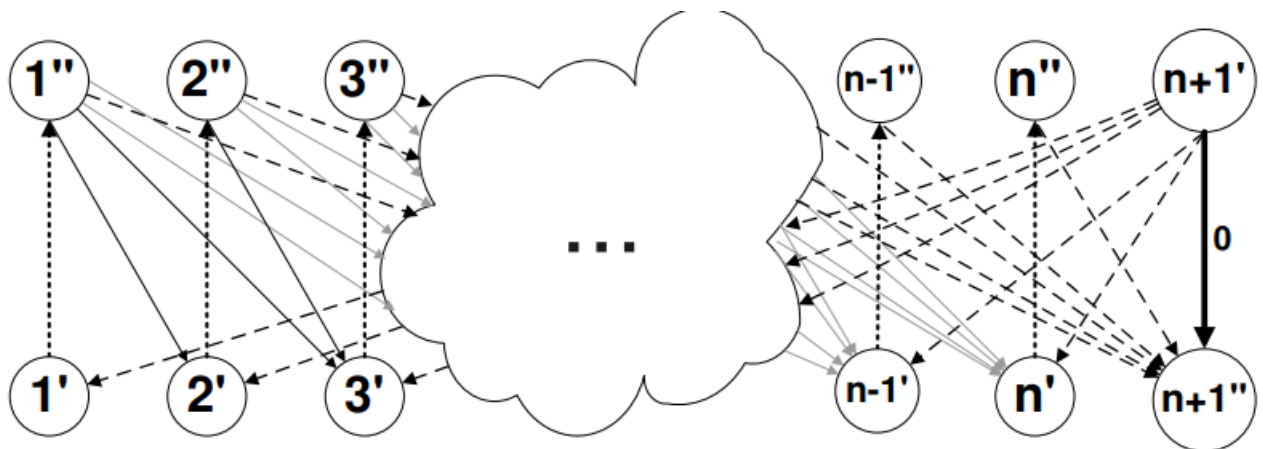


Рис.1.2. Транспортна задача.

Було сформульовано транспортну задачу з попитом/пропозицією одиниці потоку на кожен вузол поїздки та  $m$  одиниць для вузлів транспортних засобів, де  $m$  - кількість доступних транспортних засобів. Для врахування можливості того, що не всі транспортні засоби необхідні для обслуговування поїздок, між вузлами депо було вставлено дугу з нульовою вартістю (жирна лінія).

Для випадку неможливості призначення модель була розширена шляхом введення дуг зі штрафною вартістю між усіма вузлами, як показано на рис.1.2 (пунктирні лінії).

$$\begin{aligned}
 \min \quad & \sum_{i=1}^{n+1} \sum_{j=1}^{n+1} c_{ij} x_{ij} \\
 \text{s.t.} \quad & \sum_{j=1}^{n+1} x_{ij} = 1 && \forall i = 1, 2, \dots, n \\
 & \sum_{i=1}^{n+1} x_{ij} = 1 && \forall j = 1, 2, \dots, n \\
 & \sum_{j=1}^{n+1} x_{n+1,j} = n \\
 & \sum_{i=1}^{n+1} x_{i,n+1} = n \\
 & x_{ij} \geq 0
 \end{aligned}$$

У літературі транспортну задачу часто називають моделлю з квазіпризначенням, оскільки вектори попиту/пропозиції мають лише один запис, який не дорівнює одиниці.

Модель мережевого потоку: кожна поїздка представлена двома вузлами, з'єднаними через дугу поїздки. Ми визначаємо множину маршрутних дуг як  $AT$ , а множину всіх вузлів у мережі як  $N$ . Два додаткових вузли  $n+10$  і  $n+100$  для депо з'єднані дугами витягування та втягування. У цій моделі дуги депо забезпечуються лише експлуатаційними витратами на проїзд від/до депо. Постійні витрати

призначаються одній дузі, що веде назад від другого вузла депо до першого. Приклад такого типу графа показано на рис.1.3. Можливий потік із вузлів  $n + 10$  до  $n + 100$  представляє можливий маршрут для транспортного засобу.

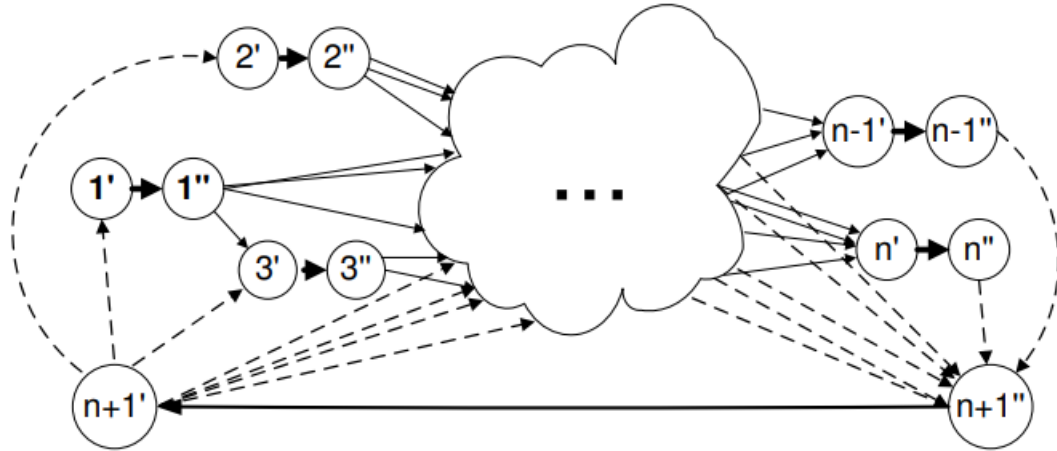


Рис.1.3. Модель мережевого потоку.

Розв'язок отримано шляхом розв'язання задачі потоку мінімальних витрат з урахуванням лише вузлів перевантаження.

$$\begin{aligned}
 \min \quad & \sum_{(i,j) \in A} c_{ij} x_{ij} \\
 \text{s.t.} \quad & \sum_{i:(i,j) \in A} x_{ij} - \sum_{i:(j,i) \in A} x_{ji} = 0 \quad \forall n \in N \\
 & 1 \leq x_{ij} \leq 1 \quad \forall (i,j) \in AT \\
 & x_{ij} \geq 0 \text{ and integer}
 \end{aligned}$$

### 1.3. Моделі з декількома депо

У випадку задачі розкладу руху транспортних засобів із кількома депо (MD-VSP) можливі різні місця, а саме депо, для початку автобусних маршрутів. Як додаткове обмеження, транспортні засоби повинні повертатися на початкову станцію в кінці маршруту. Це розширює проблему до NP-складності, яка була доведена в [8].

Нехай множина депо  $H$  з  $|H| = h$ . Крім того, ми визначасмо  $d_j$  як кількість доступних транспортних засобів депо  $j$  для кожного  $j = 1, \dots, h$ .

Далі ми описуємо різні формулювання для трьох основних підходів моделювання для MD-VSP:

1. Однопродуктові моделі.
2. Багатопродуктові моделі.
3. Моделі поділу набору.

Мета однопродуктової моделі полягає в тому, щоб знайти мінімальну вартість за умов, таких, що

1. кожен вузол покритий рівно одним контуром,
2. кожен контур містить рівно один вузол депо/автомобіля,
3. кількість ланцюгів з вузлом, що належить депо  $j$ , ніколи не перевищує ємність депо  $d_j$ .

Для кожного з цих вузлів дуги приєднуються до всіх вузлів, а також дуги від усіх поїздок – назад до вузла автомобіля. Ці дуги забезпечуються постійними витратами на транспортний засіб плюс експлуатаційними витратами на порожню поїздку. Щоб уникнути використання непотрібних транспортних засобів, для кожного вузла транспортного засобу визначаються додаткові дуги з нульовими витратами. Ці дуги вказують на той самий вузол, щоб можна було вказати невикористані транспортні засоби. Оскільки вузли депо та дуги повинні бути присвоєні для кожного можливого транспортного засобу, мережа має надзвичайно велику кількість елементів.

Модель сформульована як транспортна задача з додатковими обмеженнями усунення субтурів, які забороняють кожен елементарний шлях  $P \in \Pi$  з більш ніж одним депо. Модель була використана в [9] для представлення алгоритму розгалужень і зв'язків, який був першим, який міг точно розв'язати MD-VSP.

Інший підхід до однопродуктової моделі був опублікований в [10], де використовується більш комплексна мережева структура. Транспортні вузли, як

описано вище, агрегуються та об'єднуються в один вузол на депо. На рис.1.4 показано приклад графа.

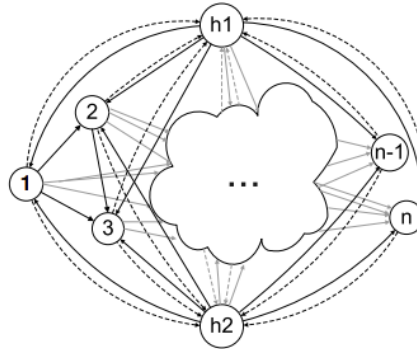


Рис.1.4. Однопродуктова задача зі змінними призначення

Друга група змінних  $y_i, h$  вводиться та використовується для призначення поїздки  $i$  до депо  $h$ . Завдяки цьому кількість обмежень, а також кількість змінних зменшується порівняно з формулюванням у [9].

$$\begin{aligned}
 \min \quad & \sum_{(i,j) \in A} c_{ij} x_{ij} \\
 \text{s.t.} \quad & \sum_{j:(i,j) \in A} x_{ij} = 1 && \forall i \in V \\
 & \sum_{i:(i,j) \in A} x_{ij} = 1 && \forall j \in V \\
 & \sum_{j \in N} x_{h,j} \leq d_h && \forall h \in H \\
 & x_{h,j} - y_{j,h} \leq 0 && \forall h \in H, \forall j \in V \\
 & x_{i,h} - y_{i,h} \leq 0 && \forall h \in H, \forall i \in V \\
 & y_{i,h} + x_{ij} - y_{j,h} \leq 1 && \forall h \in H, \forall (i,j) \in A \\
 & y_{j,h} + x_{ij} - y_{i,h} \leq 1 && \forall h \in H, \forall (i,j) \in A \\
 & \sum_{h \in H} y_{i,h} = 1 && \forall i \in V \\
 & x_{ij} \in \{0, 1\} && \forall (i,j) \in A \\
 & y_{i,h} \in \{0, 1\} && \forall h \in H, \forall i \in V
 \end{aligned}$$

Загалом багатопродуктові задачі є розширенням підходу мережевого потоку для SD-VSP. Для кожного депо будується окрема мережа. Потім формулювання для багатопродуктової задачі базуються на мультиграфі, створеному шляхом поєднання цих мереж.

У першій моделі можливі зв'язки між поїздками за розкладом моделюються шляхом сумісності всіх поїздок. Для кожного можливого з'єднання в базову мережу призначається дуга. Кількість дуг з'єднання зростає квадратично з кількістю поїздок. Ми будемо називати підходи такого типу підходами на основі з'єднання. Різні математичні моделі для цієї мережі мають подібні формулювання.

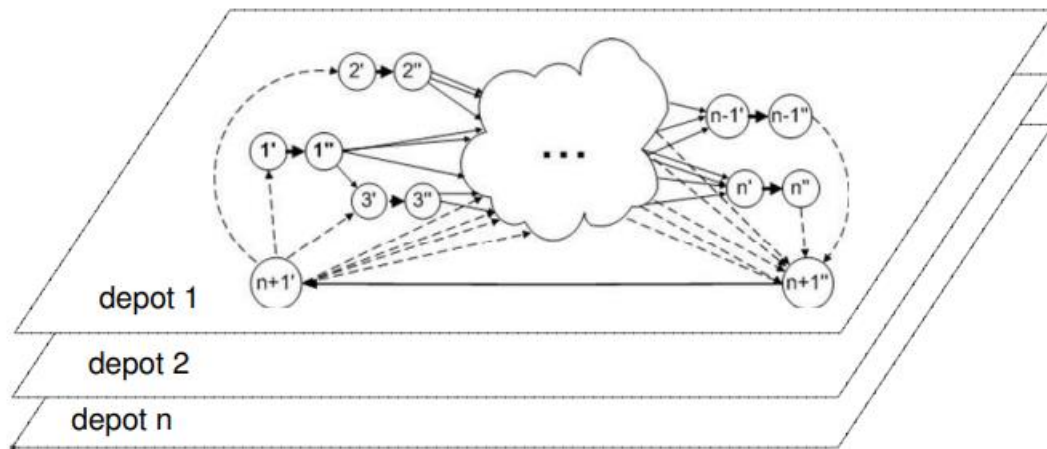


Рис.1.5.Мережа на основі з'єднань.

Як і у випадку SD-VSP, обмеження збереження потоку визначаються для кожного вузла мультиграфа. Оскільки кожна поїздка в моделі пов'язана з більш ніж однією дугою, межі дуг не можна просто встановити на одну, як у формулюванні SD-VSP. Замість цього потрібно додати нові обмеження, які часто називають обмеженнями покриття. Ці обмеження гарантують обслуговування всіх поїздок, дозволяючи вибрати точно одну дугу з дуг поїздок спеціальної поїздки в можливому рішенні. Ємність депо можна розглянути, встановивши верхню межу для дуги циркуляційного потоку депо  $h$  рівною  $dh$ .



$$\begin{aligned}
& \min \sum_{(i,j) \in A} c_{ij} x_{ij} \\
& \text{s.t.} \quad \sum_{i:(i,j) \in A} x_{ij} - \sum_{i:(j,i) \in A} x_{ji} = 0 && \forall j \in N \\
& \quad \sum_{(i,j) \in AT^t} x_{ij} = 1 && \forall t \in T \\
& \quad \sum_{(i,j) \in A^h} x_{ij} \leq d_h && \forall h \in H \\
& \quad x_{ij} \in \{0, 1\} && \forall (i, j) \in A \setminus \bigcup_{h \in H} A^h \\
& \quad x_{ij} \geq 0 \text{ and integer} && \forall (i, j) \in \bigcup_{h \in H} A^h
\end{aligned}$$

Ідея часово-просторових мереж полягає в тому, щоб використати властивість транзитивності частково впорядкованих множин, яка говорить, що для подорожей  $i, j, k$  застосовується наступний висновок:

$$(i \alpha j) \wedge (j \alpha k) \rightarrow i \alpha k$$

Будується часово-просторова мережа (TSN), в якій об'єднуються можливі зв'язки між групами сумісних подорожей. Таким чином, кількість дуг сумісності в мережі різко зменшується (стабільно на 97-99%) порівняно з підходами на основі з'єднання без втрати будь-якого можливого розкладу транспортного засобу.

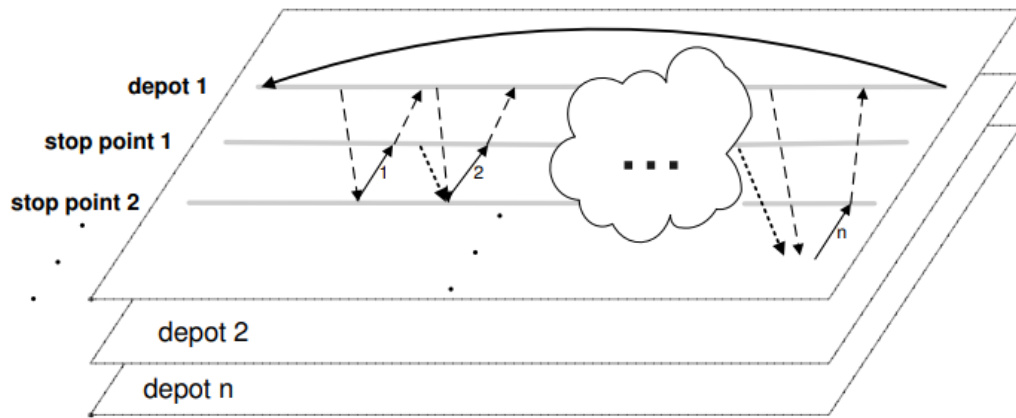


Рис.1.6. Часово-просторова мережа.

Основна ідея моделей поділу набору полягає в тому, щоб перерахувати всі можливі маршрути для транспортних засобів і вибрати підмножину цих маршрутів, яка відповідає всім обмеженням.

Визначаємо  $\Omega$  як множину всіх можливих шляхів у мультиграфі. Обмеження гарантують обслуговування всіх рейсів і дотримання місткості депо:

$$\begin{aligned} \min \quad & \sum_{d \in D} \sum_{p \in \Omega_d} c_p x_p \\ \text{s.t.} \quad & \sum_{d \in D} \sum_{p \in \Omega_d} a_{jp} x_p = 1 && \forall j \in T \\ & \sum_{p \in \Omega_d} x_p \leq k_d && \forall d \in D \\ & x_p \in \{0, 1\} && \forall p \in \Omega \end{aligned}$$

#### 1.4. Моделювання часових вікон у розкладі

Подальшим розширенням проблеми у застосуванні планування розкладу транспортних засобів є розгляд змінного часу відправлення та прибуття поїздки, який називається часовими вікнами. Зазвичай розклад автобусів громадського транспорту складається з двох різних типів поїздки. Перша група – це регулярні рейси, які розкладені за частотою руху на маршруті. Крім того, є нерегулярні поїздки (наприклад, шкільні автобуси або додаткові автобуси в години пік). Зазвичай часові вікна встановлюються особливо для нерегулярних поїздок, оскільки зміна не призведе до порушення частоти руху. Тим не менш, невеликі зміни можуть бути застосовані до регулярних поїздок.

Визначимо часове вікно для поїздки  $i$  через найраніший і найпізніший можливі часи відправлення  $l_i$  і  $u_i$  для всіх поїздок  $i \in T$ .

Проблема планування розкладу транспортного засобу з часовими вікнами (VSP-TW) є повною проблемою NP, оскільки вже найпростішим випадком з одним транспортним засобом і одним депо є задача комівояжера з часовими вікнами.

Було опубліковано декілька підходів до вирішення та практичного досвіду роботи з VSP-TW (наприклад, [11]). Загалом пропонуються два різні модельні підходи для роботи з часовими вікнами для поїздок за розкладом.

Перший підхід полягає у розгляді лише дискретних інтервалів зміщення поїздок шляхом додавання додаткової дуги поїздки в модель для кожного значення між  $l_i$  та  $u_i$  за поїздки  $i$ . Повинні бути обмеження покриття, які забезпечують обслуговування всіх поїздок, розширений цими новими змінними.

Цей підхід був опублікований в [12] для маршрутизації флоту літаків і пізніше прийнятий для моделі багатопродуктового потоку на основі з'єднання і для мережевого підходу, заснованого на просторі-часі.

Альтернативний підхід для VSP-TW розглядає безперервні появи часових вікон. Його можна застосувати до налаштованої моделі поділу, де перераховано всі можливі маршрути. Часові вікна можна розглядати в рамках процесу генерації стовпців шляхом вирішення проблеми найкоротшого шляху з часовими вікнами (див. [13], [14], [15]).

Обидва підходи моделі для часових вікон задовольняють практичні вимоги, оскільки розклади зазвичай також плануються в окремих часових інтервалах.

## РОЗДІЛ 2. РОЗРАХУНКОВО-ДОСЛІДНИЦЬКА ЧАСТИНА.

### 2.1. Основні проблеми у розкладах руху на громадському транспорті міста Кривий Ріг

Автобусні та тролейбусні перевезення на комунальному транспорті у місті Кривий Ріг здійснюються КП «Міський тролейбус». Актуальні маршрути міського громадського транспорту показані у табл.2.1 [16].

Табл.2.1

#### Маршрути міського громадського транспорту Кривого Рогу

Вид транспорту	Номер маршруту
Автобус	1а, 1, 4, 8, 228а, 228, 244, 302
Тролейбус	1, 2, 3, 4, 5, 7, 8, 9, 10, 11, 13, 14, 15,16, 18, 20, 21, 22, 23, 24
Трамвай	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 14, 22, 25, 27
Швидкісний трамвай	1м, 2м, 3м, 4м
Автобуси приватних перевізників	2, 3, 5, 10, 14, 21, 27, 28, 32, 35, 50, 57, 71, 75, 79, 80, 83, 201, 203, 205, 208, 209, 210, 217, 218, 223, 230, 231, 240, 246, 247, 250, 255, 261, 264, 265, 269, 274, 286, 295, 303, 307, 312, 341, 397

Розклади руху на громадському транспорті у місті Кривий Ріг мають ряд особливостей, пов'язаних із роботою громадського транспорту.

Тролейбусні маршрути мають багато спільних ділянок дублювання із ущільненими інтервалами проходження зупиночних пунктів на цих ділянках, що означає, що прибуття/відправлення з однієї і тої самої зупинки різних транспортних засобів з різних маршрутів відбувається практично одночасно.

Аналіз діючих розкладів показав, що на дублюючих ділянках маршрутів актуальним залишається врегулювання таких питань:

1. неврахування оптимального часу прибуття на зупиночний пункт та відправлення із зупиночного пункту транспортних засобів дублюючої ділянки;

2. як наслідок п.1 співпадіння або малий інтервал між часом прибуття на зупиночний пункт або/та відправлення із зупиночного пункту рухомого складу різних маршрутів тролейбусів та, відповідно, практично одночасне проходження ними дублюючої ділянки;

3. порушення інтервалу проходження між контрольними зупиночними пунктами для різних графіків на одному маршруті.

Для виявлення вузьких місць в оптимізованих КП «Міський тролейбус розкладах руху тролейбусів врахована матриця взаємного дублювання їх маршрутів. Це дозволило виділити групи маршрутів тролейбусів, розклади яких потребують аналізу шляхом парного порівняння, відповідно до таких спільних ділянок на даних маршрутах:

1. Пл. Горького – перехрестя Дніпровського шосе та вулиці Вечірньокутської та у зворотному напрямку;

2. Пл. Горького – перехрестя проспекту 200-річчя Кривого Рогу-вулиці Миколи Світалського та у зворотному напрямку;

3. Пл. Визволення-пл. Горького та у зворотному напрямку.

Для першої ділянки дублювання визначена перша група маршрутів: 1, 2, 20, 21.

Для другої ділянки дублювання визначена друга група маршрутів: 3, 8, 11, 23.

Для третьої ділянки дублювання визначена третя група маршрутів: 1, 5, 20, 23.

Відповідно до розкладів руху, для першої групи маршрутів виявлені мінімальні інтервали (від 0 до 3 хвилин) між часом відправлень з пл. Горького у напрямку ст. Кривий Ріг-Головний у кількості 31 випадок за добу.

Для першої групи маршрутів виявлені мінімальні інтервали (від 0 до 3 хвилин) між часом прибуття на пл. Горького зі сторони ст. Кривий Ріг-Головний у кількості 41 випадок за добу.

Для другої групи маршрутів виявлені такі мінімальні інтервали (від 0 до 3 хвилин) між часом відправлень з пл. Горького у напрямку перехрестя проспекту 200-річчя Кривого Рогу-вулиці Миколи Світалського у кількості 27 випадок за добу.

Для другої групи маршрутів виявлені такі мінімальні інтервали (від 0 до 3 хвилин) між часом прибуття на пл. Горького зі сторони перехрестя проспекту 200-річчя Кривого Рогу та вулиці Миколи Світалського у кількості 31 випадок за добу.

Для третьої групи маршрутів виявлені такі мінімальні інтервали (від 0 до 3 хвилин) між часом прибуття на пл. Горького зі сторони пл. Визволення у кількості 68 випадків за добу.

Для третьої групи маршрутів виявлені такі мінімальні інтервали (від 0 до 3 хвилин) між часом відправлення з пл. Горького у бік пл. Визволення у кількості 67 випадків за добу.

Таким чином, напрямки «пл. Визволення – пл. Горького» та «пл. Горького – пл. Визволення» переважають за кількістю мінімальних інтервалів або відсутністю інтервалів між часом відправлення/прибуття на зупиночні пункти для маршрутів із дублюючими ділянками в усій мережі.

Також спостерігаються порушення інтервалу проходження між контрольними зупиночними пунктами для різних графіків на одному маршруті.

Так, на маршруті 1 час проїзду від зупинки «пл. Горького» до зупинки «ст. Кривий Ріг Головний» становить:

Для другого рейсу графіку 4 – 26 хвилин, для другого рейсу графіку 5, шостого рейсу графіка 4, одинадцятого рейсу графіку 3 – 23 хвилини, для третього, п'ятого та шостого рейсів графіка 2, для третього та восьмого рейсу графіку 1 – 24 хвилини, для інших рейсів – 25 хвилин.

У той же час, на маршруті 2 час проїзду між зупинками «пл. Горького» та «ст. Кривий Ріг Головний» становить: для другого, п'ятого та десятого рейсів – 24 хвилини, для восьмого рейсу – 23 хвилини, дев'ятого рейсу – 27 хвилин, одинадцятого рейсу – 26 хвилин, для інших рейсів – 25 хвилин.

На маршруті 20 час проїзду від зупинки «пл. Горького» до зупинки «ст. Кривий Ріг Головний» становить: для першого рейсу графіку 7, шостого рейсу графіку 10, восьмого рейсу графіку 6 – 31 хвилину, першого та другого рейсів графіку 10, четвертого рейсу графіку 6, третього рейсу графіку 7, четвертого та п'ятого рейсу графіку 8, п'ятого рейсу графіку 2, п'ятого рейсу графіку 5, шостого рейсу графіку 2 – 33 хвилини, для другого рейсу графіку 3 – 34 хвилини, п'ятого рейсу графіку 2 – 35 хвилин, для інших рейсів – 32 хвилини.

На маршруті 21 час проїзду від зупинки «пл. Горького» до зупинки «ст. Кривий Ріг Головний» становить: для третього та дев'ятого рейсу графіку 3 – 30 хвилин, для другого та восьмого рейсу графіку 3, третього, четвертого та сьомого графіку 5 – 31 хвилини, для другого рейсу графіку 1 – 33 хвилини, для другого рейсу графіку 4 – 34 хвилини, для п'ятого рейсу графіку 5 – 35 хвилин, для інших рейсів – 32 хвилини.

У зворотному напрямку час проїзду від зупинки «ст. Кривий Ріг Головний» до зупинки «пл. Горького» на маршруті 1 становить: для сьомого рейсу графіку 1 – 23 хвилини, для третього рейсу графіку 2, шостого та дев'ятого рейсів графіку 4 – 24 хвилини, для дев'ятого, десятого, одинадцятого рейсів графіку 1, для другого рейсу графіку 2, для першого та восьмого рейсів графіку 3, для третього рейсу графіку 4, восьмого рейсу графіку 5 – 25 хвилин, п'ятого рейсу графіку 3 – 27 хвилин, для інших рейсів – 26 хвилин.

Час проїзду від зупинки «ст. Кривий Ріг Головний» до зупинки «пл. Горького» на маршруті 2 становить: для рейсу 12 – 24 хвилини, для рейсів 8-10 – 25 хвилин, для рейсу 6 – 28 хвилин, для інших рейсів – 26 хвилин.

Час проїзду від зупинки «ст. Кривий Ріг Головний» до зупинки «пл. Горького» на маршруті 20 становить: для третього та восьмого рейсів графіку 6, другого рейсу графіку 7, третього рейсу графіку 8, третього та шостого рейсу графіку 1, п'ятого рейсу графіку 2, сьомого рейсу графіку 10 – 41 хвилину, для другого та четвертого рейсу графіку 5, четвертого та шостого рейсів графіку 10, сьомого рейсу графіку 8, другого рейсу графіку 9 – 43 хвилини, третього рейсу графіку 2 – 44 хвилини, п'ятого рейсу графіку 8, п'ятого рейсу графіку 10 – 45 хвилин, для інших рейсів – 42 хвилини.

Час проїзду від зупинки «ст. Кривий Ріг Головний» до зупинки «пл. Горького» на маршруті 21 становить: для восьмого рейсу графіку 3 – 40 хвилин, другого рейсу графіку 2, для другого та третього рейсів графіку 2, п'ятого, сьомого та восьмого рейсів графіку 5, п'ятого рейсу графіку 1 – 41 хвилину, другого та шостого рейсів графіку 5 – 43 хвилини, п'ятого рейсу графіку 3 – 44 хвилини, четвертого рейсу графіку 1 – 45 хвилин, для інших рейсів – 42 хвилини.

Час проїзду від зупинки «пл. Горького» до зупинки «магазин Ясінь» на маршруті 3 становить: для першого рейсу графіку 8, другого рейсу графіку 10 – 52 хвилини, третього рейсу графіку 7 – 56 хвилин, для інших рейсів – 53 хвилини.

Час проїзду від зупинки «пл. Горького» до зупинки «магазин Ясінь» на маршруті 8 становить: для першого та четвертого рейсів графіку 1, п'ятого рейсу графіку 5 – 28 хвилин, сьомого рейсу графіку 1 – 27 хвилин, першого рейсу графіку 2, другого рейсу графіків 3 та 5 – 30 хвилин, другого рейсу графіку 1 – 31 хвилина, сьомого рейсу графіку 3 – 32 хвилини, для інших рейсів – 29 хвилин.

Час проїзду від зупинки «пл. Горького» до зупинки «магазин Ясінь» на маршруті 23 становить: для першого рейсу графіку 2, п'ятого рейсу графіку 1 – 28 хвилин, третього рейсу графіків 8 та 9 – 32 хвилини, для інших рейсів – 29 хвилин.



Час проїзду від зупинки «магазин Ясінь» до зупинки «пл. Горького» на маршруті 3 становить: для другого рейсу графіків 7 та 8, четвертого рейсу графіку 1, другого рейсу графіку 2, четвертого рейсу графіку 3 – 30 хвилин, для четвертого рейсу графіків 8 та 11, п'ятого рейсу графіку 1, для п'ятого рейсу графіку 3 та графіку 8 – 29 хвилин, для інших рейсів – 31 хвилина.

Час проїзду від зупинки «магазин Ясінь» до зупинки «пл. Горького» на маршруті 8 становить: для другого рейсу графіків 2 та 3, третього та п'ятого рейсу графіку 1, п'ятого та шостого рейсів графіку 5 – 30 хвилин, третього рейсу графіку 3, четвертого рейсу графіку 2 – 31 хвилина, сьомого рейсу графіків 1 та 3 – 28 хвилин, для інших рейсів – 29 хвилин.

Час проїзду від зупинки «пл. Визволення» до зупинки «пл. Горького» на маршруті 1 становить: для третього та сьомого рейсів графіку 2 – 18 хвилин, третього та дев'ятого рейсів графіку 3, для десятого рейсу графіку 4, десятого рейсу графіку 1 – 16 хвилин, для десятого рейсу графіку 3 – 14 хвилин, десятого рейсу графіку 5, одинадцятого рейсу графіку 1 – 15 хвилин, для інших рейсів – 17 хвилин.

Час проїзду від зупинки «пл. Визволення» до зупинки «пл. Горького» на маршруті 5 становить: для третього та шостого рейсів графіку 4, четвертого та сьомого рейсів графіку 1 – 16 хвилин, для інших рейсів – 17 хвилин.

Час проїзду від зупинки «пл. Визволення» до зупинки «пл. Горького» на маршруті 20 становить: для першого та восьмого рейсів графіку 8, другого рейсу графіку 3, першого, другого, четвертого та п'ятого рейсів графіку 4, другого рейсу графіку 5, третього рейсу графіку 2, третього рейсу графіку 7, шостого рейсу графіку 6, для восьмого рейсу графіку 10 – 16 хвилин, для другого рейсу графіку 2, четвертого рейсу графіку 4, шостого рейсу графіку 10 – 18 хвилин, восьмого рейсу графіку 6 – 15 хвилин, для інших рейсів – 17 хвилин.

Час проїзду від зупинки «пл. Горького» до зупинки «пл. Визволення» на маршруті 1 становить: для п'ятого рейсу графіку 2 та графіку 3, для шостого рейсу

графіку 5 – 16 хвилин, для шостого рейсу графіку 3 – 14 хвилин, для десятого рейсу графіку 1 – 14 хвилин, для інших рейсів – 15 хвилин.

Час проїзду від зупинки «пл. Горького» до зупинки «пл. Визволення» на маршруті 5 становить: для першого рейсу графіку 6 – 16 хвилин, другого рейсу графіку 1, третього рейсу графіку 5 – 14 хвилин.

Час проїзду від зупинки «пл. Горького» до зупинки «пл. Визволення» на маршруті 20 становить: для другого та п'ятого рейсу графіку 4, п'ятого рейсу графіку 8, п'ятого рейсу графіку 5 – 16 хвилин, для інших рейсів – 15 хвилин.

Інтервали руху за розкладом на автобусних маршрутах комунального транспорту значно більше, ніж для тролейбусів, відповідно, перекриття руху не виникає.

## 2.2. Алгоритм створення розкладу в PTV VISUM

Програмне забезпечення PTV VISUM дозволяє [17]:

1. Створювати мережу з даними про попит і пропозицію громадського транспорту.
2. Моделювати пропозицію громадського транспорту з використанням розкладу через інтерфейси HAFAS, DIVA та інші системи.
3. Аналізувати реальну поведінку пасажирів та розподіляти доходи.
4. Перевіряти та доповнювати інформацію про маршрути, порівнюючи її з розкладом руху.
5. Графічно зображувати окремі маршрути та ділянки маршрутів.
6. Графічно відображати обсяги перевезень по варіантах маршрутів.
7. Гнучко оновлювати дані опитувань за допомогою даних підрахунку.

Перед запуском перерозподілу на основі розкладу в PTV VISUM, для маршруту громадського транспорту потрібно ввести нові дані розкладу. Процедура полягає в наступному: активуйте об'єкт «*Маршрути*», виберіть потрібний варіант

маршруту, натиснувши «Ctrl». Після цього відкрийте розклад у табличному форматі. Він відобразить інший вигляд, спочатку показуючи лише послідовність зупинок варіантів маршрутів. Наступним кроком буде додавання нових поїздок.

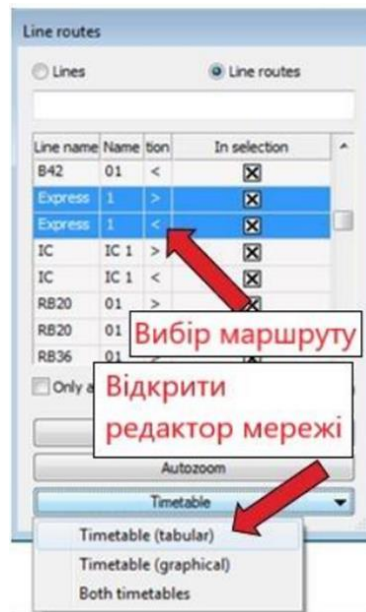




Рис.2.1. Інтерфейс вибору маршруту громадського транспорту

Для цього зверху є кнопка «Вставити поїздки по розкладу» . Натиснувши цю кнопку, вона відкриє діалогове вікно, де можна додати поїздки. Там на першій вкладці немає можливості запису, тому потрібно перейти на вкладку «Інтервальні поїздки». Поставити прапорець «Створити інтервальні поїздки» та вставити «Початок інтервалу» -, наприклад, «06:00:00», а «Кінець інтервалу» - наприклад, «22:00:00». Інтервал, наприклад, становить 15 хвилин, тому необхідно встановити 15 хвилин, де написано «Посл. інтерв». Клацнути у порожньому полі нижче, щоб відобразити час відправлень. Якщо відправлення задовільняють користувача, можна підтвердити, натиснувши «ОК». Поїздки транспортних засобів переносяться в розклад у колонках. Кожна колонка представляє одну поїздку. Наступним кроком є створення поїздок в протилежному напрямку.

Ще раз натиснути на кнопку  на верхній панелі розкладу. Знову відкривається діалогове вікно для вставки маршрутів транспортного засобу. На

першій вкладці тепер потрібно змінити напрямок. Потім перейти на вкладку «Інтервальні поїздки» та вставте ті ж часові інтервали та інтервал, що й раніше. Підтвердьте з «ОК». Потім перейдіть до перегляду послідовності процедур і виконайте процедури.

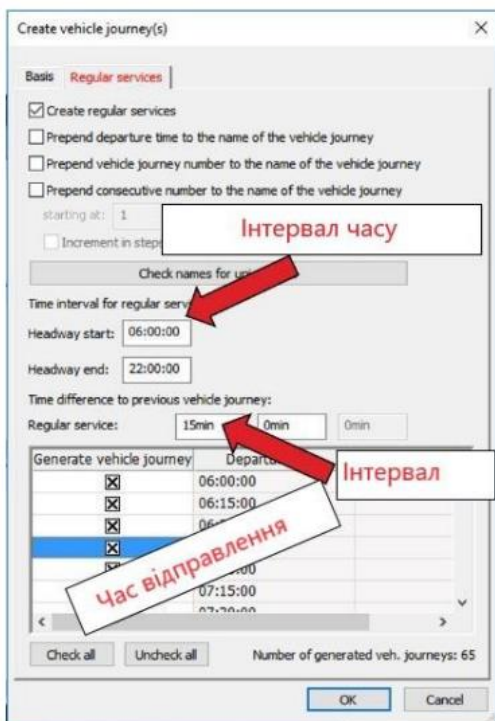


Рис.2.2. Налаштування інтервалів у розкладі

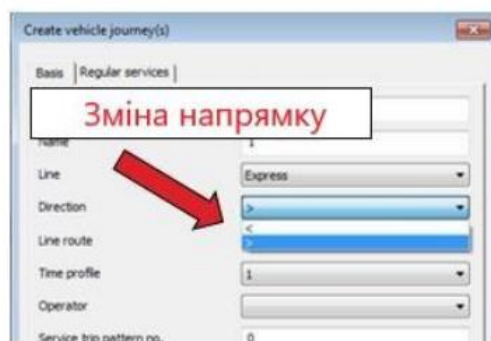


Рис.2.3. Зміна напрямків руху

### 2.3. Маршрути дослідження

Маршрутами дослідження виступили автобусні маршрути 1а, 1, 4, 8, 228а, 228, 244, 302, показані на рис.2.4. Актуальні розклади руху у будні для даних маршрутів наведені у Додатку А.

Назви автобусних маршрутів наведені у таблиці 2.2.

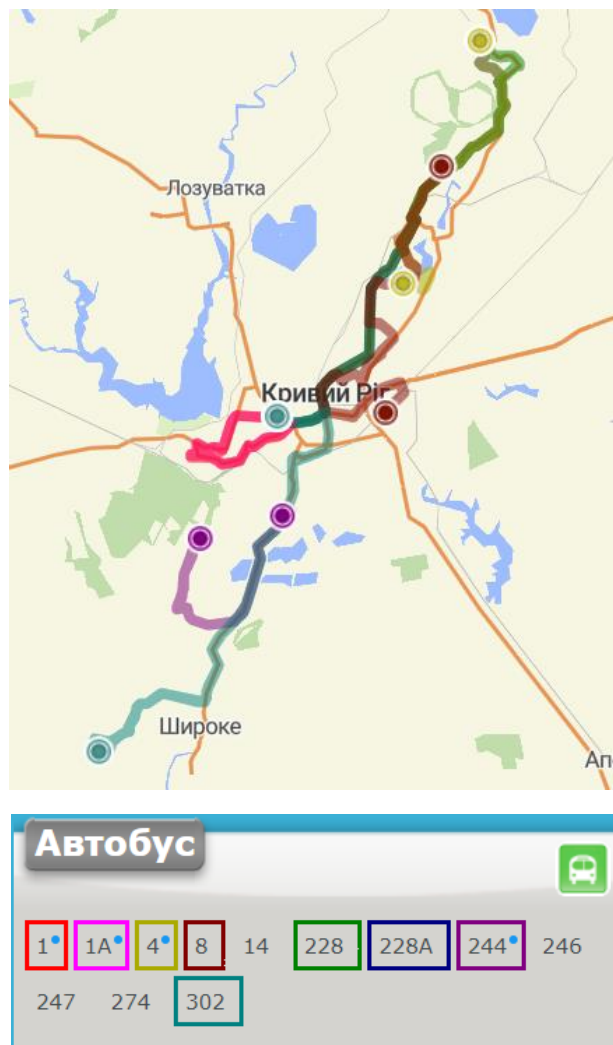


Рис.2.4. Маршрути автобусів комунального транспорту (з ресурсу [16])

Табл.2.2.

### Назви маршрутів автобусів пасажирського транспорту

Номер маршруту	Назва
1	пл. Визволення – пл. Визволення (кільцевий, через вул. Прорізна, Карачуни, мкр-н Всебратьське-2, вул. Старовокзальну, Центральний ринок)
1a	пл. Визволення – пл. Визволення (кільцевий, через вул. Лермонтова, вул. Старовокзальну, мкр-н Всебратьське-2, вул. Алмазну, вул. Прорізну)
4	вул. Десантна - зуп. «Рудозбагачувальна фабрика №1»
8	ст. Кривий Ріг - Головний - пл. Толстого
228	пл. Визволення – зуп. «Рудозбагачувальна фабрика №1» (ч/з мкр-н Даманський)
228a	пл. Визволення – зуп. «Рудозбагачувальна фабрика №1» (ч/з вул. Ю. Смирнова)
244	пр-т Південний – вул. Альохіна
302	Пл.Визволення -АС-Інгулець

## 2.4. Зміна розкладів руху на автобусних маршрутах

Для всіх автобусних маршрутів був оновлений розклад руху у програмі PTV VISUM відповідно до актуальних графіків (Додаток А) та методики, представленої у п.2.2.

Приклад розкладу на одному з варіантів автобусного маршруту 1 показаний на рис. 2.5.

No	7897	33810	7898	33811	7899	33812	7900	33813	7901	33814	7902	33815	7903	33816
Name	>	>	>	>	>	>	>	>	>	>	>	>	>	>
LineName	A_№1_пл. Ви	A_№1_пл. Ви	A_№1_пл. Ви	A_№1_пл. Ви	A_№1_пл. Ви	A_№1_пл. Ви	A_№1_пл. Ви	A_№1_пл. Ви	A_№1_пл. Ви	A_№1_пл. Ви	A_№1_пл. Ви	A_№1_пл. Ви	A_№1_пл. Ви	A_№1_пл. Ви
DirectionCode	>	>	>	>	>	>	>	>	>	>	>	>	>	>
Concatenate:VehJourneySections	Ежедн.	Ежедн.	Ежедн.	Ежедн.	Ежедн.	Ежедн.	Ежедн.	Ежедн.	Ежедн.	Ежедн.	Ежедн.	Ежедн.	Ежедн.	Ежедн.
From:TPProfileIdentifier	1: 33	1: 33	1: 33	1: 33	1: 33	1: 33	1: 33	1: 33	1: 33	1: 33	1: 33	1: 33	1: 33	1: 33
Dep	05:50:00	06:25:00	07:00:00	07:35:00	08:10:00	08:45:00	09:25:00	10:00:00	11:20:00	11:55:00	12:30:00	13:05:00	13:50:00	14:20:00
Arr	06:34:38	07:09:38	07:44:38	08:19:38	08:54:38	09:29:38	10:09:38	10:44:38	12:04:38	12:39:38	13:14:38	13:49:38	14:34:38	15:04:38
To:TPProfileIdentifier	25: 45668	25: 45668	25: 45668	25: 45668	25: 45668	25: 45668	25: 45668	25: 45668	25: 45668	25: 45668	25: 45668	25: 45668	25: 45668	25: 45668
OperatorIdentifier	2 КП Миський	2 КП Миський	2 КП Миський	2 КП Миський	2 КП Миський	2 КП Миський	2 КП Миський	2 КП Миський	2 КП Миський	2 КП Миський	2 КП Миський	2 КП Миський	2 КП Миський	2 КП Миський
Count:VehJourneySections	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
IsCoupled	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Рис.2.5. Фрагмент розкладу на автобусному маршруті 1 у програмі PTV VISUM

Для актуальних розкладів визначені середні інтервали руху (табл.2.3). Удвічі скорочені інтервали руху автобусів представлені у табл.2.4.

Табл.2.3

**Середні інтервали руху автобусів для існуючого стану визначені за розкладами**

Номер маршруту	Середній інтервал, хв.	
	Прямий напрямок	Зворотний напрямок
1	43	
1a	39	
4	46	44
8	33	34
228	57	50
228a	56	53
244	78	
302	41	40

## Скорочені середні інтервали руху автобусів

Номер маршруту	Середній інтервал, хв.	
	Прямий напрямок	Зворотний напрямок
1	21	
1a	17	
4	23	22
8	16	17
228	23	25
228a	28	26
244	39	
302	20	20

Timetable (tabular)

No	34193	34194	34195	34196	34197	34198	34199	34200	34201	34202	34203	34204	34205	34206	34207	34208	34209	34210	
Name	42 vehicle journeys																		
LineName	A_№228_г	A_№228_г	A_№228_г	A_№228_г	A_№228_г	A_№228_г	A_№228_г	A_№228_г	A_№228_г	A_№228_г	A_№228_г	A_№228_г	A_№228_г	A_№228_г	A_№228_г	A_№228_г	A_№228_г	A_№228_г	
DirectionCode	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	<	
Concatenate:VehJourney	Ежедн.	Ежедн.	Ежедн.	Ежедн.	Ежедн.	Ежедн.	Ежедн.	Ежедн.	Ежедн.	Ежедн.	Ежедн.	Ежедн.	Ежедн.	Ежедн.	Ежедн.	Ежедн.	Ежедн.	Ежедн.	
FromTProfileIdentifier	1:45673	1:45673	1:45673	1:45673	1:45673	1:45673	1:45673	1:45673	1:45673	1:45673	1:45673	1:45673	1:45673	1:45673	1:45673	1:45673	1:45673	1:45673	
Dep	04:50:00	05:15:00	05:40:00	06:05:00	06:30:00	06:55:00	07:20:00	07:45:00	08:10:00	08:35:00	09:00:00	09:25:00	09:50:00	10:15:00	10:40:00	11:05:00	11:30:00	11:55:00	
Arr	06:28:36	06:53:36	07:18:36	07:43:36	08:08:36	08:33:36	08:58:36	09:23:36	09:48:36	10:13:36	10:38:36	11:03:36	11:28:36	11:53:36	12:18:36	12:43:36	13:08:36	13:33:36	
ToTProfileIdentifier	41:45668	41:45668	41:45668	41:45668	41:45668	41:45668	41:45668	41:45668	41:45668	41:45668	41:45668	41:45668	41:45668	41:45668	41:45668	41:45668	41:45668	41:45668	
OperatorIdentifier	2 КП Міськ	2 КП Міськ	2 КП Міськ	2 КП Міськ	2 КП Міськ	2 КП Міськ	2 КП Міськ	2 КП Міськ	2 КП Міськ	2 КП Міськ	2 КП Міськ	2 КП Міськ	2 КП Міськ	2 КП Міськ	2 КП Міськ	2 КП Міськ	2 КП Міськ	2 КП Міськ	
CountVehJourneySection	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
IsCoupled	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	

Рис.2.6. Фрагмент розкладу руху на маршруті 228 із скороченням інтервалів

Timetable (tabular)

No	34504	34505	34506	34507	34508	34509	34510	34511	34512	34513	34514	34515	34516	34517	34518	34519	34520	
Name	100 vehicle journeys																	
LineName	A_№302_г	A_№302_г	A_№302_г	A_№302_г	A_№302_г	A_№302_г	A_№302_г	A_№302_г	A_№302_г	A_№302_г	A_№302_г	A_№302_г	A_№302_г	A_№302_г	A_№302_г	A_№302_г	A_№302_г	
DirectionCode	>	>	>	>	>	>	>	>	>	>	>	>	>	>	>	>	>	
Concatenate:VehJourney	Ежедн.	Ежедн.	Ежедн.	Ежедн.	Ежедн.	Ежедн.	Ежедн.	Ежедн.	Ежедн.	Ежедн.	Ежедн.	Ежедн.	Ежедн.	Ежедн.	Ежедн.	Ежедн.	Ежедн.	
FromTProfileIdentifier	1:45667	1:45667	1:45667	1:45667	1:45667	1:45667	1:45667	1:45667	1:45667	1:45667	1:45667	1:45667	1:45667	1:45667	1:45667	1:45667	1:45667	
Dep	05:02:00	05:22:00	05:42:00	06:02:00	06:22:00	06:42:00	07:02:00	07:22:00	07:42:00	08:02:00	08:22:00	08:42:00	09:02:00	09:22:00	09:42:00	10:02:00	10:22:00	
Arr	06:16:42	06:36:42	06:56:42	07:16:42	07:36:42	07:56:42	08:16:42	08:36:42	08:56:42	09:16:42	09:36:42	09:56:42	10:16:42	10:36:42	10:56:42	11:16:42	11:36:42	
ToTProfileIdentifier	19:45678	19:45678	19:45678	19:45678	19:45678	19:45678	19:45678	19:45678	19:45678	19:45678	19:45678	19:45678	19:45678	19:45678	19:45678	19:45678	19:45678	
OperatorIdentifier	2 КП Міськ	2 КП Міськ	2 КП Міськ	2 КП Міськ	2 КП Міськ	2 КП Міськ	2 КП Міськ	2 КП Міськ	2 КП Міськ	2 КП Міськ	2 КП Міськ	2 КП Міськ	2 КП Міськ	2 КП Міськ	2 КП Міськ	2 КП Міськ	2 КП Міськ	
CountVehJourneySection	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
IsCoupled	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	

Рис.2.7. Фрагмент розкладу руху на маршруті 302 із скороченням інтервалів

Timetable (tabular)

No	34046	34047	34048	34049	34050	34051	34052	34053	34054	34055	34056	34057	34058	34059	34060	34061	34062	
Name	45 vehicle journeys																	
LineName	A_№1_г	A_№1_г	A_№1_г	A_№1_г	A_№1_г	A_№1_г	A_№1_г	A_№1_г	A_№1_г	A_№1_г	A_№1_г	A_№1_г	A_№1_г	A_№1_г	A_№1_г	A_№1_г	A_№1_г	
DirectionCode	>	>	>	>	>	>	>	>	>	>	>	>	>	>	>	>	>	
Concatenate:VehJourney	Ежедн.	Ежедн.	Ежедн.	Ежедн.	Ежедн.	Ежедн.	Ежедн.	Ежедн.	Ежедн.	Ежедн.	Ежедн.	Ежедн.	Ежедн.	Ежедн.	Ежедн.	Ежедн.	Ежедн.	
FromTProfileIdentifier	1:33	1:33	1:33	1:33	1:33	1:33	1:33	1:33	1:33	1:33	1:33	1:33	1:33	1:33	1:33	1:33	1:33	
Dep	05:50:00	06:11:00	06:32:00	06:53:00	07:14:00	07:35:00	07:56:00	08:17:00	08:38:00	08:59:00	09:20:00	09:41:00	10:02:00	10:23:00	10:44:00	11:05:00	11:26:00	
Arr	06:34:38	06:55:38	07:16:38	07:37:38	07:58:38	08:19:38	08:40:38	09:01:38	09:22:38	09:43:38	10:04:38	10:25:38	10:46:38	11:07:38	11:28:38	11:49:38	12:10:38	
ToTProfileIdentifier	25:45668	25:45668	25:45668	25:45668	25:45668	25:45668	25:45668	25:45668	25:45668	25:45668	25:45668	25:45668	25:45668	25:45668	25:45668	25:45668	25:45668	
OperatorIdentifier	2 КП Міськ	2 КП Міськ	2 КП Міськ	2 КП Міськ	2 КП Міськ	2 КП Міськ	2 КП Міськ	2 КП Міськ	2 КП Міськ	2 КП Міськ	2 КП Міськ	2 КП Міськ	2 КП Міськ	2 КП Міськ	2 КП Міськ	2 КП Міськ	2 КП Міськ	
CountVehJourneySection	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
IsCoupled	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	

Рис.2.8. Фрагмент розкладу руху на маршруті 1 із скороченням інтервалів

### РОЗДІЛ 3. ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ РЕЗУЛЬТАТІВ МОДЕЛЮВАННЯ

Добові обсяги перевезень на автобусних маршрутах для моделі існуючого положення та у варіанті скорочення на них інтервалів руху показані у табл.3.1.

Табл.3.1

#### Обсяги перевезень на маршрутах за добу для існуючого стану та після впровадження рішення

Номер маршруту	Пасажиропотік, пас./доба		Різниця, %
	Існуючий стан	Скорочення інтервалу	
1	4089	5905	+31
1a	5210	7991	+35
4	1762	3675	+52
8	12469	11542	-7
228	12822	17086	+28
228a	11631	12093	+10
244	728	740	+1
302	4794	12354	+61
Середнє значення			+26

Обсяги перевезень пасажирів за добу збільшились після ущільнення інтервалів руху практично на всіх маршрутах автобусів (Табл.3.1). Найбільше збільшення обсягів перевезень спостерігається для маршруту № 302 – на 61% (з 4794 пас./доба до 12354 пас. /доба). Додаємо, що обсяг перевезень до впровадження рішення на маршрутах 1, 1a та 302 співставні з обсягами перевезень на одному з маршрутів швидкісного трамваю під час дії карантинних обмежень у 2021 р. Також слід відмітити суттєве збільшення обсягів перевезень пасажирів на маршруті № 4 – на 52% (з 1762 пас./добу до 3675 пас./добу). На маршруті автобусу 8 кількість перевезених пасажирів за добу зменшиться на 7%. На маршруті № 244 обсяг перевезень за добу практично не зміниться (збільшиться на 1%). У середньому на автобусних маршрутах прогнозується збільшення обсягів перевезень на 26% після запровадження рішення.



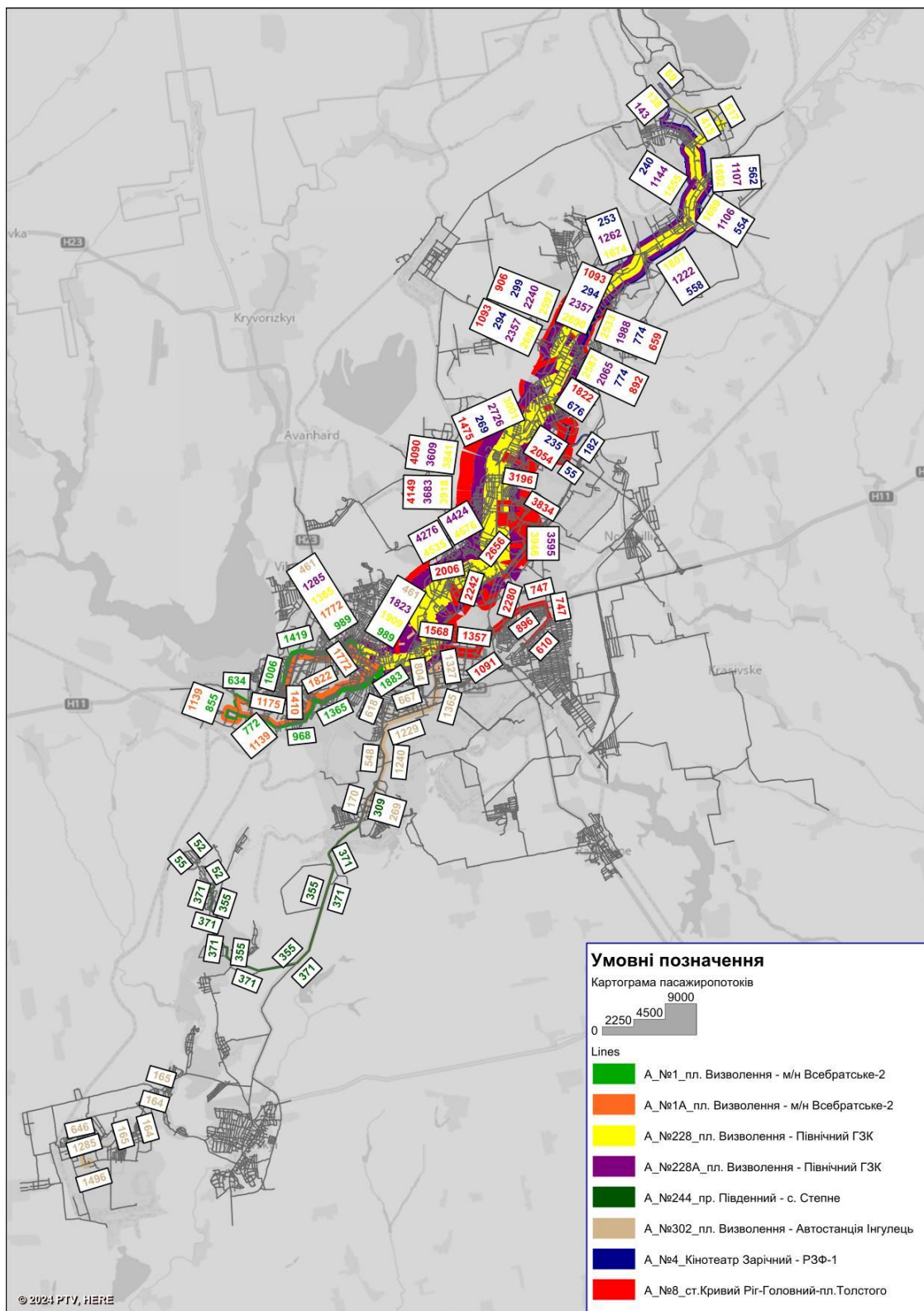


Рис.3.1. Картограма транспортного попиту на автобусних маршрутах комунального транспорту в існуючому положенні

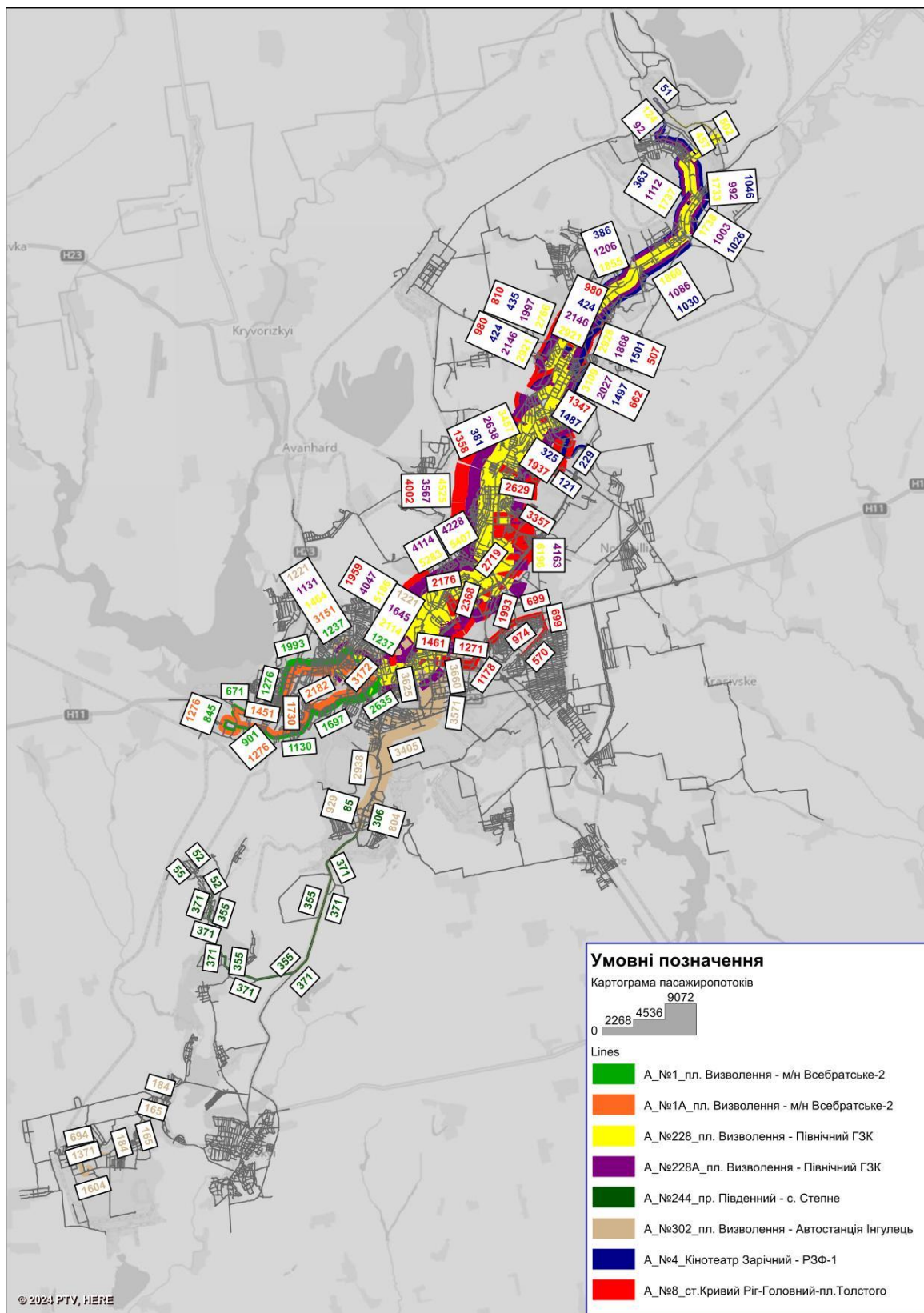


Рис.3.2. Картограма транспортного попиту на автобусних маршрутах комунального транспорту після скорочення інтервалів руху.

Картограми на рис.3.1 та рис.3.2 показують розподіл обсягів перевезень пасажирів на окремих маршрутах на їх конкретних ділянках до та після впровадження скорочення інтервалів руху. Найбільш завантаженою ділянкою вулично-дорожньої мережі міста Кривий Ріг за добовими обсягами перевезених пасажирів є ділянка пл. Горького – перехрестя вул. Едуарда Фукса – вул. Миколи Світальського за рахунок маршрутів 228, 228 а, 8. Так, обсяги перевезень між даними маршрутами на вказаній ділянці розподіляються таким чином: на маршруті 8 – 4090 пас./доба, на маршруті 228 – 4276 пас./доба, на маршруті 228а – 4535 пас./доба.

Після скорочення інтервалів руху громадського транспорту розподіл обсягів перевезень на зазначеній ділянці виглядає таким чином: на маршруті 8 – 4002 пас./доба, на маршруті 228 – 5283 пас./доба, на маршруті 228а – 3657 пас./доба.

Для маршруті автобусу 302 найбільш завантаженою ділянкою за добовими обсягами перевезень є вул. Криворіжсталі – 3405 пас./доба (після впровадження скорочення інтервалів).

Для маршрутів автобусів 1 та 1а найбільш завантаженою ділянкою за добовими обсягами перевезень є вул. Українська на рівні 3172 пас./доба.

Таким чином, за можливості впровадження зменшення інтервалів руху на маршрутах громадського транспорту у два рази, очікуваного подвоєння транспортного попиту на маршрутах автобусів не відбудеться. Середнє значення збільшення різниці в обсягах перевезень на всіх маршрутах комунальних автобусів становить 26%.

## РОЗДІЛ 4. БЕЗПЕКА НА АВТОБУСАХ ГРОМАДСЬКОГО ТРАНСПОРТУ

Перевезення пасажирів автобусами вважається одним з найбезпечніших способів пересування на дорозі. Проте щороку близько 20 000 автобусів в Європі потрапляють у аварії, в результаті чого травмуються або загивають 30 000 людей, з них 150 загивають. Згідно з великим європейським проектом ECBOS [18], розробка безпечних транспортних засобів може вирішити багато ідентифікованих проблем. На сьогоднішній день безпека автобусів регулюється сімома правилами Європейської економічної комісії та п'ятьма відповідними директивами ЄС. У рамках ECBOS були виявлені різні можливості для поліпшення на основі проведених досліджень, які можуть бути використані для удосконалення поточної політики, зокрема щодо заходів з попередження аварій.

Втомленість водіїв є серйозною проблемою в комерційному транспорті через великі відстані, які їм доводиться подолати, і непостійні графіки, які впливають на їх сон. Дослідження показують, що втома є найбільш поширеною серед водіїв вантажівок, які працюють на великі відстані [18], і вона призводить до 20-30% дорожньо-транспортних пригод у комерційному транспорті в Європі та США [18]. Останнім часом Комісія здійснила кроки для посилення правил щодо часу керування та відпочинку водіїв, а також їх дотримання.

Регламент Ради (ЄС) 2135/98, який вносить зміни до Регламенту (ЄС) 3821/85, впроваджує нове покоління повністю цифрових тахографів. Цифровий тахограф є надійним та точним пристроєм для запису та зберігання даних, порівняно зі старим обладнанням. Новий пристрій буде реєструвати всі дії транспортного засобу, такі як відстань, швидкість і час руху, а також періоди відпочинку водія. Система буде містити принтер для використання під час шляхових перевірок, і водій отримає особисту картку з мікрочіпом, яку треба буде вставити в тахограф при керуванні транспортним засобом. Ця індивідуальна картка водія забезпечить зручність під час перевірок. Технічні характеристики цифрового

тахографа викладені в Регламенті Комісії (ЄС) 1360/2002, який має бути обов'язково встановлений на нових транспортних засобах, починаючи з огляду Європейської Комісії, опублікованого в серпні 2004 року.

Аналіз аварій демонструє, що пасажирів, що перебувають у передніх рядах (найближче до водія), можуть бути викинуті через переднє вікно або постраждати внаслідок зіткнення. Використання утримуючих пристроїв у поєднанні зі сидінням може краще контролювати рух пасажирів під час аварії, забезпечуючи тим самим можливість водію залишатися усвідомленим та зберігати контроль над транспортним засобом до його зупинки, а також полегшує процес евакуації. Незважаючи на те, що використання ременів безпеки запобігає викиду та зменшує ризик серйозних травм, існує проблема поглинання енергії через лобове скло та проникнення сторонніх предметів через нього.

Поглиблені дослідження показують, що для захисту водія в передній частині автобуса необхідно розробити спеціальні захисні пристрої, оскільки безпека водія належним чином не враховується в чинних нормативних документах. Проведення відповідних досліджень для встановлення вимог до передніх конструкцій, а також проведення випробувань для автобусів і модифікація існуючих конструкцій, щоб забезпечити цілісність водіїв під час фронтальних і бокових зіткнень, є необхідним [18].

Аналіз реальних дорожньо-транспортних пригод показує, що часткове або повне викидання є механізмом отримання важких травм. Тяжкість травм у постраждалих є меншою, якщо автобус обладнаний системою фіксації сидінь і ламінованим склом. Бічна подушка безпеки, спеціально розроблена для руху при перекиданні, також може запобігти викиданню пасажирів. Дослідження також показали, що сидіння та їх кріплення часто не здатні протистояти силам, на які вони наражаються під час великих аварій автобусів [18]. Ризик отримання травм через несправність сидінь і кріплень можна зменшити за допомогою інтегрованих систем і вдосконалених стандартів контролю міцності сидінь та їхніх кріплень.

У випадках перекидання, коли розбиваються бокові вікна, збільшується ризик викидання пасажирів і отримання ними травм. Найбільш поширеними частинами тіла, які травмуються при перекиданні, коли не відбувається викидання, є голова, шия і плече. Аналіз аварій показав, що травми в аваріях з перекиданням можуть бути спричинені ударом пасажирів об бічну панель, об багажник, а також в результаті взаємодії пасажирів між собою. Було запропоновано розробити нові манекени для випробувань і випробування на перекидання [18].

Дослідження травматизму в аваріях показують, що в серйозних аваріях пасажирів автобусів не можуть скористатися аварійними дверима або через те, що вони серйозно травмовані, або через те, що двері заблоковані в результаті удару.

Наразі технічні правила щодо аварійних дверей встановлює Регламент ЄЕК ООН № 107. Ефективним заходом могло б стати бокове вікно, яке, навіть розбите, залишалося б на місці і виконувало б роль захисної сітки, що утримує пасажирів у салоні автобуса. У той же час, конструкція коридорів автобусів повинна забезпечувати швидку евакуацію пасажирів. Для цього необхідно передбачити можливість легкого викидання вікон після зупинки автобуса за допомогою піротехнічних зарядів.

Дослідження, в якому оцінювалася безпека користувачів інвалідних візків в автобусах у порівнянні з пасажирами, які сидять на звичайних сидіннях (з підголівниками), надало різні пропозиції щодо модифікацій [18]. Дослідження показало, що голови та шиї користувачів інвалідних візків є особливо вразливими, але цю проблему можна вирішити шляхом використання підголівника. Однак такий утримувач повинен відповідати вимогам Правила 17 ЄЕК ООН щодо міцності та поглинання енергії, а інвалідний візок повинен добре прилягати до підголівника та спинки для отримання максимальної користі. Також рекомендується захищений простір для пасажирів в інвалідних візках, які сидять обличчям вперед. У звичайних умовах транспортування вертикальна стійка є кращою за горизонтальну перекладину з точки зору запобігання надмірному переміщенню інвалідного візка.

## ВИСНОВКИ

У роботі проведено транспортне моделювання попиту на послуги пасажирського транспорту на автобусних маршрутах міста Кривий Ріг та вивчений вплив на нього зменшення вдвічі інтервалів руху цих автобусів.

1. Виконано аналіз транспортних задач, які використовуються для планування розкладів на громадському транспорті, однопродуктових, багатодуктових моделей, моделей поділу.

2. Виконано аналіз розкладів руху у тролейбусній мережі, на основі якого:

2а) Визначені порушення інтервалу проходження між контрольними зупиночними пунктами для різних графіків на одному маршруті.

2б) Визначені групи маршрутів тролейбусів, розклади яких потребують аналізу шляхом парного порівняння, відповідно до таких спільних ділянок на даних маршрутах, виявлених за рахунок аналізу матриць дублювання тролейбусів.

2в) Виявлені мінімальні інтервали (від 0 до 3 хвилин) між часом відправлень та прибуття з/до зупиночного пункту рухомого складу різних маршрутів тролейбусів, що призводить до практично одночасного проходження ними дублюючої ділянки на маршрутах.

3. Проведено транспортне моделювання у програмному забезпеченні PTV VISUM двох сценаріїв для маршрутів комунальних міських автобусів у мережі пасажирського транспорту міста Кривий Ріг, а саме, 1а, 1, 4, 8, 228а, 228, 244, 302:

для існуючого положення – з актуальними розкладами руху;

для варіанту із подвоєнням кількості відправлень за рахунок зменшення інтервалів руху на маршрутах (потребує додаткового обґрунтування за кількістю рухомого складу на маршруті, яке не розглядалось у рамках даної роботи).

4. Обсяги перевезень пасажирів за добу збільшились після ущільнення інтервалів руху практично на всіх маршрутах автобусів, найбільше значення – для маршруту № 302 – на 61% (з 4794 пас./доба до 12354 пас. /доба), суттєве збільшення

обсягів перевезень пасажирів – на маршруті № 4 – на 52% (з 1762 пас./добу до 3675 пас./добу), на маршруті автобусу 8 кількість перевезених пасажирів за добу зменшиться на 7%, мінімальне збільшення обсягу перевезень за добу характерне для маршруту № 244 (на 1%). У середньому на автобусних маршрутах прогнозується збільшення обсягів перевезень на 26% після скорочення інтервалів руху в 2 рази.



## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. L. Bodin and B. Golden. Classification in vehicle routing and scheduling. *Networks*, 11(2):97–108, 1981.
2. L. Bodin, B. Golden, A. Assad, and M. Ball. Routing and scheduling of vehicles and crews: the state of the art. *Computers & Operations Research*, 10(2):63–211, 1983.
3. A. Wren. Scheduling vehicles and their drivers - forty years' experience. Technical report, 2003.
4. J. L. Saha. An algorithm for bus scheduling problems. *Operational Research Quarterly*, 21(4):463–474, 1972.
5. L. Bodin and D. Rosenfield. Estimation of the operating cost of mass transit systems. Technical report, State University of New York, 1976.
6. C. S. Orloff. Route constrained fleet scheduling. *Transportation Science*, 10(2):149–168, 1976.
7. B. Gavish and E. Shlifer. An approach for solving a class of transportation scheduling problems. *European Journal of Operational Research*, 3:122–134, 1978.
8. A. A. Bertossi, P. Carraresi, and G. Gallo. On some matching problems arising in vehicle scheduling models. *Networks*, 17:271–281, 1987.
9. G. Carpaneto, M. Dell'Amico, M. Fischetti, and P. Toth. A branch and bound algorithm for the multiple depot vehicle scheduling problem. *Networks*, 19:531–548, 1989.
10. M. Mesquita and J. M. P. Paixao. Multiple depot vehicle scheduling problem: A new heuristic based on quasi-assignment algorithms. In J.-M. R. M. Desrochers, editor, *Proceedings of the Fifth International Workshop on Computer-Aided Scheduling of Public Transport*, pages 167–180, Montreal, Canada, 1992. Springer-Verlag.
11. J. R. Daduna, M. Mojsilovic, and P. Schütze. Practical experiences using an interactive optimization procedure for vehicle scheduling. pages 37–52, 1993.

12. A. Levin. Scheduling and fleet routing models for transportation systems. *Transportation Science*, 5:232–255, 1971.
13. A. Mingozzi, L. Bianco, and S. Ricciardelli. An exact algorithm for combining vehicle trips. In *Proceedings of the Sixth International Workshop on Computer-Aided Scheduling of Public Transport*.
14. G. Desaulniers, J. Lavigne, and F. Soumis. Multi-depot vehicle scheduling problems with time windows and waiting costs. *European Journal of Operational Research*, 111:479–494, 1998.
15. A. Hadjar and F. Soumis. Window reduction for the multiple depot vehicle scheduling problem with time windows. Technical Report G-2005-54, HEC Montreal, Montreal, Canada, 2005.
16. <https://www.eway.in.ua/ru/cities/kryvyirih>
17. <https://www.ptvgroup.com/en/products/ptv-visum>
18. [https://road-safety.transport.ec.europa.eu/eu-road-safety-policy/priorities/safe-vehicles/archive/buses-and-coaches\\_en](https://road-safety.transport.ec.europa.eu/eu-road-safety-policy/priorities/safe-vehicles/archive/buses-and-coaches_en)

**ДОДАТОК А. РОЗКЛАДИ НА АВТОБУСНИХ МАРШРУТАХ  
ПАСАЖИРСЬКОГО ТРАНСПОРТУ**

Табл.А.1. Автобус 1

<b><i>РОБОЧИ ДНІ</i></b> <b><i>3 29. 08. 2023 р.</i></b>	
<b>пл. Визволення</b>	<b>Мкр-н “Макулан”</b>
<b>5:50</b>	<b>6:20</b>
<b>6:25</b>	<b>6:55</b>
<b>7:00</b>	<b>7:30</b>
<b>7:35</b>	<b>8:05</b>
<b>8:10</b>	<b>8:40</b>
<b>8:45</b>	<b>9:15</b>
<b>9:25</b>	<b>9:55</b>
<b>10:00</b>	<b>10:30</b>
<b>11:20</b>	<b>11:50</b>
<b>11:55</b>	<b>12:25</b>
<b>12:30</b>	<b>13:00</b>
<b>13:05</b>	<b>13:35</b>
<b>13:50</b>	<b>14:20</b>
<b>14:20</b>	<b>14:50</b>
<b>14:55</b>	<b>15:25</b>
<b>15:30</b>	<b>16:00</b>
<b>16:10</b>	<b>16:40</b>
<b>16:45</b>	<b>17:15</b>
<b>17:20</b>	<b>17:50</b>
<b>18:30</b>	<b>19:00</b>
<b>19:15</b>	<b>19:45</b>
<b>19:50</b>	<b>20:20</b>
<b>20:25</b>	<b>20:55</b>
<b>21:00</b>	<b>21:30</b>

Табл.А.2. Автобус 1а

<b><i>РОБОЧИ ДНІ</i></b> <b><i>3 29. 08. 2023 р.</i></b>	
<b>пл. Визволення</b>	<b>Мкр-н “Макулан”</b>
<b>5:35</b>	<b>6:05</b>
<b>6:08</b>	<b>6:38</b>
<b>6:43</b>	<b>7:13</b>
<b>7:18</b>	<b>7:48</b>
<b>7:53</b>	<b>8:23</b>
<b>8:28</b>	<b>8:58</b>
<b>9:08</b>	<b>9:38</b>
<b>9:43</b>	<b>10:13</b>
<b>11:03</b>	<b>11:33</b>
<b>11:38</b>	<b>12:08</b>
<b>12:13</b>	<b>12:43</b>
<b>12:48</b>	<b>13:18</b>
<b>13:23</b>	<b>13:53</b>
<b>14:03</b>	<b>14:33</b>
<b>14:38</b>	<b>15:08</b>
<b>15:13</b>	<b>15:43</b>
<b>15:48</b>	<b>16:18</b>
<b>16:23</b>	<b>16:53</b>
<b>17:03</b>	<b>17:33</b>
<b>17:48</b>	<b>18:18</b>
<b>18:58</b>	<b>19:28</b>
<b>19:33</b>	<b>20:03</b>
<b>20:08</b>	<b>20:38</b>
<b>20:43</b>	<b>21:13</b>
<b>21:18</b>	<b>21:48</b>

Табл.А.3. Автобус 4 - Прямий

Мкр-н 4й Зарічний	СШТ “Електро- заводська”	Спорткомп лекс	8-ма міська лікарня	9-й квартал	РЗФ-1
04:45	04:51	05:13	05:33	05:59	06:05
05:20	05:26	05:48	06:08	06:34	06:40
05:55	06:01	06:23	06:43	07:09	07:15
06:30	06:36	06:58	07:18	07:44	07:50
07:10	07:16	07:38	07:58	08:24	08:30
07:40	07:46	08:08	08:28	08:54	09:00
08:30	08:36	08:58	09:18	09:44	09:50
08:50	08:56	09:18	09:36	10:02	10:08
09:25	09:31	09:53	10:13	10:39	10:45
10:05	10:11	10:33	10:53	11:19	11:25
11:21	11:27	11:49	12:09	12:35	12:41
12:31	12:37	12:59	13:19	13:45	13:51
13:06	13:12	13:34	13:57	14:23	14:29
13:44	13:50	14:12	14:32	14:58	15:04
14:19	14:25	14:47	15:07	15:33	15:39
14:54	15:00	15:22	15:42	16:08	16:14
15:29	15:35	15:57	16:17	16:43	16:49
16:04	16:10	16:32	16:52	17:18	17:24
16:39	16:45	17:07	17:27	17:53	17:59
17:32	17:38	18:00	18:20	18:46	18:52
18:39	18:45	19:07	19:27	19:53	19:59
19:14	19:20	19:42	20:02	20:28	20:34
20:54	21:00	21:22	21:42	22:08	22:14

Табл.А.4. Автобус 4 - Зворотний

РЗФ-1	9-й квартал	8-ма міська лікарня	Спорткомп лекс	СШТ “Електро- заводська”	Мкр-н 4й Зарічний
06:15	06:21	06:47	07:07	07:27	07:32
06:50	06:56	07:22	07:42	08:02	08:07
07:25	07:31	07:57	08:17	08:37	08:42
08:00	08:06	08:32	08:52	09:12	09:17
08:40	08:46	09:12	09:32	09:52	09:57
09:40	09:46	10:12	10:32	10:52	10:57
10:00	10:06	10:32	10:52	11:12	11:17
11:06	11:12	11:38	11:58	12:18	12:23
11:40	11:46	12:12	12:32	12:52	12:57
12:51	12:57	13:23	13:43	14:06	14:11
13:29	13:35	14:01	14:21	14:41	14:46
14:01	14:07	14:33	14:53	15:16	15:21
14:39	14:45	15:11	15:31	15:51	15:56
15:14	15:20	15:46	16:06	16:26	16:31
15:49	15:55	16:21	16:41	17:01	17:06
16:24	16:30	16:56	17:16	17:36	17:41
16:59	17:05	17:31	17:51	18:11	18:16
17:34	17:40	18:06	18:26	18:46	18:51
18:17	18:23	18:49	19:09	19:29	19:34
19:29	19:35	20:01	20:21	20:41	20:46
20:39	20:45	21:11	21:31	21:51	21:56
21:14	21:20	21:46	22:06	22:26	22:31
22:24	22:30	22:56	23:16	23:36	23:41

Табл.А.5. Автобус 8 Прямий

Ст. Кривий Ріг - Головний	Тролейбусне депо № 2	Пл. Горького	Вул. Бикова	173 кв.	Торгівельний центр	Спорткомплекс	Пл. Толстого
				04:43	04:59	05:10	05:29
				05:17	05:33	05:44	06:03
				05:41	05:57	06:08	06:27
				06:10	06:26	06:37	06:56
05:40	05:56	06:08	06:14	06:40	06:56	07:07	07:26
06:09	06:25	06:37	06:43	07:09	07:25	07:36	07:55
06:38	06:54	07:06	07:12	07:38	07:54	08:05	08:24
07:08	07:24	07:36	07:42	08:08	08:24	08:35	08:54
<b>07:52</b>	08:08	08:20	08:26	08:52	09:08	09:19	<b>09:38</b>
<b>08:21</b>	08:37	08:49	08:55	09:21	09:37	09:48	<b>10:07</b>
<b>08:50</b>	09:06	09:18	09:24	09:50	10:06	10:17	<b>10:36</b>
09:09	09:25	09:37	09:43	10:09			
<b>10:19</b>	10:35	10:47	10:53	11:19	11:35	11:46	12:05
<b>10:48</b>	11:04	11:16	11:22	11:48	12:04	12:15	12:34
<b>11:17</b>	11:33	11:45	11:51	12:17	12:33	12:44	13:03
				12:50	13:06	13:17	13:36
12:16	12:32	12:44	12:50	13:16	13:32	13:43	14:02
12:45	13:01	13:13	13:19	13:45	14:04	14:15	14:34
13:14	13:30	13:42	13:48	14:14	14:33	14:44	15:03
13:46	14:02	14:14	14:20	14:46	15:02	15:13	<b>15:32</b>
14:16	14:32	14:44	14:50	15:16	15:32	15:43	<b>16:02</b>
14:45	15:01	15:13	15:19	15:45	16:01	16:12	<b>16:31</b>
15:14	15:30	15:42	15:48	16:14	16:30	16:41	<b>17:00</b>
15:44	16:00	16:12	16:18	16:44	17:00	17:11	<b>17:30</b>
<b>16:18</b>	16:34	16:46	16:52	17:18	17:34	17:45	<b>18:04</b>
<b>16:47</b>	17:03	17:15	17:21	17:47	18:03	18:14	<b>18:33</b>
<b>17:16</b>	17:32	17:44	17:50	18:16	18:32	18:43	<b>19:02</b>
17:45	18:01	18:13	18:19	18:45			
<b>18:55</b>	19:11	19:23	19:29	19:55	20:11	20:22	20:41
<b>19:24</b>	19:40	19:52	19:58	20:24	20:40	20:51	21:10
<b>20:08</b>	20:24	20:36	20:42	21:08	21:24	21:35	21:54
<b>20:52</b>	21:08	21:20	21:26	21:52	22:08	22:19	22:38
21:21	21:37	21:49	21:55	22:21			
21:50	22:06	22:18	22:24	22:50			

Табл.А.6. Автобус 8 Зворотний

Пл. Толстого	Спорткомплекс	Торгівельний центр	174 кв.	Пл. Володимира Великого	Пл. Горького	Тролейбусне депо № 2	Ст. Кривий Ріг - Головний
			04:30	04:56	05:02	05:14	05:30
			04:59	05:25	05:31	05:43	05:59
			05:28	05:54	06:00	06:12	06:28
			05:57	06:24	06:30	06:42	06:58
05:34	05:53	06:05	06:21	06:48	06:54	07:06	<b>07:22</b>
06:13	06:32	06:44	07:00	07:27	07:33	07:45	<b>08:01</b>
06:37	06:56	07:08	07:24	07:51	07:57	08:09	<b>08:25</b>
07:06	07:25	07:37	07:53	08:20	08:26	08:38	08:54
<b>07:51</b>	08:10	08:22	08:38	09:05	09:11	09:23	<b>09:39</b>
<b>08:25</b>	08:44	08:56	09:12	09:39	09:45	09:57	<b>10:13</b>
<b>08:49</b>	09:08	09:20	09:36	10:03	10:09	10:21	<b>10:37</b>
09:09	09:28	09:40	09:56				
<b>10:18</b>	10:37	10:49	11:05	11:32	11:38	11:50	12:06
<b>10:47</b>	11:06	11:18	11:34	12:01	12:07	12:19	12:35
<b>11:16</b>	11:35	11:47	12:03	12:30	12:36	12:48	13:04
			12:35	13:02	13:08	13:20	13:36
12:15	12:34	12:46	13:05	13:32	13:38	13:50	14:06
12:44	13:03	13:15	13:34	14:01	14:07	14:19	14:35
13:13	13:32	13:44	14:03	14:30	14:36	14:48	15:04
13:46	14:05	14:17	14:33	15:00	15:06	15:18	15:34
14:12	14:31	14:43	15:02	15:29	15:35	15:47	<b>16:03</b>
14:44	15:03	15:15	15:31	15:58	16:04	16:16	<b>16:32</b>
15:13	15:32	15:44	16:00	16:27	16:33	16:45	<b>17:01</b>
<b>15:47</b>	16:06	16:18	16:34	17:01	17:07	17:19	17:35
<b>16:27</b>	16:46	16:58	17:14	17:41	17:47	17:59	<b>18:15</b>
<b>16:56</b>	17:15	17:27	17:43	18:10	18:16	18:28	<b>18:44</b>
<b>17:25</b>	17:44	17:56	18:12	18:39	18:45	18:57	<b>19:13</b>
<b>17:55</b>	18:14	18:26	18:42				
<b>18:39</b>	18:58	19:10	19:26	19:53	19:59	20:11	<b>20:27</b>
<b>19:23</b>	19:42	19:54	20:10	20:37	20:43	20:55	21:11
<b>19:52</b>	20:11	20:23	20:39	21:06	21:12	21:24	21:40
20:51	21:10	21:22	21:38				
21:20	21:39	21:51	22:07				
22:04	22:23	22:35	22:51				
22:48	23:07	23:19	23:35				

Табл.А.7. Автобус 244 Кільцевий

<b>Пр. Південний (відправлення)</b>	<b>Сел. Руднічне</b>	<b>Сел. Степове</b>	<b>Сел. Руднічне</b>	<b>Пр. Південний (прибуття)</b>
5:00		5:40	6:15	7:00
6:00	6:40	7:20		8:05
7:05		7:45	8:25	9:10
8:15	8:55	9:35		10:30
10:00		10:40	11:20	12:05
11:10	11:50	12:30		13:15
12:20	13:00	13:40		14:25
13:35		14:20	15:05	15:55
14:45	15:25	16:10		17:00
17:10	17:50	18:30		19:15
18:00	18:40	19:20		20:05
19:25		20:05	20:45	21:30

Табл.А.8. Автобус 228 – Прямий

<b>Пл. Визволення</b>	<b>Пл. Горького</b>	<b>173 кв. (Е.Фукса)</b>	<b>Спорткомплекс</b>	<b>8 міська лікарня</b>	<b>вул. Доватора</b>	<b>РЗФ-1</b>
		4:35	4:56	5:14	5:38	5:46
		5:22	5:43	6:01	6:25	6:33
5:30	5:42	6:05	6:25	6:43	7:07	7:15
6:19	6:31	6:55	7:16	7:34	7:58	8:06
7:06	7:18	7:42	8:03	8:21	8:45	8:53
8:03	8:15	8:39	9:00	9:18	9:42	9:50
9:05	9:17	9:41	10:02	10:20	10:44	10:52
9:52	10:04	10:28	10:49	11:07	11:31	11:39
10:58	11:10	11:34	11:55	12:13	12:37	12:45
11:45	11:57	12:21	12:42	13:00	13:24	13:32
13:19	13:31	13:55	14:19	14:37	15:01	15:09
14:06	14:18	14:42	15:06	15:24	15:48	15:56
14:55	15:07	15:31	15:52	16:10	16:34	16:42
15:42	15:54	16:18	16:39	16:57	17:21	17:29
16:34	16:46	17:10	17:31	17:49	18:13	18:21
17:21	17:33	17:57	18:18	18:36	19:00	19:08
18:26	18:38	19:02	19:23	19:41	20:05	20:13
19:43	19:55	20:15	20:33	20:51	21:15	21:23
20:09	20:21	20:41	20:59	21:17	21:41	21:49
21:53	22:05	22:23				



Табл.А.9. Автобус 228 – Зворотній

<b>РЗФ-1</b>	<b>Вул. Доватора</b>	<b>8 міська лікарня</b>	<b>Спорткомплекс</b>	<b>174 кв. (Е.Фукса)</b>	<b>Пл. Горького</b>	<b>Пл. Визволення</b>
				4:50	5:08	5:20
				5:33	5:57	6:09
5:58	6:06	6:30	6:48	7:09	7:33	7:45
6:43	6:51	7:15	7:33	7:54	8:18	8:30
7:30	7:38	8:02	8:20	8:41	9:05	9:17
8:21	8:29	8:53	9:11	9:32	9:56	10:08
9:18	9:26	9:50	10:08	10:29	10:53	11:05
9:55	10:03	10:27	10:45	11:06		
11:22	11:30	11:54	12:12	12:33	12:57	13:09
12:09	12:17	12:41	12:59	13:20	13:44	13:56
12:55	13:03	13:27	13:45	14:09	14:33	14:45
13:42	13:50	14:14	14:32	14:56	15:20	15:32
				15:48	16:12	16:24
15:27	15:35	15:59	16:17	16:38	17:02	17:14
16:06	16:14	16:38	16:56	17:17	17:41	17:53
17:13	17:21	17:45	18:03	18:24	18:48	19:00
17:54	18:02	18:26	18:44	19:02	19:22	19:34
18:31	18:39	19:03	19:21	19:39		
20:05	20:13	20:35	20:53	21:11	21:31	21:43
20:40	20:48	21:12	21:30	21:48		
21:33	21:41	22:05	22:23	22:41		
21:59	22:07	22:31	22:49	23:07		

Табл.А.10. Автобус 228а – Прямий

Пл. Визволення	Пл. Горького	173 кв.	Спорткомплекс	8 міська лікарня	Індустріальний технікум (Черкасова)	РЗФ-1
		4:59	5:20	5:38	6:04	6:10
		5:45	6:06	6:24	6:50	6:56
5:59	6:10	6:34	6:55	7:13	7:39	7:45
6:32	6:46	7:10	7:31	7:49	8:15	8:21
7:30	7:42	8:06	8:27	8:45	9:11	9:17
8:27	8:39	9:03	9:24	9:42	10:08	10:14
9:28	9:40	10:04	10:25	10:43	11:09	11:15
10:15	10:27	10:51	11:12	11:30	11:56	12:02
10:42	10:54	11:18				
12:09	12:21	12:45	13:06	13:24	13:50	13:56
12:56	13:08	13:32	13:56	14:14	14:40	14:46
13:42	13:54	14:18	14:42	15:00	15:26	15:32
14:32	14:44	15:08	15:29	15:47	16:13	16:19
15:19	15:31	15:55	16:16	16:34	17:00	17:06
16:09	16:21	16:45	17:06	17:24	17:50	17:56
16:58	17:10	17:34	17:55	18:13	18:39	18:45
17:51	18:03	18:27	18:48	19:06	19:32	19:38
19:10	19:22	19:42	20:00	20:18	20:44	20:50
19:24	19:36	19:56				
22:03	22:15	22:33				

Табл.А.11. Автобус 228а – Зворотній

РЗФ-1	Індустріальний технікум (Черкасова)	8 міська лікарня	Спорткомплекс	174 кв.	Пл. Горького	Пл. Визволення
				5:18	5:36	5:48
				5:50	6:14	6:26
				6:44	7:08	7:20
6:20	6:26	6:52	7:10	7:31	7:55	8:07
7:06	7:12	7:38	7:56	8:17	8:41	8:53
7:53	7:59	8:25	8:43	9:04	9:28	9:40
8:45	8:51	9:17	9:35	9:56	10:20	10:32
10:15	10:21	10:47	11:05	11:26	11:50	12:02
10:59	11:05	11:31	11:49	12:10	12:34	12:46
11:45	11:51	12:17	12:35	12:56	13:20	13:32
12:32	12:38	13:04	13:22	13:46	14:10	14:22
				14:33	14:57	15:09
14:06	14:12	14:38	14:56	15:20	15:44	15:56
14:56	15:02	15:28	15:46	16:07	16:31	16:43
15:42	15:48	16:14	16:32	16:53	17:17	17:29
16:44	16:50	17:16	17:34	17:55	18:19	18:31
17:27	17:33	17:59	18:17	18:38	19:02	19:14
18:53	18:59	19:25	19:43	20:01		
19:35	19:41	20:07	20:25	20:43	21:03	21:15
20:26	20:32	20:58	21:16	21:34		
21:08	21:14	21:40	21:58	22:16		

Табл.А.12. Автобус 302 – Прямий

№ графіка	Довжина рейсу, км	пл. Визволення	174 кв. (для виїзду з АТП)	Пл. Горького	173 кв. (для заїзду в АТП)	пр. Південний	АС Інгулець
<b>ID зупинки</b>		5552		5537		5943	6411
<b>1</b>	<b>46.9</b>		4:42	5:02		5:26	6:16
<b>2</b>	<b>42.1</b>	5:21		5:33		5:57	6:47
<b>3</b>	<b>42.1</b>	5:53		6:05		6:29	7:19
<b>4</b>	<b>42.1</b>	6:26		6:38		7:02	7:52
<b>5</b>	<b>42.1</b>	6:58		7:10		7:34	8:24
<b>1</b>	<b>42.1</b>	8:08		8:20		8:44	9:34
<b>2</b>	<b>42.1</b>	8:41		8:53		9:17	10:07
<b>3</b>	<b>42.1</b>	9:13		9:25		9:49	10:39
<b>4</b>	<b>42.1</b>	9:46		9:58		10:22	11:12
<b>5</b>	<b>42.1</b>	10:18		10:30		10:54	11:44
<b>1</b>	<b>42.1</b>	11:43		11:55		12:19	13:09
<b>2</b>	<b>42.1</b>	12:16		12:28		12:52	13:42
<b>3</b>	<b>42.1</b>	12:51		13:03		13:27	14:17
<b>4</b>	<b>42.1</b>	13:24		13:36		14:00	14:50
<b>5</b>	<b>42.1</b>	13:56		14:08		14:32	15:22
<b>1</b>	<b>42.1</b>	15:01		15:13		15:37	16:27
<b>2</b>	<b>42.1</b>	15:34		15:46		16:10	17:00
<b>3</b>	<b>42.1</b>	16:03		16:13		16:39	17:29
<b>4</b>	<b>42.1</b>	16:39		16:51		17:15	18:05
<b>5</b>	<b>42.1</b>	17:07		17:19		17:43	18:30
<b>1</b>	<b>42.1</b>	18:21		18:33		18:57	19:47
<b>2</b>	<b>42.1</b>	18:54		19:06		19:30	20:20
<b>3</b>	<b>42.1</b>	19:26		19:38		20:02	20:52
<b>4</b>	<b>14.1</b>	20:19		20:31	20:49		
<b>5</b>	<b>42.1</b>	20:27		20:39		21:03	21:50
<b>1</b>	<b>14.1</b>	22:15		22:27	22:45		
<b>2</b>	<b>14.1</b>	22:29		22:41	22:59		

Табл.А.13. Автобус 302 –Зворотній

№ графіка	Довжина рейсу, км	АС Інгулець	пр. Південний	174 кв. (для виїзду з АТП)	Пл. Горького	173 кв. (для заїзду в АТП)	пл. Визволення
<b>ID зупинки</b>		6411	5944		5580		5552
<b>2</b>	<b>14.1</b>			4:39	4:59		5:11
<b>3</b>	<b>14.1</b>			5:13	5:31		5:43
<b>4</b>	<b>14.1</b>			5:46	6:04		6:16
<b>5</b>	<b>14.1</b>			6:18	6:36		6:48
<b>1</b>	<b>41.7</b>	6:29	7:19		7:41		7:53
<b>2</b>	<b>41.7</b>	7:02	7:52		8:14		8:26
<b>3</b>	<b>41.7</b>	7:34	8:24		8:46		8:58
<b>4</b>	<b>41.7</b>	8:07	8:57		9:19		9:31
<b>5</b>	<b>41.7</b>	8:39	9:29		9:51		10:03
<b>1</b>	<b>41.7</b>	10:09	10:59		11:21		11:33
<b>2</b>	<b>41.7</b>	10:42	11:32		11:54		12:06
<b>3</b>	<b>41.7</b>	11:14	12:04		12:26		12:38
<b>4</b>	<b>41.7</b>	11:47	12:37		12:59		13:11
<b>5</b>	<b>41.7</b>	12:19	13:09		13:31		13:43
<b>1</b>	<b>41.7</b>	13:24	14:14		14:36		14:48
<b>2</b>	<b>41.7</b>	13:57	14:47		15:09		15:21
<b>3</b>	<b>41.7</b>	14:29	15:19		15:41		15:53
<b>4</b>	<b>41.7</b>	15:05	15:55		16:17		16:29
<b>5</b>	<b>41.7</b>	15:37	16:25		16:47		16:59
<b>1</b>	<b>41.7</b>	16:42	17:32		17:54		18:06
<b>2</b>	<b>41.7</b>	17:15	18:05		18:27		18:39
<b>3</b>	<b>41.7</b>	17:47	18:37		18:59		19:11
<b>4</b>	<b>41.7</b>	18:40	19:30		19:52		20:04
<b>5</b>	<b>41.7</b>	19:00	19:47		20:09		20:21
<b>1</b>	<b>41.7</b>	20:22	21:12		21:34		21:46
<b>2</b>	<b>41.7</b>	20:55	21:45		22:07		22:19
<b>3</b>	<b>46.4</b>	21:27	22:17		22:39	22:57	
<b>5</b>	<b>46.4</b>	21:55	22:42		23:04	23:22	