Міністерство освіти і науки України
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя
(повне найменування вищого навчального закладу)
Факультет інженерії машин, споруд та технологій
(назва факультету)
Транспортних технологій та механіки
(повна назва кафедри)

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

до дипломної роботи

магістр
(освітній рівень)

на тему: **Планування і організація автобусних перевезень м Тернополя**

Виконав: студент 6 курсу, групи МНм-61

спеціальності 275 «Транспортні технології»
(шифр і назва спеціальності)

		Шевчук Ю.В.
	(підпис)	(прізвище та ініціали)
Керівник		Дзюра В.О.
	(підпис)	(прізвище та ініціали)
Нормоконтроль		Цьонь О.П.
	(підпис)	(прізвище та ініціали)
Рецензент		
	(підпис)	(прізвище та ініціали)
В.о. зав. каф.		Сташків М.Я.
	(підпис)	(прізвище та ініціали)

м. Тернопіль – 2019

Міністерство освіти і науки України
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя
(повне найменування вищого навчального закладу)

Факультет *інженерії машин, споруд та технологій*

Кафедра *Транспортних технологій та механіки*

Освітній рівень *магістр*

Напрям підготовки _____
(шифр і назва)

Спеціальність *275.03 Транспортні технології (на автомобільному транспорті)*
(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ
В.о. завідувача кафедри *Сташків М.Я.*

«__» _____ 2019 р.

З А В Д А Н Н Я
НА ДИПЛОМНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

Шевчук Юлії Вікторівні
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи *Планування і організація автобусних перевезень м Тернополя*

керівник проекту (роботи) *Дзюра Володимир Олексійович, к.т.н., доцент*
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом по університету від «__» _____ 2019 року №

2. Термін подання студентом проекту (роботи) *24 грудня 2019 р.*

3. Вихідні дані до проекту (роботи)
Транспортна мережа міста Тернополя; Обсяг утворення і обсяг поглинання пасажиропотоків

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)
Вступ. 1. Аналітична частина. 2. Розробка моделі вибору виду міського пасажирського громадського т,ранспорту;3. Розрахунок маршрутної мережі; 4 Спеціальна частина; 5. Техніко-економічне обґрунтування проекту; 6. Охорона праці і безпека в надзвичайних ситуаціях; 7 Екологія; Загальні висновки. Перелік посилань.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень, слайдів)
Схема вулично-дорожньої мережі;Епюри пасажиропотоків;
Закон розподілу Релея за видами пасажирського транспорту для міст різної величини;
Техніко-економічні і екологічні показники вибору МПТ; Аналітичні залежності;
Результати розрахунку режимів роботи автобусів за допомогою графоаналітичного методу
Матриця безпересаджуванності сполучення для маршрутної мережі

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Спеціальна частина	*Бабій М.В., доцент*		
Обгрунтування економічної			
ефективності	*Вовк Ю.Я., доцент*		
Охорона праці	*Окіпний І.Б., доцент*		
Безпека в надзвичайних			
ситуаціях	*Клепчик В.М., ст. викладач*		
Екологія	*Кравець О.І., доцент*		

7. Дата видачі завдання

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломної роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	*Аналітична частина*	*15.10.2019*	
2	*Розробка моделі вибору виду міського пасажирського*		
	громадського транспорту	*22.10.2019*	
3	*Розрахунок маршрутної мережі*	*05.11.2019*	
4	*Спеціальна частина*	*19.11.2019*	
5	*Техніко-економічне обґрунтування проекту*	*26.11.2019*	
6	*Охорона праці і безпека в надзвичайних ситуаціях*	*03.12.2019*	
7	*Екологія*	*07.12.2019*	
8	*Автореферат*	*09.12.2019*	

Студент _____ *Шевчук Ю.В.*
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник роботи _____ *Дзюра В.О.*
(підпис) (прізвище та ініціали)

ЗМІСТ

РЕФЕРАТ……5
ВСТУП……6

1 АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА

1.1. Аналіз транспортного обслуговування населення м. Тернополя……..7
1.2 Аналіз методик розподілу перевезень між видами міського пасажирського громадського транспорту…….9
1.3 Висновки та постановка задач на кваліфікаційну роботу магістра……13

2. РОЗРОБКА МОДЕЛІ ВИБОРУ ВИДУ МІСЬКОГО ПАСАЖИРСЬКОГО ГРОМАДСЬКОГО ТРАНСПОРТУ

2.1 Визначення факторів при виборі виду транспорту……15
2.2 Розробка узагальненої функції вибору виду міського пасажирського транспорту ……17

3. РОЗРАХУНОК МАРШРУТНОЇ МЕРЕЖІ

3.1 Розрахунок матриці найкоротших відстаней……..20
3.2. Розрахунок матриці міжрайонних кореспонденцій……..23
3.3. Розрахунок мінімально можливої транспортної роботи……..30
3.4. Побудова епюри пасажиропотоків на транспортній мережі……31
3.5. Формування маршрутної мережі…….35
3.6. Побудова епюр пасажиропотоків на сформованих маршрутах і розрахунок коефіцієнтів ефективності……39
3.7. Розрахунок режимів роботи автобусів на маршруті……..55

4 СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА. СУЧАСНІ ТЕХНОЛОГІЇ НА ТРАНСПОРТІ

4.1 Сучасні інформаційні технології на громадському пасажирському транспорті…….65
4.2 Безпека при використанні інформаційних технологій…….68

5. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ПРОЕКТУ

5.1 Маршрути руху при перевезеннях пасажирів…….69
5.2 Основні техніко-експлуатаційні показники автобусних перевезень…….72
5.3. Вибір рухомого складу……..77

6. ОХОРОНА ПРАЦІ І БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

6.1 Вимоги безпеки при експлуатації транспортних засобів……..82
6.2 Транспортні аварії і катастрофи. Наслідки і профілактика……..87

7 ЕКОЛОГІЯ

7.1 Основні напрями і форми впливу доріг на навколишнє середовище…….92
7.2 Шумовий вплив транспорту…….95
7.3 Заходи зі зниження негативного екологічного впливу при проектуванні та експлуатації транспортного комплексу……..101

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ ДО ДИПЛОМНОЇ РОБОТИ…….105
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ……107

РЕФЕРАТ

В дипломній роботі проведено планування і організація автобусних перевезень м. Тернополя. Розраховано кількість пасажирів, які переміщуються між транспортними районами міста за допомогою гравітаційної моделі розподілу пасажиропотоків.

Об’єкт, методи та джерела дослідження: транспортна мережа міста Тернополя.

Наукова новизна отриманих результатів:

– проведено визначення факторів при виборі виду транспорту та розробку узагальненої функції вибору виду міського пасажирського транспорту;

– проведено аналіз транспортної мережі міста Тернополя з обґрунтуванням виду міського пасажирського громадського транспорту.

Практичне значення отриманих результатів:

– результати роботи можуть бути використані при визначенні оптимального виду громадського пасажирського транспорту для середніх за розміром міст;

– розроблена схема транспортного забезпечення м. Тернополя може бути впроваджена за умови незначного доопрацювання.

Для формування маршрутної транспортної мережі міста і прокладання маршрутів було визначено найкоротші відстані між транспортними районами за допомогою методів потенціалів.

Розраховано кількість пасажирів, які переміщуються між транспортними районами міста за допомогою гравітаційної моделі розподілу пасажиропотоків. Необхідний результат розрахунків, при якому розрахункова ємкість транспортного району не повинна перевищувати 5% заданого значення ємкості, був отриманий при здійсненні другої ітерації. Кількість переміщуваних пасажирів представлена у вигляді таблиці – матриці міжрайонних кореспонденцій.

Ключові слова: транспорт, пасажриські перевезення, процес, параметр, обґрунтування, мережа.

ВСТУП

Транспортна галузь є невід’ємною частиною економіки країни, що сполучає та приводить у взаємодію всі інші сектори економіки, забезпечуючи життєдіяльність всієї держави. Життя сучасного міста неможливе без розвиненої системи міського транспорту, рівень розвитку й ефективність роботи якої багато в чому визначає умови життя людей і впливає на ефективність їхньої роботи на основному виробництві.

Пасажирський транспорт є найважливішим елементом сфери обслуговування населення, без якого неможливо нормальне функціонування суспільства. Він призначений задовольняти потреби населення в пересуваннях, викликані виробничими відносинами, потребою людини у відпочинку. У порівнянні з іншими видами міського транспорту, для організації автобусних перевезень потрібні відносно невеликі капітальні затрати та мінімальні підготовчі заходи.

Транспорт – одна з найважливіших галузей матеріального виробництва, яка забезпечує виробничі і невиробничі потреби господарства і населення країни в усіх видах перевезення. Без транспорту не було б територіального поділу праці. Тільки він може забезпечити обмін товарами між окремими територіями, тобто внутрішні і зовнішні економічні зв'язки.
За призначенням розрізняють транспорт загального користування, внутрішньовиробничий, особистого користування та спеціальний. Транспорт загального користування перевозить пасажирів, готову продукцію, сировину та напівфабрикати з місць виробництва до пунктів споживання або дальшого перероблення. Внутрішньовиробничий транспорт є складовою частиною промислового транспорту (заводського, виробничого, портового).

1 АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА

1.1. Аналіз транспортного обслуговування населення м. Тернополя

Міський пасажирський транспорт є одним із найважливіших елементів транспортної інфраструктури сучасного міста. Навіть незначні відхилення від нормального його функціонування призводять до наслідків, які відчуває населення. Він призначений для переміщення населення між центрами транспортного тяжіння, до яких відносяться такі структури як: підприємства, організації всіх форм власності, культурні, спортивні, побутові та інші установи. Частка міського пасажирського транспорту складає до 70% від загального обсягу перевезених пасажирів в Україні. Для здійснення перевезень залучається значний парк транспортних засобів, зокрема неземних. Транспортна система міста повинна забезпечувати безперебійне, безпечне і своєчасне переміщення людей і вантажів. У зв'язку з постійно змінними соціально-економічними умовами необхідно здійснювати моніторинг транспортного обслуговування населення міським пасажирським транспортом, рівня автомобілізації населення, розвитку вулично-дорожньої мережі (ВДМ) з метою підвищення якості міських пасажирських перевезень.

Автобуси – найбільш поширений вид міського громадського транспорту. В залежності від призначення автобусні лінії поділяють на два основних види:

– основні, це ті які забезпечують безпосередній транспортний звязок між окремими районами міста;

– допоміжні, ті які забезпечують доставку пасажирів до зупиночних основних посадочних пунктів.

Автобуси поділяють по пасажиропотужності і розмірах на наступні категорії:

– особливо малі довжиною до 5,5 м (10-12 місць);

– малі довжиною до 7,5 м (35-45 місць);

– середньої місткості довжиною до 9,5 м (60-65 місць);

– великої місткості довжиною до 11 м (80-90 місць);

– особливо великої місткості (150-180 місць).

Повздовжній нахил на автобусній лінії не повинен перевищувати 0,08. Автобусний транспорт володіє високою стелінню маневреності, а густина автобусної мережі доходить м містах до 2-3 мк/мк^2. Це при наявності великої кількості категорій автобусів створює значні зручності для населення при різному завантаженні окремих ліній.

В містах знаселенням до 100 тис. чол.. автобуси є, як правило, єдиним видом громадського пасажирського транспорту. В умовах масової житлової забудови при забудові нових і значних територій міста автобусний транспорт зручно використовувати в якості транспорту, коли пасажиропотоки ще не досягли такої потужності при якій доцільно використовувати інші види міського пасажирського транспорту.

Тролейбуси по своїх техніко-економічних характеристиках (швидкості, місткості і собівартості перевезення пасажирів) не сильно відрізняються від автобусів, однак при їх русі виникає потреба у тягових підстанціях і тролейбусній мережі (двохпровідної мережі), що робить не таким гнучким видом транспорту як автобуси. Такожпри проектуванні тролейбусних ліній необхідно прагнути скоротити до мінімуму кількість перетинів ліній тролейбусної мережі. Місткість тролейбусів становить зазвичай 100-180 пасажирів. Повздовжній нахил тройлебусних ліній не повинен перевищувати 0,06. По маневреності тролейбуси поступаються автобусам. Перевізна здатність тролейбусних ліній може сягати до 8,5 тисяч пасажирів в годину одному напрямку. Значною перевагою тролейбусного транспорту є відсутність забруднення міста вихлопними газами, що особливо актуально в останні роки. Густина тролейбусних ліній зазвичай менша наж автобусних і може досягати показника 1,5 км/км^2. Область застосування тролейбусного транспорту – в соновному внутрішньоміскі мережі середньої завантаженості. В середніх містах тролейбусних транспорт може бути основним видом транспорту, а у середніх і великих містах – допоміжним.

Тролейбусний транспорт вимагає більших капітальних вкладень ніж автобусний, тому мережа тролейбусних ліній характеризується меншою густиною ніж автобусних.

1.2 Аналіз методик розподілу перевезень між видами міського пасажирського громадського транспорту

Визначення необхідної номенклатури видів транспорту, що задовольняє перспективний попит на переміщення, в даний час проводиться, як правило, на основі методики професора Д. С. Самойлова. Суть цієї методики полягає у розподіл роботи міського громадського пасажирського транспорту по групах місткості рухомого складу з врахуванням кількості пасажирів або населення міста.

Ці дослідження показали, що групі міст по їх кількості населення відповідають певні розміри пасажиропотоків на мережі, яким в свою чергу повинна відповідати перевізна здатність пасажирського міського громадського транспорту. Оскільки перевізна здатність прямо пропорційна місткості рухомого складу, можна побудувати рекомендовані ряди місткості (на основі перспективного типажу транспортних одиниць), що відповідають потребам різних по кількості населення міст.

Закономірності розподілу пасажиропотоків за маршрутами можуть бути використані для встановлення місткості рухомого складу (автобуси, тролейбуси), який буде працювати на маршрутах з необхідними інтервалами руху і з заданим коефіцієнтом наповнення. Для вирішення поставленого завдання необхідно визначити завантаженість пасажиропотоку, тобто роботу, що припадає на 1 км. Розподіл перевезень в залежності від завантаженості пасажиропотоку по своїй характеристиці найближче відповідає закону розподілу Релея, або закону ексцентриситету, який в загальному вигляді виглядає наступним чином:

$$f\left(\sigma_{ср}\right)=\frac{\sigma^2}{2\sigma_{ср}^2}e^{\left(\frac{\sigma^2}{\sigma_{ср}^2}\right)}.$$

де $\sigma_{ср}$ - середня добова завантаженість пасажиропотоку на маршрутах, тис. пас. км/км;

σ - добова завантаженість пасажиропотоку на заданому маршруті, тис. пас. - км/км.

Тоді по відомих середніх значеннях напруженості пасажиропотоку для кожної групи міст (мале, середнє, велике) можна побудувати криві розподілу перевезень, приклад яких зображений на рис. 1.1.

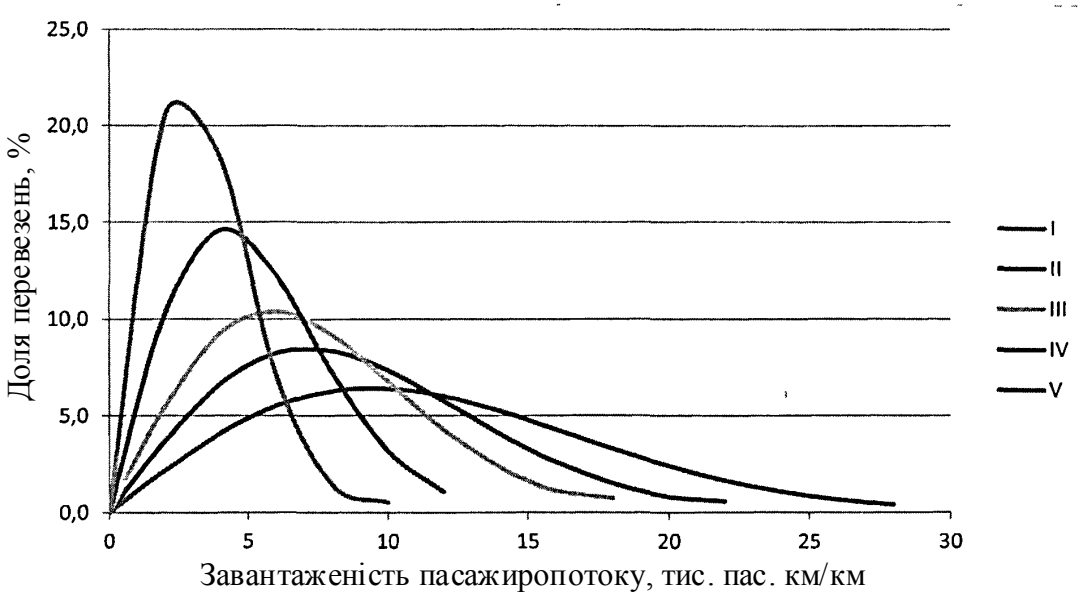


Рисунок 1.1 – Закон розподілу Релея за видами пасажирського транспорту для міст різної величини

На рисунку 1.2 зображений загальний вигляд розподілу Релея. Якщо на всіх маршрутах будуть однакові умови перевезень пасажирів, тобто інтервали руху і коефіцієнти наповнення рухомого складу будуть одинакові, то середня завантаженість пасажиропотоку для даної групи міст повинна відповідати середньої місткості рухомого складу. Якщо відома середня місткість, то можна визначити весь ряд місткості рухомого складу.

Таблиця 1.1 - Класифікація міст, використовувана Д. С. Самойловим

Групи міст	Чисельність населення по групах міст, тис. чол.
I	1000-2000
II	500-1000
III	250-500
IV	100-250
V	50-100

Взявши за основу містобудівну класифікацію міст проф. Д.С. Самойлов запропонував варіанти систем міського пасажирського транспорту і розрахував долю, що припадає на кожен вид цього транспорту. У розробленій ним таблиці дано розподіл перевезень для міст з мінімальною, середньою і максимальною чисельністю населення в кожній групі. Для будь-якого міста розподіл перевезень між видами транспорту і типами рухомого складу визначають методом інтерполяції.

До недоліків запропонованої системи слід віднести також:

1) Відсутність групи міст з чисельністю понад 2 млн. жителів (Для України це шість міст).

2) Відсутність сучасних видів транспорту, таких, як легкорейковий транспорт і приміський залізничний транспорт, які успішно функціонують у багатьох Європейських містах.

3) При розрахунку варіантів транспортних систем єдиним показником, об'єднуючим міста в групи є чисельність населення міста.

Методика вибору виду моделі міського пасажирського транспорту за собівартістю перевезень.

При виборі видів транспорту на окремому напрямку між двома пунктами при побудові транспортної системи міста визначають найбільш економічні види транспорту по собівартості перевезення шляхом порівняння. При цьому враховують витрати по капіталовкладеннях на будівництво і придбання рухомого складу. Також визначають області раціонального застосування видів транспорту, встановлюються межі, в інтервалах яких даний вид транспорту має найкращі економічні показники.

Техніко-економічні порівняння проводяться за формулою:

$$S_{пр} = (E + K \cdot \eta) / A \cdot l_{ср} \cdot 100 . \quad (1.1)$$

де $S_{пр}$ - наведені будівельно-експлуатаційні витрати,

E - річні експлуатаційні витрати;

K - капіталовкладення на будівництво і придбання транспортних засобів,

η - нормативний коефіцієнт ефективності капіталовкладень,

$l_{ср}$ - річна робота транспорту.

Області раціонального застосування різних типів рухомого складу і видів транспорту визначаються за порівнянням будівельно-експлуатаційних витрат. Інші фактори, в тому числі і витрати часу пасажирами на пересування і використання міської території не враховують. Існують два методи встановлення областей раціонального застосування видів транспорту: аналітичний і графо-аналітичний. За першим методом (аналітичний) області раціонального застосування двох порівнюваних видів транспорту визначають по граничному розміру пасажиропотоку, при якому наведені будівельно-експлуатаційні витрати будуть однаковими:

$$S_{пр1} = S_{пр2} . \quad (1.2)$$

На наступному етапі визначають величину середньої добової завантаженості пасажиропотоку, при якій наведені витрати будуть однаковими.

Цей метод дозволяє порівняти види транспорту однакової місткості.

Сутність графо-аналітичного методу полягає в тому, що при різних значеннях пасажиропотоків для кожного виду транспорту і типу рухомого складу визначають наведені будівельно-експлуатаційні витрати. Потім будують графіки зміни наведених будівельно-експлуатаційних витрат в залежності від розміру пасажиропотоку за кожним видом транспорту і визначають перетин графіків. Ця точка і визначає граничні межі пасажиропотоків або області їх раціонального використання.

Методика вибору виду внутрішньоміського пасажирського транспорту з визначенням економічних і якісних факторів.

Економічними факторами, що враховуються при порівнянні та оцінці варіантів вирішення транспортної системи, є капітальні та експлуатаційні витрати.

До якісні факторів, що враховуються при оцінці прийнятого вирішення транспортної системи відносять: час, що витрачається пасажирами на пересування, наповнення рухомого складу, коефіцієнт пересадочних, рівень створюваного транспортом шуму; ступінь забруднення повітряного басейну відпрацьованими газами автомобільного транспорту та ін.

Оцінка якісного рівня транспортного обслуговування міського населення проводиться для міста, для якого були розроблені варіанти транспортних систем на перспективу і проведені розрахунки економічних показників, і оцінюється в балах.

В результаті аналізу всіх показників за варіантами приймається кращий (менший за приведеними витратами або балами) за 100%.

1.3 Висновки та постановка задач на кваліфікаційну роботу магістра

У першому розділі кваліфікаційної роботи магістра розглянуті основні техніко-економічні характеристики і раціональні сфери застосування, різних видів моделей функціонування міського громадського пасажирського транспорту, проведено аналіз методик за вибором виду міського громадського пасажирського транспорту.

Основними питаннями, що виникають при вирішенні транспортної проблеми міста на перспективу, є:

• визначення частки кожного виду міського транспорту.

• проблеми вибору і координації роботи окремих видів міського транспорту для отримання оптимального і разом з тим комплексного вирішення транспортної проблеми міста.

Як правило, варіанти системи міського громадського пасажирського транспорту для порівняння і розподілу перевезень між видами транспорту в даний час вибирають без достатніх обґрунтувань. В результаті цього обраний

варіант не може вважатися оптимальним за техніко-економічними показниками, оскільки в порівнюваних варіантах мають місце неоднакові умови обслуговування населення. Метод вибору оптимального варіанта системи міського громадського пасажирського транспорту базується на закономірностях розподілу перевезень за маршрутами передбачає рівні умови обслуговування населення і виключає нерівнозначність порівнюваних варіантів за часом, що витрачається пасажирами на пересування.

2. РОЗРОБКА МОДЕЛІ ВИБОРУ ВИДУ МІСЬКОГО ПАСАЖИРСЬКОГО ГРОМАДСЬКОГО ТРАНСПОРТУ

2.1 Визначення факторів при виборі виду транспорту

Фактори, що впливають на вибір виду транспорту, класифікують за наступними ознаками на такі групи:

– техніко-економічні;

– санітарно-гігієнічні;

– архітектурно-планувальні;

– місцеві умови.

1. Вибір виду транспорту в першу чергу здійснюють за приведеними витратами, які визначають за формулою (грн. / пас.-км):

$$C = T + K \cdot A_t / M \,, \tag{2.1}$$

де E – експлуатаційні витрати, які залежать від виду і типу рухомого складу;

K – капіталовкладення в будівництво і рухомий склад;

A_t – коефіцієнт приведення, який визначається з залежності

$$A_t = \frac{1}{(1+E_\partial)T} \,. \tag{2.2}$$

де E_∂ – норма дисконту;

T – розрахунковий період.

Транспорт - один з найважливіших компонентів суспільного і економічного розвитку, який поглинає значну кількість ресурсів і робить серйозний вплив на навколишнє середовище. при всій важливості транспортного комплексу як невід'ємного елементу економіки необхідно враховувати його значний негативний вплив на природні екологічні системи.

Захист довкілля від негативного впливу міського транспорту може бути пасивним і активним. У першому випадку це заходи, які здійснюються для захисту об'єктів впливу шляхом використання шумозахисних екранів, захисних

посадок дерев, заміна автобусів на маршрутах м. Тернополя на місткіші тролейбуси та інше.

В другому випадку це заходи, що дозволяють зменшити кількісну характеристику впливу шляхом істотних змін, що відносяться безпосередньо до джерела забруднення. Однак

найбільш ефективне рішення - заміна джерела впливу, реалізація принципу пріоритетності розвитку видів транспорту, тобто при виборі міського транспорту в рамках транспортно-містобудівного проектування та оцінки якості функціонування систем міського пасажирського транспорту слід враховувати екологічні характеристики окремих видів.

3. Час, що витрачається на поїздку

Для жителів міста, час витрачений на поїздки на роботу має велике значення. Особливо актуальною є ця проблема для нашого міста, оскільки її вулично-дорожня мережа не розрахована на таку велику кількість транспортних засобів, особливо індивідуальних як зараз.

Для Тернополя, як невеликого міста, середній час добирання на роботу перевищує 30 хв, а це граничний показник для міст такого розміру. Це вказує на значні транспортні проблеми нашого міста, які нагально повинні бути вирішені.

При побудові та розвитку транспортної системи в будь-якому місті треба прагнути до того, щоб для більшості населення витрати часу на поїздку до місця роботи і назад на громадському транспорті були б не вище, ніж на особистому автомобілі.

Таким чином, необхідно враховувати значимість кожного фактора при порівнянні та виборі виду транспорту. Багатокритеріальні порівняння забезпечують баланс інтересів різних груп користувачів транспортної системи між собою, можливість вільного пересування незалежно від мети поїздки, часу доби і напрямки з урахуванням раціонального використання території міста.

2.2 Розробка узагальненої функції вибору виду міського пасажирського транспорту

Для розв'язання багатокритеріальних задач використовуються різні методи побудови узагальненого показника, одним з яких є узагальнена функція бажаності Є.К. Харрінгтона:

$$F = \sqrt[n]{k_1 \cdot k_2 \cdot \ldots \cdot k_n}\ , \tag{2.3}$$

де F - узагальнена функція Є.К. Харрінгтона,

k_1, k_2, k_n – коефіцієнти.

Замість простого порівняння параметри систем перераховуються в числові значення (коефіцієнти).

При перерахунку конкретних параметрів в абстрактні числові значення за основу береться логістична функція Є.К. Харрінгтона. Її формула визначає функцію з двома ділянками насичення (в $d \to 0$ і $d \to 1$) і лінійною ділянкою (від $d = 0{,}2$ до $d = 0{,}63$).

$$Y = e^{-e}\ , \tag{2.4}$$

Вісь координат X називається шкалою окремих показників. Вісь Y – шкалою бажаності

Проміжок ефективних значень на шкалі приватних показників - [-2; +5]. При цьому якщо «найкращому» з усіх значень даного параметра «привласнити» позначку «+5», а «найгіршого» - «-2 », то всі інші розташуються між ними, утворюючи необхідну послідовність значень в масштабі (рисунок 2.1).

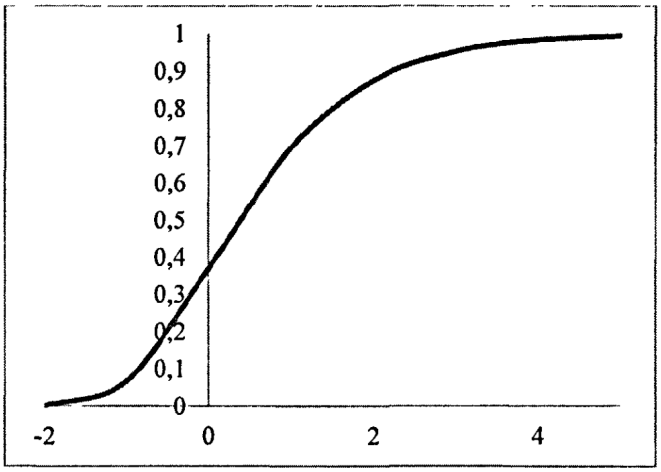


Рисунок 2.1 - Логістична функція значимості Є.К. Харрінгтона

Конкретні параметри розподіляються в масштабі, відповідному пропонованим до них вимогам, на проміжку ефективних значень шкали приватних показників. Потім відповідні їм показники перераховуються в коефіцієнти. Перетворюючи їх в окремі показники, виходять коефіцієнти для даного параметра порівняння.

Приватні коефіцієнти, перелічені в узагальнені коефіцієнти, дозволяють з досить високою точністю судити про їх переваги та недоліки. Можна також оцінювати перспективи модернізації та подальшого розвитку видів транспорту.

Тобто при виборі виду міського пасажирського транспорту необхідно в сукупності враховувати інтереси пасажира, суспільства, витрати на поїздку.

$$F = f(C,t,S_0 ,B,D,V,E) \tag{2.5}$$

де F - узагальнена функція вибору;

C - наведені витрати, грн./пасс.км;

t - час, що витрачається на 1 поїздку, год;

S_0 - площа, яка припадає на 1 пасажира, м^2;

B - рівень шуму, дБ;

D - забруднення атмосферного повітря, %;

V- рівень вібрації, дБ;

E - електромагнітне випромінювання, мкТл.

$$F \Rightarrow max \tag{2.6}$$

При порівнянні різних видів транспорту (до порівняння приймаються тільки види транспорту з близьким значенням місткості рухомого складу) найбільш раціональним є той, у якого значення узагальненої функції є максимальним. При наявності експлуатаційних даних про значення вібрації, електромагнітного випромінювання видів транспорту ці показники також необхідно враховувати при порівнянні та виборі виду транспорту.

Таблица 2.1 –Техніко-економічні і екологічні показники

Параметр для порівняння	Автобус великої місткості	Тролейбус великої місткості
Приведені витрати, грн./пас.км	0,178	0,220
Час затрачений на поїздку 1 км, год.	0,15	0,19
Площа, яка припадає на 1 пасажира, $м^2$	0,75	0,75
Забруднення атмосферного повітря, %	0,3	0
Рівень шуму, дБ	85	76

Таблиця 2.2 – Значення перелічених коефіцієнтів

Коефіцієнт	Автобус	Тролейбус
k_c	0,993285	0,98147
K_t	0,010816	0,000618
K_s	0,000618	0,000618
K_D	0,000618	0,993285
K_E	0,000618	0,895115
Значення функції	0,004795	0,050648

При комплексній оцінці конкуруючих видів транспорту виходить наступний рейтинговий ряд: тролейбус, автобус.

Тобто при задоволенні архітектурно-планувальних та місцевих умов з порівнюваних видів транспорту в транспортній системі міста Тернополя краще використовувати тролейбус, оскільки мережа тролейбусних ліній досить розвинута і такий вид транспорту не потребуватиме великих капітальних вкладень.

3. РОЗРАХУНОК МАРШРУТНОЇ МЕРЕЖІ

3.1 Розрахунок матриці найкоротших відстаней

При формуванні маршрутної транспортної мережі міста однією із задач, яку необхідно вирішити, є прокладання маршрутів. Маршрути повинні прокладатися по найкоротших відстанях між транспортними районами.

При виконанні розрахунково-графічної роботи найкоротші відстані розраховуємо за допомогою методів потенціалів. Розрахунок проводимо для вершини №1. Присвоюємо даній вершині потенціал 0. Потенціали вершин, які межують з даною вершиною, розраховуються за формулою:

$$V_{ij} = V_i + l_{ij}, \tag{3.1}$$

де V_{ij} – потенціал вершини j, що визначається відносно вершини i;

V_i – потенціал, присвоєний вершині i;

l_{ij} – відстань між вершинами i та j.

Серед розрахованих потенціалів обираємо той, який має найменше значення. Даний потенціал присвоюємо відповідній вершині, а ланку на графі позначаємо стрілкою. Таким же чином розраховуємо потенціали вершин, які є сусідніми для обраної.

$$V_6 = 0_1 + 1{,}6 = 1{,}6$$

$$V_2 = 1{,}6_6 + 1{,}5 = 3{,}1$$

$$V_3 = 3{,}1_2 + 1{,}9 = 5$$

Аналогічно проводимо розрахунки потенціалів для інших вершин. Результати розрахунків найкоротших відстаней для вершини №1 представлені на рисунку 1.1. Аналогічно проводяться розрахунки для інших вершин і результати заносяться до таблиці 3.1.

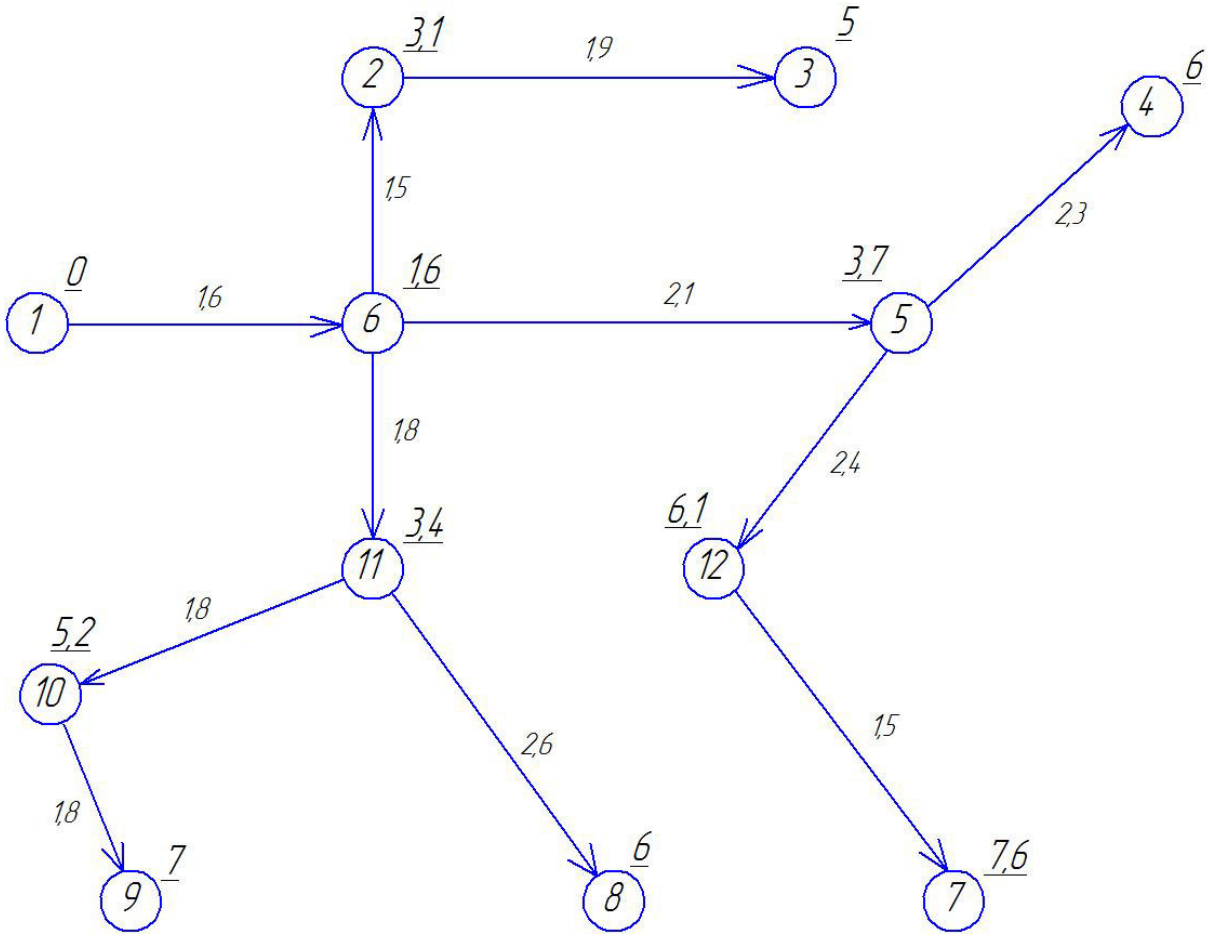


Рисунок 3.1 – Орієнтований граф транспортної мережі для вершини №1

Таблиця 3.1 – Розширена матриця найкоротших відстаней

№T	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	-	3,1	5	6	3,7	1,6	7,6	6	7	5,2
		1-6-2	1-6-2-3	1-6-5-4	1-6-5	1-6	1-5-12-7	1-6-11-8	1-6-11-10-9	1-6-11-10
2	3,1	-	1,9	3,9	3,6	1,5	7,5	5,9	6,9	5,1
	2-6-1		2-3	2-3-4	2-6-5	2-6	2-6-5-12-7	2-6-11-8	2-6-11-10-9	2-6-11-10
3	5	1,9	-	2	4,3	3,4	8,2	7,8	8,8	7
	3-2-6-1	3-2		3-4	3-4-5	3-2-6	3-4-5-12-7	3-2-6-11-8	3-2-6-11-10-9	3-2-6-11-10
4	6	3,9	2	-	2,3	4,4	6,2	8,8	9,8	8
	4-5-6-1	4-3-2	4-3		4-5	4-5-6	4-5-12-7	4-5-6-11-8	4-5-6-11-10-9	4-5-6-11-10
5	3,7	3,6	4,3	2,3	-	2,1	3,6	6,5	7,5	5,7
	5-6-1	5-6-2	5-4-3	5-4		5-6	5-12-7	5-6-11-8	5-6-11-10-9	5-6-11-10
6	1,6	1,5	3,4	4,4	2,1	-	6	4,4	5,4	3,6
	6-1	6-2	6-2-3	6-5-4	6-5		6-5-12-7	6-11-8	6-11-10-9	6-11-10
7	7,6	7,5	8,2	6,2	3,6	6	-	3,1	6,6	7,5
	7-12-5-6-1	7-12-5-6-2	7-12-5-4-3	7-12-5-4	7-12-5	7-12-5-6		7-8	7-8-9	7-8-11-10
8	6	5,9	7,8	8,8	6,5	4,4	3,1	-	3,5	4,4
	8-11-6-1	8-11-6-2	8-11-6-2-3	8-11-6-5-4	8-11-6-5	8-11-6	8-7		8-9	8-11-10
9	7	6,7	8,8	9,8	7,5	5,4	6,6	3,5	-	1,8
	9-10-11-6-1	9-10-11-6-2	9-10-11-6-2-3	9-10-11-6-5-4	9-10-11-6-5	9-10-11-6	9-8-7	9-8		9-10
10	5,2	5,1	7	8	5,7	3,6	7,5	4,4	1,8	-
	10-11-6-1	10-11-6-2	10-11-6-2-3	10-11-6-5-4	10-11-6-5	10-11-6	10-11-8-7	10-11-8	10-9	

3.2. Розрахунок матриці міжрайонних кореспонденцій

Розрахунково-аналітичні моделі дослідження пасажиропотоків дають змогу отримувати і оцінювати інформацію щодо кількісного та якісного складу міжрайонних кореспонденцій. Найбільш адаптованою для більшості типів транспортних мереж є гравітаційна модель розподілу пасажиропотоків, в основу якої закладена гіпотеза про те, що міжрайонні кореспонденції є деякою функцією від ємкості транспортних районів по відправленню і прибуттю та відстаней між ними:

$$H_{ij} = HO_i, HP_j, c_{ij}, \tag{3.2}$$

де HO_i – ємність і-го району по відправленню, тис чол.; HP_j – ємність j-го району по прибуттю, тис. чол.; c_{ij} – трудність сполучення пасажирів між транспортними районами.

Дана модель розраховується за формулою:

$$H_{ij} = HO_i \cdot \frac{HP_j \cdot c_{ij} \cdot k_j}{\sum_{j=1}^{n} HP_j \cdot c_{ij} \cdot k_j}, \tag{3.3}$$

де n – кількість транспортних районів; k_j – коефіцієнт балансування.

Трудність сполучення пасажирів між транспортними районами c_{ij} розраховується за залежністю:

$$c_{ij} = \begin{cases} c_{піш}, & якщо i = j \\ l_{ij}^{-1}, & якщо i \neq j \end{cases}, \tag{3.4}$$

де i, j – номери транспортних районів; $c_{піш}$ – коефіцієнт тяжіння до внутрішньо районних пішохідних кореспонденцій , у розрахунках $c_{піш}$ прийняти за залежністю:

$$c_{піш} = 0{,}01 + 0{,}01 \cdot N_{ост}, \tag{3.5}$$

де $N_{ост}$ - остання цифра залікової книжки, $N_{ост} = 9$

$$C_{піш} = 0{,}01 + 0{,}01 \cdot 9 = 0{,}1$$

$$C_{11} = 0{,}1$$

$$C_{12} = \frac{1}{3{,}1} = 0{,}323$$

$$C_{21} = \frac{1}{3{,}1} = 0{,}323$$

Аналогічно розраховуємо інші значення c_{ij} і результати розрахунків заносимо до таблиці 3.2.

Таблиця 3.2 – Трудність сполучення пасажирів між транспортними районами c_{ij}

№ ТР	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	0,1	0,323	0,2	0,167	0,27	0,625	0,132	0,167	0,143	0,192
2	0,323	0,1	0,526	0,256	0,278	0,667	0,133	0,169	0,145	0,196
3	0,2	0,526	0,1	0,5	0,233	0,294	0,122	0,128	0,114	0,143
4	0,167	0,256	0,5	0,1	0,435	0,227	0,161	0,114	0,102	0,125
5	0,27	0,278	0,233	0,435	0,1	0,476	0,256	0,154	0,133	0,175
6	0,625	0,667	0,294	0,227	0,476	0,1	0,167	0,227	0,185	0,278
7	0,132	0,133	0,122	0,161	0,256	0,167	0,1	0,323	0,152	0,133
8	0,167	0,169	0,128	0,114	0,154	0,227	0,323	0,1	0,286	0,227
9	0,143	0,145	0,114	0,102	0,133	0,185	0,152	0,286	0,1	0,556
10	0,192	0,196	0,143	0,125	0,175	0,278	0,133	0,227	0,556	0,1

Розрахунок матриці кореспонденцій здійснюється в декілька ітерацій. На першій ітерації розрахунку матриці значення коефіцієнта балансування приймається $k_j^p = 1$. Для спрощення розрахунків вводимо позначення проміжної матриці $D^p{}_{ij}$ на *p*-ій ітерації, елементи якої розраховуються за залежністю:

$$D^p{}_{ij} = HP_j \cdot c_{ij} \cdot k_j^p, \tag{3.6}$$

$$D^1{}_{11} = 1600 \cdot 0{,}1 \cdot 1 = 160 nac$$

$$D^1{}_{12} = 2100 \cdot 0{,}323 \cdot 1 = 678\ nac$$

$$D^1{}_{21} = 1600 \cdot 0{,}323 \cdot 1 = 517 nac$$

Аналогічно розраховуємо інші значення D^1_{ij} і результати розрахунків заносимо до таблиці 3.3.

Таблиця 3.3 – Проміжна матриця D^1_{ij}

№ ТР	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	160	678	280	317	432	688	158	284	215	365
2	517	210	736	486	445	734	160	387	218	372
3	320	1105	140	950	373	323	146	218	171	272
4	267	538	700	190	696	250	193	194	153	238
5	432	584	326	827	160	524	307	262	200	333
6	1000	1401	412	431	762	110	200	386	278	528
7	211	279	171	306	410	184	120	549	228	253
8	267	355	179	217	246	250	388	170	429	431
9	229	305	160	194	213	204	182	486	150	1056
10	307	412	200	238	280	306	160	386	834	190

З урахуванням введення позначення проміжної матриці D^p_{ij} залежність (3.6) прийме наступний вигляд:

$$H^p_{ij} = HO_i \cdot \frac{D^p_{ij}}{\sum_{j=1}^{n} D^p_{ij}} \tag{3.7}$$

$$H^1_{11} = 1500 \cdot \frac{160}{3577} = 67\ nac$$

$$H^1_{12} = 1500 \cdot \frac{678}{3577} = 284 nac$$

$$H^1_{21} = 1800 \cdot \frac{517}{4165} = 223 nac$$

Аналогічно розраховуємо інші значення H^1_{ij} і результати розрахунків заносимо до таблиці 3.5.

Таблиця 3.4 – Матриця міжрайонних кореспонденцій H^l_{ij}

№ ТР	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	67	284	117	133	181	289	66	119	90	153
2	223	91	318	210	192	317	69	124	94	161
3	72	248	31	213	84	72	33	49	38	61
4	133	268	348	94	346	124	96	96	76	118
5	153	207	115	293	57	185	109	93	71	118
6	327	458	135	141	249	36	65	126	91	173
7	117	154	95	169	227	102	66	304	126	140
8	164	218	110	133	151	153	238	104	263	265
9	144	192	101	122	134	128	115	306	94	664
10	148	199	97	115	135	148	77	186	403	92

Результати отриманих розрахунків ММК повинні задовольняти наступні умови:

$$\sum_{j=1}^{n} HO_i = \sum_{j=1}^{n} HP_j, \tag{3.8}$$

$$HO_i = \sum_{j=1}^{n} H_{ij}, \tag{3.9}$$

$$HP_j = \sum_{j=1}^{n} H_{ij}, \tag{3.10}$$

$$\sum_{i=1}^{n} HO_i = 16000 \; nac$$

$$\sum_{j=1}^{n} HP_j = 16000 \; nac$$

Результати порівнянь по умовах 3.9, 3.10 представлені в таблицях 3.6 і 3.7.

Таблиця 3.5 – Результати порівнянь значень HO_i

№ТР	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
HO_i	1500	1800	900	1700	1400	1800	1500	1800	2000	1600
HO^1_i	1548	1799	901	1699	1401	1801	1500	1799	2000	1600

Таблиця 3.6 – Результати порівнянь значень HP_i

№ТР	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
HP_i	1600	2100	1400	1900	1600	1100	1200	1700	1500	1900
HP^1_i	1548	2319	1467	1623	1756	1554	934	1507	1346	1945

Проаналізовані результати розрахунків H^1_{ij} показали, що умова 3.10 не виконується. Тому оцінюємо величину відхилення між вихідною величиною ємкостей районів по прибуттю HP_j та ємкостей, отриманих у результаті розподілу кореспонденцій за гравітаційною моделлю $HP^{розр}_{ij} = \sum_{i=1}^{n} HP^{p}_{ij}$ (величина відхилення не повинна перевищувати 5%. Відхилення розраховується за формулою:

$$\Delta_j = \frac{\left| HP_j^{розр} - HP_j \right|}{HP_j} \cdot 100\% < 5\% \qquad (3.11)$$

$$\Delta_1 = \frac{\left| 1548 - 1600 \right|}{1600} \cdot 100\% = 3{,}3\%$$

Аналогічно розраховуємо інші значення Δ_j і результати розрахунків заносимо до таблиці 3.7.

Таблиця 3.7 – Відхилення між вихідної величини ємкостей районів по прибуттю HP_j і розрахунковими значеннями HP_j

№ТР	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Δ_j	3,3	10,4	4,8	14,6	9,8	41,3	22,2	11,4	10,3	2,4

Так як для більшості транспортних районів не виконується умова 3.11 виконуємо розрахунок коефіцієнтів балансування k^2_j за залежністю:

$$k_j^p = \frac{HP_j}{HP_j^{розр}} \qquad (3.12)$$

$$k_j^p = \frac{1600}{1548} = 1{,}034$$

Аналогічно розраховуємо інші значення k^2_j і результати розрахунків заносимо до таблиці 3.8.

Таблиця 3.8 – Коефіцієнти балансування k^2_j

№ТР	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
k^2_j	1,034	0,906	0,954	1,171	0,911	0,708	1,285	1,128	1,114	0,977

Після розрахунку коефіцієнтів балансування аналогічно першій ітерації проводимо розрахунки елементів проміжної матриці D^2_{ij} за залежністю 3.6 і елементів матриці міжрайонних кореспонденцій H^2_{ij} за залежністю 3.7. Результати розрахунків заносимо до таблиць 3.9 і 3.10.

Таблиця 3.9 – Проміжна матриця D^2_{ij}

№ ТР	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	165	614	267	371	394	487	203	320	240	357
2	535	190	702	569	405	520	206	324	243	363
3	331	1001	134	1112	340	229	188	246	190	266
4	276	487	668	222	634	177	248	219	170	233
5	447	529	311	968	146	371	394	296	223	325
6	1034	1269	393	505	694	78	257	435	310	516
7	218	253	163	358	374	130	154	619	254	247
8	276	322	171	254	224	177	498	192	478	421
9	237	276	153	227	194	144	234	548	167	1032
10	317	373	191	279	255	217	206	435	929	186

Таблиця 3.10 – Матриця міжрайонних кореспонденцій H^2_{ij}

№ ТР	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	72	269	117	163	173	214	89	140	105	157
2	237	84	312	252	180	231	91	144	108	161
3	74	223	30	248	76	51	42	55	42	59
4	141	248	341	113	323	90	126	112	87	119
5	156	185	109	338	51	130	138	103	78	113
6	339	416	129	166	227	26	84	143	102	169
7	118	137	88	194	203	70	83	335	138	134
8	165	192	102	152	134	106	298	115	286	251
9	148	172	95	141	121	90	146	341	104	643
10	150	176	90	132	120	102	97	205	439	88

Аналогічно першій ітерації проводимо розрахунки відхилення між вихідною величиною ємкостей районів по прибуттю HP_j і розрахунковими значеннями HP_j за залежністю (3.12) і результати розрахунків заносимо до таблиці 3.11.

Таблиця 3.11 – Відхилення між вихідною величиною ємкостей районів по прибуттю HP_j і розрахунковими значеннями HP_j

№ТР	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Δ_j	0	0,1	0,9	0,1	0,5	0,9	0,5	0,4	0,7	0,3

Відхилення між вихідною величиною ємкостей районів по прибуттю HP_j і розрахунковими значеннями HP_j не перевищують 5%, Це задовільняє умови, задані в курсовому проекті, тому для подальших розрахунків приймаємо значення міжрайонних кореспонденцій розрахованих на другій ітерації

3.3. Розрахунок мінімально можливої транспортної роботи

Для оцінки можливостей перевізника щодо здійснення перевізного процесу пасажирів на вихідній транспортній мережі міста треба розрахувати мінімальну транспортну роботу, яку необхідно здійснити для задоволення потреб населення у пересуванні.

Мінімально можлива транспортна робота P_{min} розраховується за залежністю:

$$P_{\min} = \sum_{i=1}^{n}\sum_{j=i+1}^{n} P_{ij}^{\min} + \sum_{i=2}^{n}\sum_{j=1}^{i-1} P_{ij}^{\min} = \sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{n} \left(H_{ij} + H_{ji}\right)\cdot l_{ij}^{\min}, \tag{3.13}$$

де $l_{ij}^{\min}$ - мінімальна відстань між *i*-м та *j*-м транспортними районами.

Для спрощення розрахунків $P_{\min}$ за залежністю 3.1 розраховуємо матрицю складових $P_{\min}$ для кожної кореспонденції за залежністю:

$$\begin{cases} P_{ij}^{\min} = H_{ij}\cdot l_{ij}^{\min} \\ P_{ji}^{\min} = H_{ji}\cdot l_{ji}^{\min} \end{cases}, \tag{3.14}$$

$$P_{12}^{\min} = 269\cdot 3{,}1 = 833{,}9\ пас.км$$

$$P_{21}^{\min} = 237\cdot 3{,}1 = 734{,}7\ пас.км$$

Аналогічно розраховуємо інші значення $P_{\min}$ і результати розрахунків заносимо до таблиці 3.12.

Таблиця 3.12 – Мінімальна транспортна робота

№ ТР	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	0	833,9	585	978	640,1	342,4	676,4	840	735	816,4
2	734,7	0	592,8	982,8	648	346,5	682,5	849,6	745,2	821,1
3	370	423,7	0	496	326,8	173,4	344,4	429	369,6	413
4	846	967,2	682	0	742,9	396	781,2	985,6	852,6	952
5	577,2	666	468,7	777,4	0	273	538,2	669,5	585	644,1
6	542,4	624	438,6	730,4	476,7	0	504	629,2	550,8	608,4
7	896,8	1027,5	721,6	1202,8	791,7	420	0	1038,5	910,8	1005
8	990	1132,8	795,6	1337,6	871	466,4	923,8	0	1001	1104,4
9	1036	1186,8	836	1381,8	907,5	486	963,6	1193,5	0	1157,4
10	780	897,6	630	1056	684	367,2	727,5	902	790,2	0

$$P_{\min} = 58477,2\ пас.км$$

3.4. Побудова епюри пасажиропотоків на транспортній мережі

Для побудови епюри пасажиропотоків розраховується пасажиропотоки кожної ділянки транспортної мережі у прямому та зворотному напрямках на основі отриманих результатів розрахунку матриці кореспонденцій та матриці найкоротших відстаней.

Пасажиропотоки кожної ділянки маршрутної мережі для прямого Q_{ij} та зворотного Q_{ji} напрямів визначаємо як суму всіх кореспонденцій, для яких найкоротший шлях, згідно матриці найкоротших відстаней, проходить через дану ділянку:

$$\begin{cases} Q_{ij} = \sum_{i=1}^{m}\sum_{j=1}^{m} H_{ij}, якщо\ i \to j \in H_{\ldots \to i \to j \to \ldots} \\ Q_{ji} = \sum_{i=1}^{m}\sum_{j=1}^{m} H_{ji}, якщо\ j \to i \in H_{\ldots \to j \to i \to \ldots} \end{cases} \quad (3.15)$$

Прямий напрямок:

$$Q_{1-6} = H_{1-2} + H_{1-3} + H_{1-4} + H_{1-5} + H_{1-6} + H_{1-7} + H_{1-8} + H_{1-9} + H_{1-10} =$$
$$= 269 + 117 + 163 + 173 + 214 + 89 + 140 + 105 + 157 = 1427\ пас.$$

$$Q_{2-6} = H_{2-5} + H_{2-6} + H_{2-7} + H_{2-8} + H_{2-9} + H_{2-10} + H_{3-6} + H_{3-8} + H_{3-9} + H_{3-10} + H_{2-1} + H_{3-1} =$$
$$= 237 + 74 + 180 + 231 + 91 + 144 + 108 + 161 + 51 + 42 + 55 + 42 + 59 = 1433\ пас.$$

$$Q_{2-3} = H_{1-3} + H_{2-3} + H_{2-4} + H_{6-3} + H_{8-3} + H_{9-3} + H_{10-3} =$$
$$= 117 + 312 + 252 + 129 + 102 + 95 + 90 = 1097 пас.$$

$$Q_{3-4} = H_{2-4} + H_{3-4} + H_{3-5} + H_{3-7} = 252 + 248 + 76 + 42 = 618 пас.$$

$$Q_{4-5} = H_{3-5} + H_{4-5} + H_{4-6} + H_{3-7} + H_{4-7} + H_{4-8} + H_{4-9} + H_{4-10} + H_{4-1} =$$
$$= 76 + 42 + 323 + 126 + 112 + 87 + 119 + 141 + 90 = 1116 пас.$$

$$Q_{5-6} = H_{4-6} + H_{5-6} + H_{4-8} + H_{5-8} + H_{4-9} + H_{5-9} + H_{5-10} + H_{4-10} + H_{4-1} + H_{5-1} + H_{7-1} + H_{7-2} + H_{5-2} +$$
$$+ H_{7-6} = 141 + 156 + 185 + 118 + 137 + 90 + 130 + 70 + 112 + 103 + 87 + 78 + 119 + 113 = 1639 пас.$$

$$Q_{5-12} = H_{1-7} + H_{2-7} + H_{3-7} + H_{4-7} + H_{5-7} + H_{6-7} =$$
$$= 89 + 91 + 42 + 126 + 138 + 84 = 570\ пас.$$

$$Q_{6-11} = H_{1-8} + H_{1-9} + H_{1-10} + H_{2-8} + H_{2-9} + H_{2-10} + H_{3-8} + H_{3-9} + H_{3-10} + H_{4-8} + H_{4-9} + H_{4-10} + H_{5-8} +$$
$$+ H_{5-9} + H_{5-10} + H_{6-8} + H_{6-9} + H_{6-10} = 140 + 144 + 55 + 112 + 103 + 143 + 105 + 108 + 42 + 87 + 78 +$$
$$+ 102 + 169 + 113 + 119 + 59 + 161 + 157 = 1997 nac.$$

$$Q_{7-8} = H_{7-8} + H_{7-9} + H_{7-10} = 335 + 138 + 134 = 607 nac.$$

$$Q_{7-12} = H_{7-1} + H_{7-2} + H_{7-3} + H_{7-4} + H_{7-5} + H_{7-6} =$$
$$= 118 + 137 + 88 + 194 + 203 + 70 = 810 nac.$$

$$Q_{8-9} = H_{7-9} + H_{8-9} = 138 + 286 = 424 nac.$$

$$Q_{8-11} = H_{7-10} + H_{8-10} + H_{8-1} + H_{8-2} + H_{8-3} + H_{8-4} + H_{8-5} + H_{8-6} =$$
$$= 165 + 192 + 102 + 152 + 134 + 106 + 134 + 251 = 1326 nac.$$

$$Q_{9-10} = H_{9-10} + H_{9-1} + H_{9-2} + H_{9-3} + H_{9-4} + H_{9-5} + H_{9-6} =$$
$$= 148 + 172 + 95 + 141 + 121 + 90 + 643 = 1410 nac.$$

$$Q_{10-11} = H_{9-1} + H_{10-1} + H_{9-2} + H_{10-2} + H_{9-3} + H_{10-3} + H_{9-4} + H_{10-4} + H_{9-5} + H_{10-5} + H_{9-6}$$
$$+ H_{10-6} + H_{10-7} + H_{10-8} = 148 + 150 + 192 + 176 + 95 + 90 + 141 + 132 + 121 + 120 + 90 + 102 +$$
$$+ 97 + 205 = 1839 nac.$$

Зворотній напрямок:

$$Q_{6-1} = H_{2-1} + H_{3-1} + H_{4-1} + H_{5-1} + H_{6-1} + H_{7-1} + H_{8-1} + H_{9-1} + H_{10-1} =$$
$$= 237 + 74 + 141 + 156 + 339 + 118 + 165 + 148 + 150 = 1528 nac.$$

$$Q_{6-2} = H_{1-3} + H_{5-2} + H_{6-2} + H_{7-2} + H_{8-2} + H_{9-2} + H_{10-2} + H_{8-3} + H_{9-3} + H_{10-3} =$$
$$= 185 + 416 + 137 + 192 + 172 + 176 + 102 + 95 + 90 + 117 = 1682 \ nac.$$

$$Q_{3-2} = H_{3-1} + H_{3-2} + H_{4-2} + H_{3-6} + H_{3-7} + H_{3-8} + H_{3-9} + H_{3-10} =$$
$$= 74 + 223 + 248 + 51 + 42 + 55 + 42 + 59 = 794 nac.$$

$$Q_{4-3} = H_{4-2} + H_{4-3} + H_{5-3} + H_{7-3} = 348 + 341 + 109 + 88 = 786 \ nac.$$

$$Q_{5-4} = H_{1-4} + H_{5-3} + H_{5-4} + H_{6-4} + H_{7-3} + H_{8-4} + H_{9-4} + H_{10-4} + H_{7-4} =$$
$$= 163 + 109 + 338 + 88 + 166 + 194 + 152 + 141 + 132 = 1483 \ nac.$$

$$Q_{6-5} = H_{1-4} + H_{6-7} + H_{1-5} + H_{1-7} + H_{2-5} + H_{2-7} + H_{6-4} + H_{8-4} + H_{9-4} + H_{10-4} + H_{6-5} + H_{8-5} + H_{9-5} +$$
$$+ H_{10-5} = 163 + 173 + 180 + 89 + 91 + 84 + 166 + 227 + 152 + 134 + 141 + 121 + 132 + 120 = 1973 \ nac.$$

$$Q_{12-5} = H_{7-1} + H_{7-2} + H_{7-3} + H_{7-4} + H_{7-5} + H_{7-6} =$$
$$= 118 + 137 + 88 + 194 + 203 + 70 = 810 \ nac.$$

$$Q_{11-6} = H_{8-1} + H_{8-2} + H_{8-3} + H_{8-4} + H_{8-5} + H_{8-6} + H_{9-1} + H_{9-2} + H_{9-3} + H_{9-4} + H_{9-5} + H_{9-6} + H_{10-1} +$$
$$+ H_{10-2} + H_{10-3} + H_{10-4} + H_{10-5} + H_{10-6} = 165 + 148 + 150 + 192 + 172 + 176 + 102 + 95 + 90 + 152 + 141 +$$
$$+ 132 + 134 + 121 + 120 + 106 + 90 + 102 = 2388 \; nac.$$

$$Q_{8-7} = H_{8-7} + H_{9-7} + H_{10-7} = 298 + 146 + 97 = 541 \; nac.$$

$$Q_{12-7} = H_{1-7} + H_{2-7} + H_{3-7} + H_{4-7} + H_{5-7} + H_{6-7} =$$
$$= 89 + 91 + 42 + 126 + 138 + 84 = 570 \; nac.$$

$$Q_{9-8} = H_{9-7} + H_{9-8} = 146 + 341 = 487 \; nac.$$

$$Q_{11-8} = H_{1-8} + H_{2-8} + H_{3-8} + H_{4-8} + H_{5-8} + H_{6-8} + H_{10-7} + H_{10-8} =$$
$$= 140 + 144 + 55 + 112 + 103 + 143 + 97 + 205 = 999 \; nac.$$

$$Q_{10-9} = H_{1-9} + H_{2-9} + H_{3-9} + H_{4-9} + H_{5-9} + H_{6-9} + H_{10-9} =$$
$$= 105 + 108 + 42 + 87 + 78 + 102 + 439 = 961 \; nac.$$

$$Q_{11-10} = H_{1-9} + H_{2-9} + H_{3-9} + H_{4-9} + H_{5-9} + H_{6-9} + H_{1-10} + H_{2-10} + H_{3-10} + H_{4-10} +$$
$$+ H_{5-10} + H_{6-10} + H_{7-10} + H_{8-10} = 105 + 108 + 42 + 87 + 78 + 102 + 157 + 161 + 59 +$$
$$+ 119 + 113 + 169 + 134 + 251 = 1684 nac.$$

На основі отриманих даних будуємо епюру пасажиропотоків на транспортній мережі міста. Епюра представлена на рисунку 3.2.

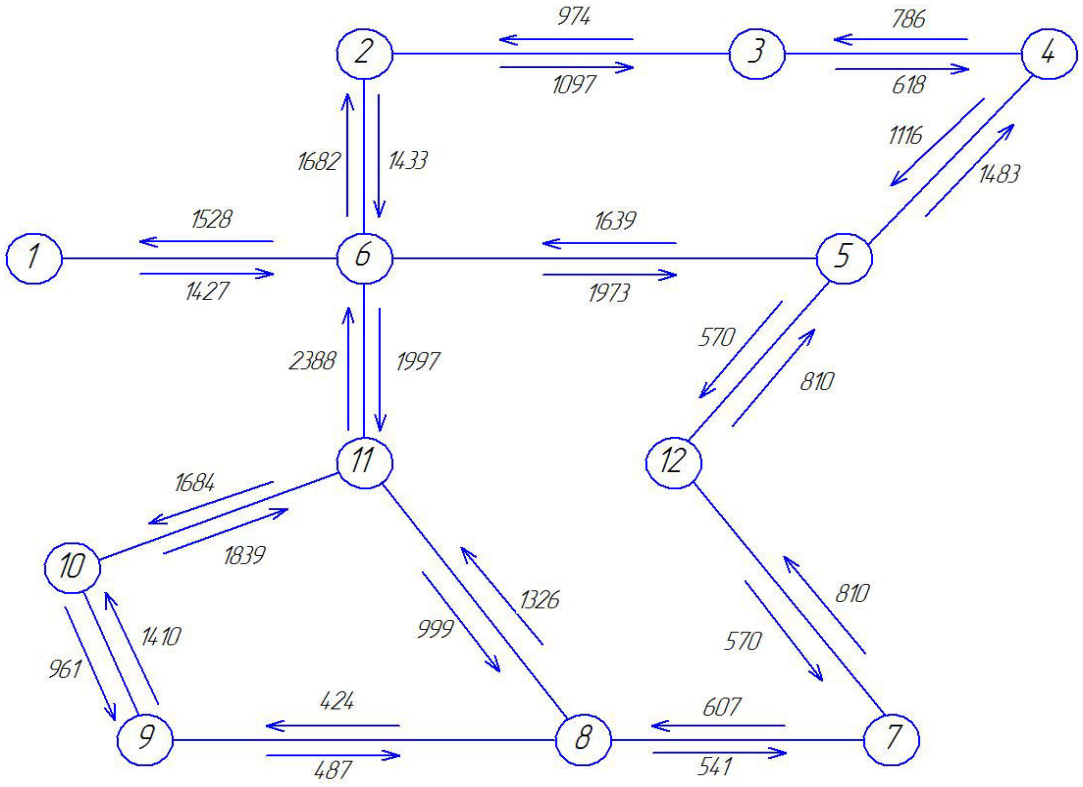


Рисунок 3.2 – Епюра пасажиропотоків на транспортній мережі міста

Так як даний спосіб розрахунку пасажиропотоків кожної ділянки транспортної мережі у прямому та зворотному напрямках є досить трудомістким і можлива поява помилки в розрахунках, тому необхідно провести перевірку.

Перевірка проводиться на основі епюри пасажиропотоків на транспортній мережі міста (рисунок 3.2). Спочатку знаходимо транспортну роботу по кожному перегону у прямому і зворотному напрямку за залежністю:

$$P_{ij} = (H_{ij} + H_{ji}) \cdot l_{ij}, \tag{3.16}$$

де P_{ij} - транспортна робота на перегоні від *i*-го до *j*-го транспортного району, пас.км.;

H_{ij}, H_{ji} - пасажиропотік на перегоні відповідно у прямому і зворотньому напрямках, пас.;

l_{ij} - відстань між *i*-м і *j*-м транспортними районами, км.

$$P_{2-3} = (1097 + 794) \cdot 1{,}9 = 3592{,}9 \ пас.км.$$

$$P_{3-4} = (618 + 786) \cdot 2 = 2808 \ пас.км.$$

Аналогічно проводимо розрахунки транспортної роботи для інших перегонів і результати заносимо до таблиці 3.13.

Таблиця 3.13 – Транспортна робота на перегонах транспортної мережі міста

Перегон	Транспортна робота, пас.км.
1-6	4728
2-6	4672,5
2-3	3592,9
3-4	2808
4-5	5977,7
5-6	7585,2
5-12	3312
6-11	3594,6
7-8	3558,8
7-12	2070
8-9	3188,5
8-11	5811
9-10	4267,8
10-11	3310,2

На наступному етапі перевірки знаходимо загальну суму транспортних робіт по перегонам за залежністю:

$$P_{заг} = \sum P_{ij}, \tag{3.17}$$

Загальна сума транспортних робіт по перегонам повинна дорівнювати значенню мінімальної транспортної роботи.

$P_{заг} = 4728 + 4672{,}5 + 3592{,}9 + 2808 + 5977{,}7 + 7585{,}2 + 3312 + 3594{,}6 + 3558{,}5 +$
$+ 5811 + 4267{,}8 + 3310{,}2 = 58477{,}2$ *пас.км.*

Проведені розрахунки показали, що значення мінімальної транспортної роботи дорівнює значенню загальної транспортної роботи по перегонам:

$$P_{мін} = P_{заг} = 58477{,}2 \text{ пас.км}.$$

Отже можна зробити висновок, що розрахунок пасажиропотоків кожної ділянки транспортної мережі у прямому та зворотному напрямках та побудова епюри пасажиропотоків на транспортній мережі здійснені вірно.

3.5. Формування маршрутної мережі

Маршрути перевезень пасажирів призначаємо за умовою безпересадкового сполучення і мінімального часу поїздки пасажирів.

Так як через одну ділянку може проходити до 3 маршрутів, розраховуємо діапазони, в межах яких призначається певна кількість маршрутів за наступною залежністю:

$$\Delta = \frac{\max(Q_{ij}) - \min(Q_{ij})}{3} \tag{3.18}$$

$$\Delta = \frac{2388 - 424}{3} = 654{,}66 \text{ пас.}$$

Приймаємо $\Delta = 655$ *пас*.

Від $\min(Q_{ij})$ до $\left(\min(Q_{ij}) + \Delta\right) = 424...1079$ - 1 маршрут;

від $\left(\min(Q_{ij}) + \Delta\right)$ до $\left(\max(Q_{ij}) - \Delta\right) = 1079..1733$ - 2 маршрути;

від $\left(\max(Q_{ij}) - \Delta\right)$ до $\max(Q_{ij}) = 1733...2388$ - 3 маршрути.

Орієнтована кількість маршрутів між транспортними районами на транспортній мережі міста зображена на рисунку 3.3.

Формуємо маршрути по найкоротших відстанях. Спочатку знаходимо на розширеній матриці найкоротших відстаней два транспортних райони, які повинна зв'язувати по можливості найбільша кількість проміжних транспортних районів. На наступному кроці для сформованого маршруту оцінюємо на якісному рівні коефіцієнт пересаджування. Для цього заповнюємо матрицю безпересаджування сполучення між транспортними районами. Клітинки, які будуть забезпечувати безпересаджуване сполучення між парою транспортних районів, позначаються знаком + . Матриця безпересаджуваності сполучення для маршруту №1 представлена в таблиці 3.14.

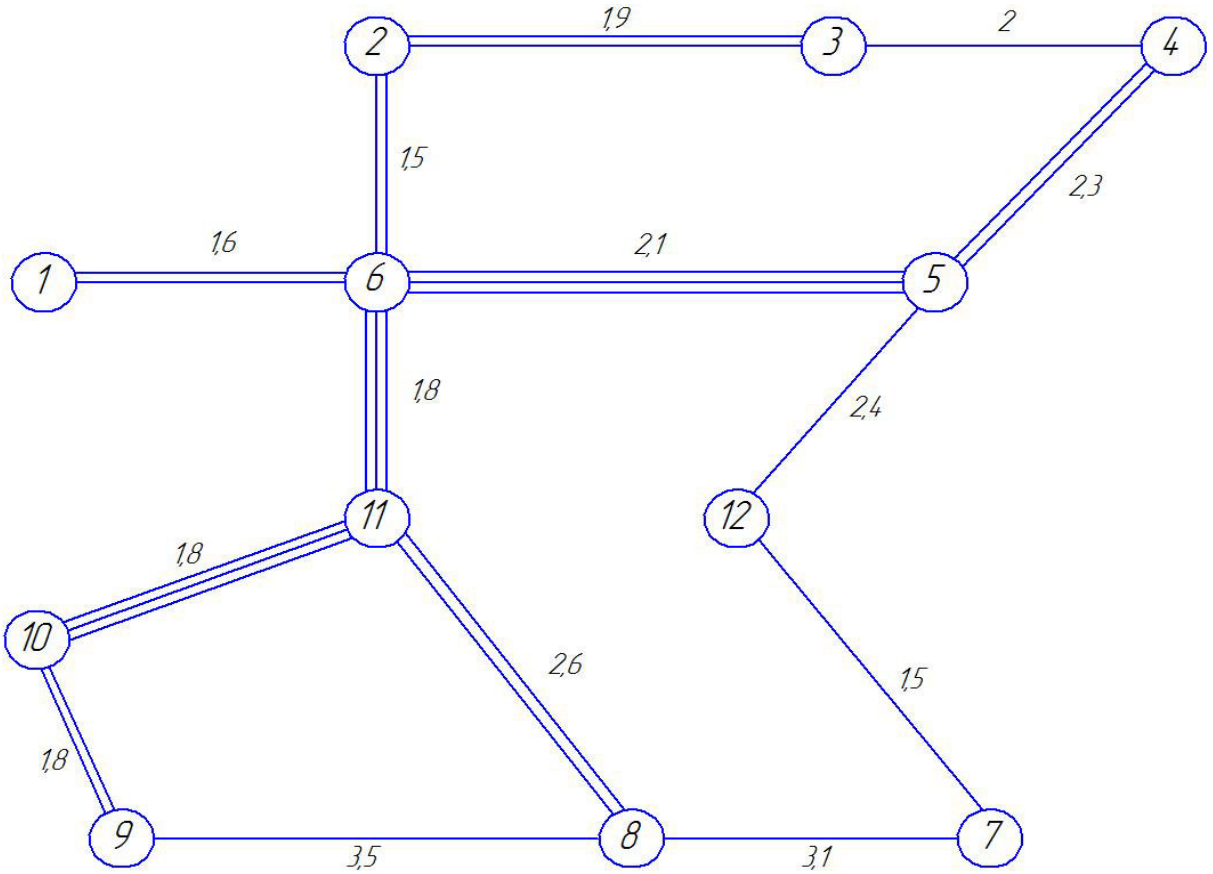


Рисунок 3.3 – Орієнтована кількість маршрутів на ділянках транспортної мережі

Таблиця 3.14 – Матриця безпересаджуваності сполучення для маршруту №1«3-2-6-11-8-9-10»

№ ТР	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1										
2			+			+		+	+	+
3		+				+		+	+	+
4										
5										
6		+	+					+	+	+
7										
8		+	+			+			+	+
9		+	+			+		+		+
10		+	+			+		+	+	

Аналогічно формується маршрут №2 «2-3-4-5-12-7-8». Матриця безпересаджуваності сполучення для маршрутів №1, №2 представлена в таблиці 3.15.

Таблиця 3.15 – Матриця безпересаджуваності сполучення для маршрутів №1, №2

№ ТР	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1										
2			+	+	+	+	+	+	+	+
3		+		+	+	+	+	+	+	+
4		+	+		+		+	+		
5		+	+	+			+	+		
6		+	+					+	+	+
7		+	+	+	+			+		
8		+	+	+	+	+	+		+	+
9		+	+			+		+		+
10		+	+			+		+	+	

Сформовані маршрути представлені на рисунку 5.1. Матриця безпересаджуваності сполучення для сформованої маршрутної мережі представлена в таблиці 3.4.

Таблиця 5.16 – Матриця безпересаджуваності сполучення для маршрутної мережі

№ ТР	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1		+	+	+	+	+	+	+	+	+
2	+		+	+	+	+	+	+	+	+
3	+	+		+	+	+	+	+	+	+
4	+	+	+		+	+	+	+		
5	+	+	+	+		+	+	+		
6	+	+	+	+	+		+	+	+	+
7	+	+	+	+	+	+		+	+	+
8	+	+	+	+	+	+	+		+	+
9	+	+	+			+	+	+		+
10	+	+	+			+	+	+	+	

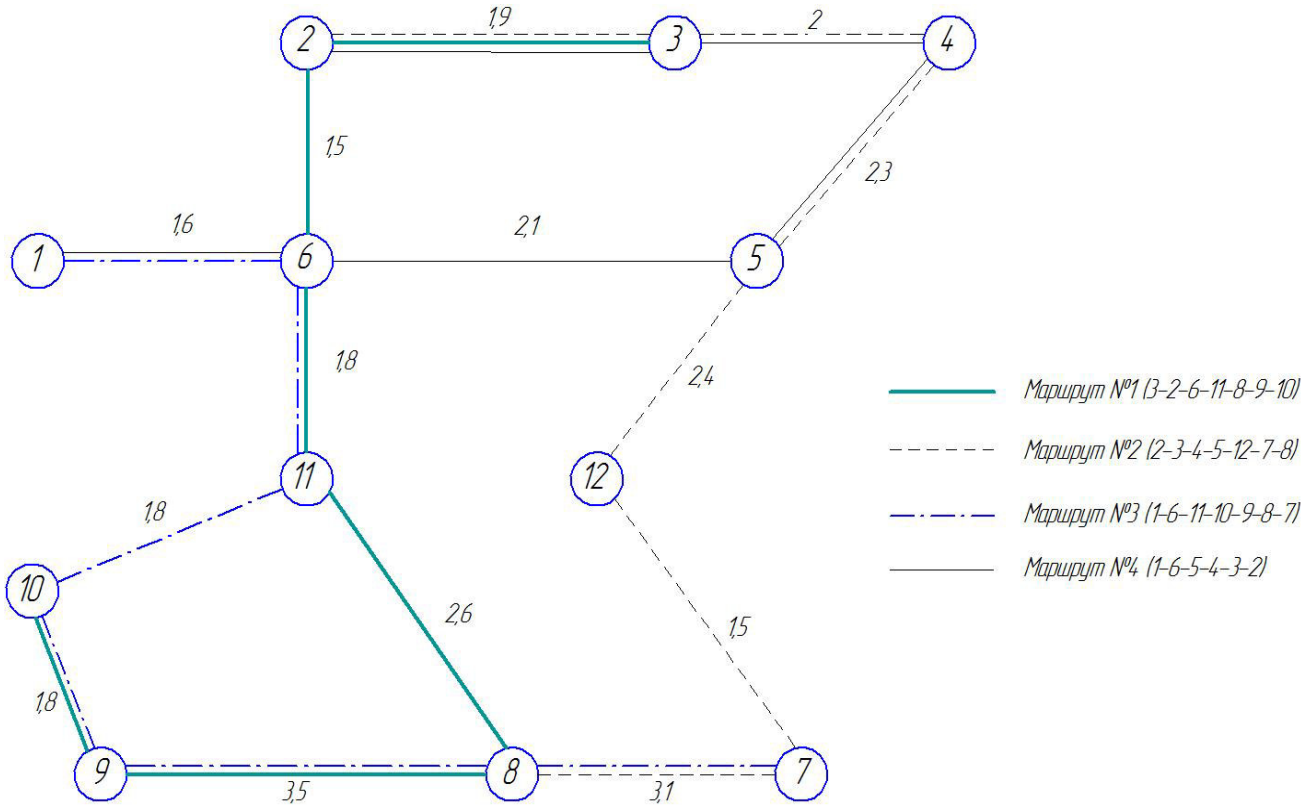


Рисунок 3.4 – Сформована маршрутна мережа

Після формування маршрутної мережі, на основі таблиці 3.1 «Розширеної матриці найкоротших відстаней», визначаємо довжини сформованих маршрутів як суму відстаней між відповідними транспортними районами.

Довжини сформованих маршрутів представлені в таблиці 3.16.

Таблиця 3.16 – Довжини сформованих маршрутів транспортної мережі

Маршрут	Довжина маршруту, км
№1 (3-2-6-11-8-9-10)	13,1
№2 (2-3-4-5-12-7-8)	13,2
№3 (1-6-11-10-9-8-7)	13,6
№4 (1-6-5-4-3-2)	9,9

Відповідно до складених маршрутів розраховуємо коефіцієнт пересаджування за формулою:

$$k_{пер} = \frac{\sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{n} H_{ij} + \sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{n} H_{ij}^{пер}}{\sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{n} H_{ij}}, \quad (3.19)$$

де $\sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{n} H_{ij}$ – сумарна кількість пасажирів, які переміщуються між транспортними районами $(i \neq j)$;

$\sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{n} H_{ij}^{пер}$ – сумарна кількість пасажирів, які переміщуються між транспортними районами з пересаджуванням.

$$k_{пер} = \frac{14325 + 746}{14325} = 1{,}05$$

3.6. Побудова епюр пасажиропотоків на сформованих маршрутах і розрахунок коефіцієнтів ефективності

Головними вихідними даними визначення коефіцієнта ефективності є епюра пасажиропотоків. Побудова епюри здійснюється на основі матриці міжрайонних кореспонденцій для заданого маршруту. Для формування даної матриці необхідно виконати перерозподіл елементів матриці міжрайонних кореспонденцій всієї маршрутно-транспортної мережі між сформованими маршрутами.

Для спрощення розрахунків складемо матрицю маршрутних коефіцієнтів для розробленої маршрутної мережі. Маршрутним коефіцієнтом являється кількість маршрутів, які забезпечують берпересаджуване сполучення між відповідними транспортними районами. Матриця маршрутних коефіцієнтів для розробленої маршрутної мережі представлена в таблиці 3.17.

Таблиця 3.17 – Матриця маршрутних коефіцієнтів для розробленої маршрутної мережі

№ ТР	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1		1	1	1	1	2	1	1	1	1
2	1		3	2	2	2	1	2	1	1
3	1	3		2	2	2	1	2	1	1
4	1	2	2		2	1	1	1	0	0
5	1	2	2	2		1	1	1	0	0
6	2	2	2	1	1		1	2	2	2
7	1	1	1	1	1	1		2	1	1
8	1	2	2	1	1	2	2		2	2
9	1	1	1	0	0	2	1	2		2
10	1	1	1	0	0	2	1	2	2	

Перерозподіл міжрайонних кореспонденцій між *i*-м та *j*-м транспортними районами, через які проходять дані маршрути, здійснюється за залежністю:

$$H_{ij}^{*} = \frac{H_{ij}}{N_{м}};\ H_{ji}^{*} = \frac{H_{ji}}{N_{м}};\qquad (3.20)$$

де H_{ij}, H_{ji} – відповідні елементи матриці міжрайонних кореспонденцій;

$N_{м}$ - кількість маршрутів сформованої маршрутної мережі, що з'єднують *i*-й та *j*-й транспортні райони.

Для маршруту №1 перерозподіл міжрайонних кореспонденцій:

$$H_{3-2}^{*} = \frac{223}{3} = 74\ пас.$$

$$H_{2-6}^{*} = \frac{321}{2} = 160\ пас.$$

$$H_{2-3}^{*} = \frac{312}{3} = 104\ пас.$$

Аналогічно проводимо перерозподіл для інших міжрайонних кореспонденцій і результати розрахунків заносимо до таблиці 3.18.

Таблиця 3.18 – Матриця міжрайонних кореспонденцій для маршруту №1 (3-2-6-11-8-9-10)

№ ТР	3	2	6	11	8	9	10
3	-	74	17	0	28	42	59
2	104	-	160	0	72	108	161
6	65	208	-	0	72	51	85
11	0	0	0	-	0	0	0
8	51	96	53	0	-	143	125
9	95	172	45	0	171		322
10	90	176	51	0	103	220	

На основі матриці міжрайонних кореспонденцій для маршруту №1 будуємо епюру пасажиропотоків. Для цього розраховуємо пасажиропотоки між кожним перегоном маршруту:

$$\begin{cases} N_{ij} = \sum_{i=1}^{m}\sum_{j=1}^{m} H^{*}_{ij}, якщо\ i \to j \in H^{*}_{\ldots \to i \to j \to \ldots} \\ N_{ji} = \sum_{i=1}^{m}\sum_{j=1}^{m} H^{*}_{js}, якщо\ j \to i \in H^{*}_{\ldots \to j \to s \to \ldots} \end{cases} \quad (3.21)$$

$$N_{3-2} = 74 + 17 + 0 + 28 + 42 + 59 = 220\ пас.$$

$$N_{2-3} = 104 + 65 + 0 + 51 + 95 + 90 = 405\ пас.$$

Аналогічно розраховуємо пасажиропотоки між іншими перегонами. Результати розрахунків представлені в таблиці 3.19. Епюра пасажиропотоків на маршруті №1 представлена на рисунку 3.5

Таблиця 3.19 – Пасажиропотоки між перегонами на маршруті №1 (3-2-6-11-8-9-10)

Перегони	3-2	2-6	6-11	11-8	8-9	9-10
Прямий напрямок	220	647	678	678	775	752
Зворотній напрямок	405	953	829	829	903	640

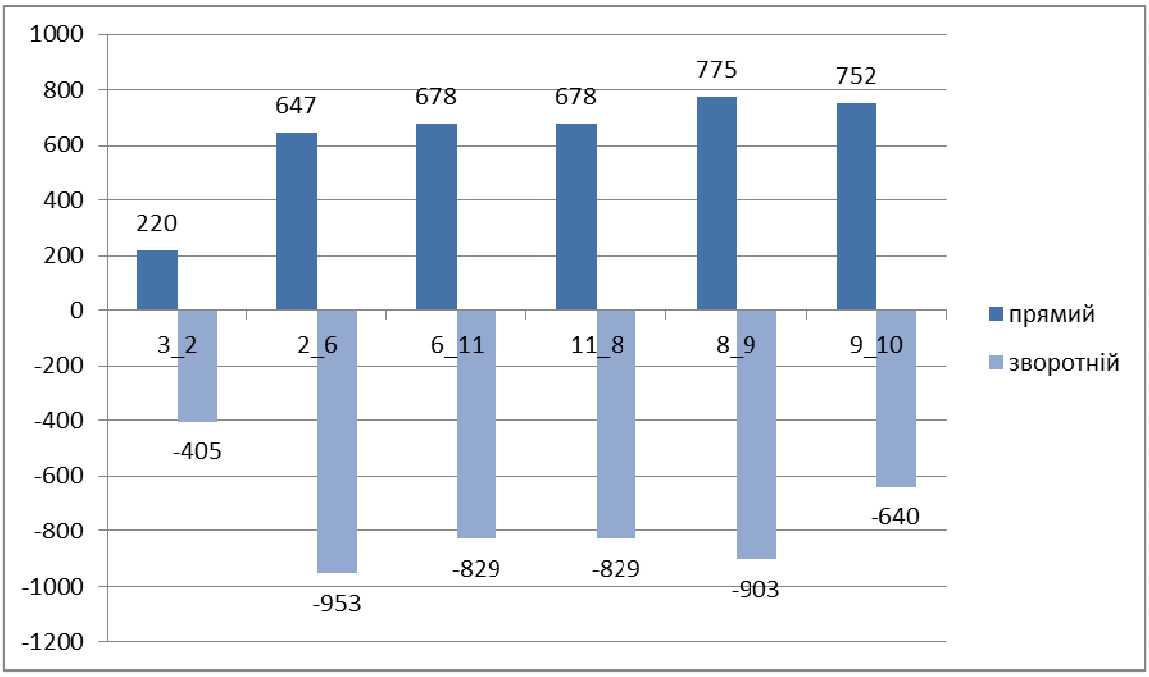


Рисунок 3.5 – Епюра пасажиропотоків на маршруті №1

Коефіцієнт ефективності розраховуємо за формулою:

$$k_{эф} = \frac{\sum N_{ij} \cdot l_{ij}}{2 \cdot N_{ij}^{\max} \cdot L_{м}}, \tag{3.22}$$

де $\sum N_{ij}$ – пасажиропотік між *i*-м та *j*-м транспортними районами маршруту, пас.;

l_{ij} – відстань між *i*-м та *j*-м транспортними районами, км;

$N_{ij}^{\max}$ – максимальна величина пасажиропотоку на найбільш завантаженому перегоні маршруту (прямий або зворотній напрямок), пас;

$L_{м}$ – довжина маршруту, км.

Коефіцієнт ефективності для маршруту №1:

$$k_{эф} = \frac{18592{,}5}{24968{,}6} = 0{,}74$$

Проводимо перерозподіл міжрайонних кореспонденцій для маршруту №2

$$H_{2-3}^{*} = \frac{312}{3} = 104\ пас.$$

$$H_{3-4}^{*} = \frac{248}{2} = 124\ пас.$$

Аналогічно проводимо перерозподіл для інших міжрайонних кореспонденцій і результати розрахунків заносимо до таблиці 3.20

Таблиця 3.20 – Матриця міжрайонних кореспонденцій для маршруту №2 (2-3-4-5-12-7-8)

№ ТР	2	3	4	5	12	7	8
2	-	104	126	90	0	91	108
3	75	-	124	38	0	42	28
4	124	171	-	162	0	126	112
5	93	55	169	-	0	138	103
12	0	0	0	0	-	0	0
7	137	88	194	203	0		168
8	96	51	152	134	0	149	

Розраховуємо пасажиропотоки між кожним перегоном маршруту:

$$N_{2-3} = 104 + 126 + 90 + 0 + 91 + 108 = 519 \; пас.$$

$$N_{3-2} = 75 + 124 + 93 + 0 + 137 + 96 = 525 \; пас.$$

Аналогічно розраховуємо пасажиропотоки між іншими перегонами. Результати розрахунків представлені в таблиці 3.21. Епюра пасажиропотоків на маршруті №2 представлена на рисунку 3.6.

Таблиця 3.21 – Пасажиропотоки між перегонами на маршруті №2 (2-3-4-5-12-7-8)

Перегони	2-3	3-4	4-5	5-12	12-7	7-8
Прямий напрямок	519	647	797	748	748	519
Зворотній напрямок	525	815	1035	1055	1055	582

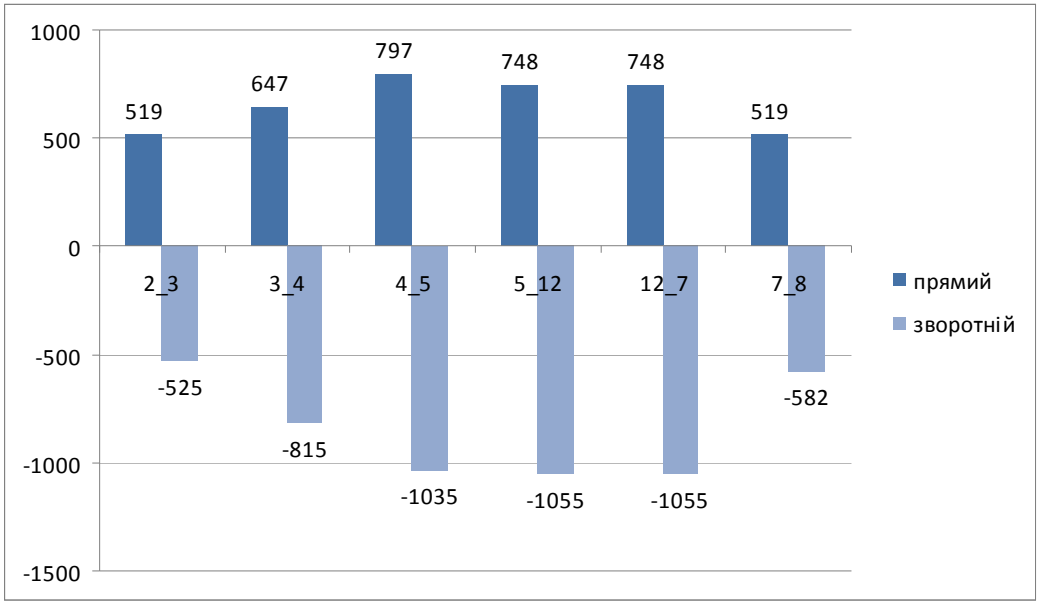


Рисунок 3.6 – Епюра пасажиропотоків на маршруті №2

Коефіцієнт ефективності для маршруту №2:

$$k_{эф} = \frac{19623,1}{27852} = 0,70$$

Проводимо перерозподіл міжрайонних кореспонденцій для маршруту №3:

$$H^{*}_{1-6} = \frac{214}{2} = 107 \; nac.$$

$$H^{*}_{6-1} = \frac{339}{2} = 170 \; nac.$$

Аналогічно проводимо перерозподіл для інших міжрайонних кореспонденцій і результати розрахунків заносимо до таблиці 6.6.

Таблиця 3.22 – Матриця міжрайонних кореспонденцій для маршруту №3 (4-3-2-9-10)

№ ТР	1	6	11	10	9	8	7
1	-	107	0	157	105	140	89
6	170	-	0	85	51	72	84
11	0	0	-	0	0	0	0
10	150	51	0	-	220	102	97
9	148	45	0	322	-	171	146
8	165	53	0	125	143		149
7	118	70	0	134	138	168	

Розраховуємо пасажиропотоки між кожним перегоном маршруту:

$$N_{1-6} = 107 + 0 + 157 + 105 + 140 + 89 = 598 \; nac.$$

$$N_{6-1} = 170 + 0 + 150 + 148 + 165 + 118 = 751 \; nac.$$

Аналогічно розраховуємо пасажиропотоки між іншими перегонами. Результати розрахунків представлені в таблиці 3.23. Епюра пасажиропотоків на маршруті №3 представлена на рисунку 3.7.

Таблиця 3.23 – Пасажиропотоки між перегонами на маршруті №3 (1-6-11-10-9-8-7)

Перегони	1-6	6-11	11-10	10-9	9-8	8-7
Прямий напрямок	598	783	783	960	901	565
Зворотній напрямок	751	800	800	1180	946	628

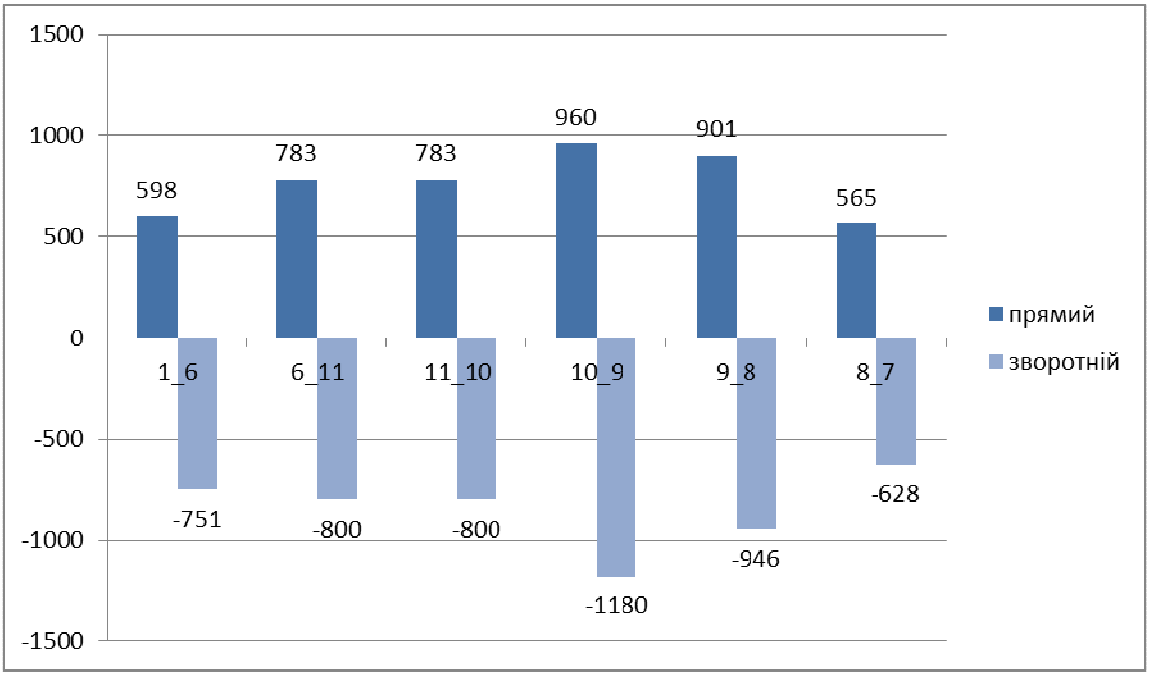


Рисунок 3.7 – Епюра пасажиропотоків на маршруті №3

Коефіцієнт ефективності для маршруту №3:

$$k_{эф} = \frac{21868}{32096} = 0{,}68$$

Проводимо перерозподіл міжрайонних кореспонденцій для маршруту №4

$$H^{*}_{6-5} = \frac{227}{1} = 227 \; пас.$$

$$H^{*}_{5-6} = \frac{130}{1} = 130 \; пас.$$

Аналогічно проводимо перерозподіл для інших міжрайонних кореспонденцій і результати розрахунків заносимо до таблиці 3.24.

Таблиця 3.24 – Матриця міжрайонних кореспонденцій для маршруту №4 (1-6-5-4-3-2)

№ ТР	1	6	5	4	3	2
1	-	107	173	163	117	269
6	170	-	227	166	70	208
5	156	130	-	169	55	92
4	141	90	161	-	170	124
3	75	26	38	124	-	75
2	237	116	90	126	104	

Розраховуємо пасажиропотоки між кожним перегоном маршруту:

$$N_{1-6} = 107 + 173 + 163 + 117 + 269 = 829 \; пас.$$

$$N_{6-1} = 170 + 156 + 141 + 75 + 237 = 779 \; пас.$$

Аналогічно розраховуємо пасажиропотоки між іншими перегонами. Результати розрахунків представлені в таблиці 3.24. Епюра пасажиропотоків на маршруті №4 представлена на рисунку 3.8.

Таблиця 3.25 – Пасажиропотоки між перегонами на маршруті №4 (1-6-5-4-3-2)

Перегони	1-6	6-5	5-4	4-3	3-2
Прямий напрямок	829	1393	1309	1085	768
Зворотній напрямок	779	971	974	832	673

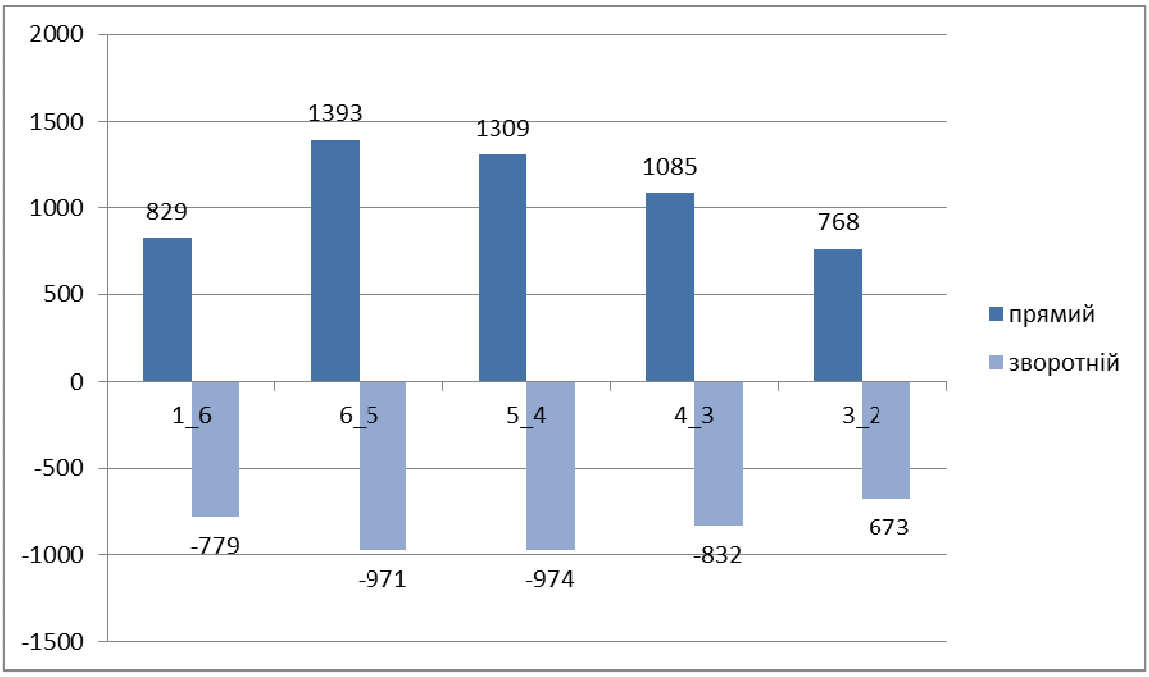


Рисунок 3.8 – Епюра пасажиропотоків на маршруті №4

Коефіцієнт ефективності для маршруту №4:

$$k_{эф} = \frac{19359,7}{27581,4} = 0,70$$

Розраховані коефіцієнти ефективності для сформованих маршрутів враховують лише безпересадочні сполучення між транспортними районами. Але, згідно матриці безпересаджуванності сполучення для маршрутної мережі (таблиця 5.3), на транспортній мережі міста присутні райони, які між собою не з'єднані жодним маршрутом. Такими районами являються:

- 4-9 (пасажиропотік 87 пасажир), 9-4 (пасажиропотік 141 пасажира);
- 4-10 (пасажиропотік 119 пасажира), 10-4 (пасажиропотік 132 пасажирів);
- 5-9 (пасажиропотік 78 пасажир), 9-5 (пасажиропотік 121 пасажирів);
- 5-10 (пасажиропотік 113 пасажира), 10-5 (пасажиропотік 120 пасажирів)

Сформовані маршрути не враховують 911 пасажирів, яких також необхідно забезпечити у перевезенні. Тому треба зробити дозавантаження цих маршрутів відповідними парами кореспонденцій.

Формування зв'язків між відповідними транспортними районами виконуємо так, щоб при пересуванні пасажири здійснювали мінімальну кількість пересадок.

Таблиця 3.26 – Перерозподіл кореспонденцій, неврахованих в сформованій транспортній мережі, між маршрутами

№	Перегони	3-2	2-6	6-11	11-8	8-9	9-10
1	2	3	4	5	6	7	8
Маршрут №1	Пасажиропотік у прямому напрямку	0	0	160	0	39	71
	Пасажиропотік у зворотньому напрямку	0	0	196	0	61	44
Маршрут №2	Перегони	2-3	3-4	4-5	5-12	12-7	7-8
	Пасажиропотік у прямому напрямку	0	0	103	78	78	39
	Пасажиропотік у зворотньому напрямку	0	0	136	121	121	60
Маршрут №3	Перегони	1-6	6-11	11-10	10-9	9-8	8-7
	Пасажиропотік у прямому напрямку	0	160	319	44	61	60
	Пасажиропотік у зворотньому напрямку	0	196	393	71	39	39
Маршрут №4	Перегони	1-6	6-5	5-4	4-3	3-2	-
	Пасажиропотік у прямому напрямку	0	393	136	0	0	-
	Пасажиропотік у зворотньому напрямку	0	319	103	0	0	-

Так як було проведено доповнення сформованих маршрутів попередньо неврахованими парами кореспонденцій, то в результаті цього зміняться епюри пасажиропотоків на даних маршрутах. В таблиці 3.27 представлено доповнений перерозподіл міжрайонних кореспонденцій для маршруту №1.

Таблиця 3.27 – Доповнена матриця міжрайонних кореспонденцій для маршруту №1 (3-2-6-11-8-9-10)

№ ТР	3	2	6	11	8	9	10
3	-	74	17	0	28	42	59
2	104	-	160	0	72	108	161
6	65	208	-	160	72	51	85
11	0	0	196	-	0	0	0
8	51	96	53	0	-	182	125
9	95	172	45	0		232	393
10	90	176	51	0	103	264	

На основі матриці міжрайонних кореспонденцій для маршруту №1 будуємо епюру пасажиропотоків. Для цього розраховуємо пасажиропотоки між кожним перегоном маршруту за залежністю (6.3)

$$N_{3-2} = 74 + 17 + 0 + 28 + 42 + 59 = 220 \; пас.$$

$$N_{2-3} = 104 + 65 + 0 + 51 + 95 + 90 = 405 \; пас.$$

Аналогічно розраховуємо пасажиропотоки між іншими перегонами. Результати розрахунків представлені в таблиці 3.28. Доповнена епюра пасажиропотоків на маршруті №1 представлена на рисунку 3.9.

Таблиця 3.28 – Пасажиропотоки між перегонами на маршруті №1 (3-2-6-11-8-9-10)

Перегони	3-2	2-6	6-11	11-8	8-9	9-10
Прямий напрямок	220	647	838	678	816	823
Зворотній напрямок	405	953	1025	829	965	684

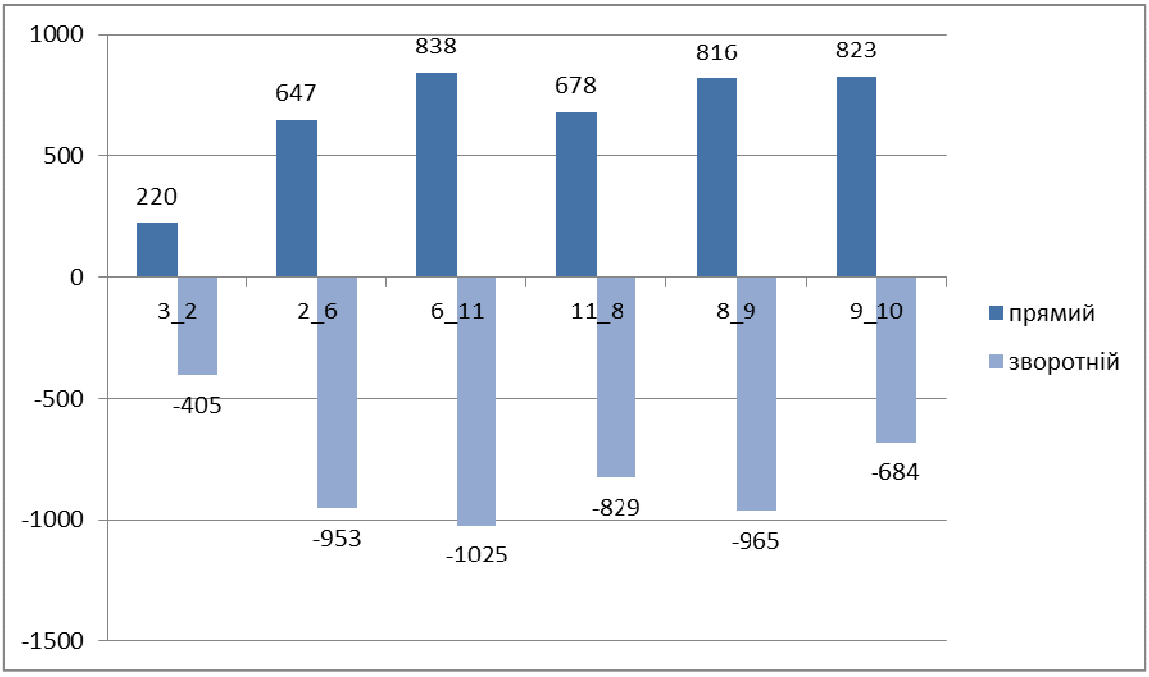


Рисунок 3.9 – Доповнена епюра пасажиропотоків на маршруті №1

Коефіцієнт ефективності для маршруту №1:

$$k_{эф} = \frac{18966,4}{26855} = 0,70$$

В таблиці 3.29 представлено доповнений перерозподіл міжрайонних кореспонденцій для маршруту №2

Таблиця 3.29 – Доповнена матриця міжрайонних кореспонденцій для маршруту №2 (2-3-4-5-12-7-8)

№ ТР	2	3	4	5	12	7	8
2	-	104	126	90	0	91	108
3	75	-	124	38	0	42	28
4	124	171	-	265	0	126	112
5	93	55	305	-	78	138	103
12	0	0	0	121	-	78	0
7	137	88	194	203	121		207
8	96	51	152	134	0	209	

На основі матриці міжрайонних кореспонденцій для маршруту №2 будуємо епюру пасажиропотоків. Пасажиропотоки між кожним перегоном маршруту за залежністю (6.3)

$$N_{2-3} = 104 + 126 + 90 + 0 + 91 + 108 = 519 \; nac.$$

$$N_{3-2} = 75 + 124 + 93 + 0 + 137 + 96 = 525 \; nac.$$

Аналогічно розраховуємо пасажиропотоки між іншими перегонами. Результати розрахунків представлені в таблиці 3.30. Доповнена епюра пасажиропотоків на маршруті №2 представлена на рисунку 3.10.

Таблиця 3.30 – Пасажиропотоки між перегонами на маршруті №2 (2-3-4-5-12-7-8)

Перегони	2-3	3-4	4-5	5-12	12-7	7-8
Прямий напрямок	519	647	900	826	826	558
Зворотній напрямок	525	815	1171	1176	1176	642

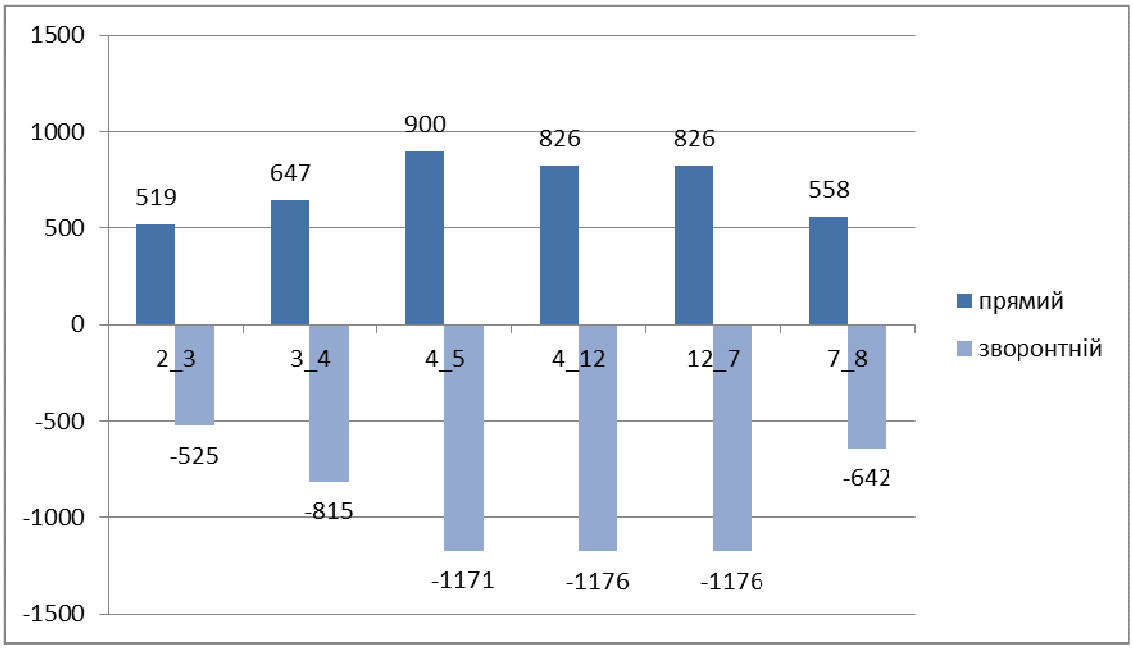


Рисунок 3.10 – Доповнена епюра пасажиропотоків на маршруті №2

Коефіцієнт ефективності для маршруту №2:

$$k_{эф} = \frac{21192,2}{31046,4} = 0,68$$

В таблиці 3.31 представлено доповнений перерозподіл міжрайонних кореспонденцій для маршруту №3

Таблиця 3.31 – Доповнена матриця міжрайонних кореспонденцій для маршруту №3(1-6-11-10-9-8-7)

№ ТР	1	6	11	10	9	8	7
1	-	107	0	157	105	140	89
6	170	-	160	85	51	72	84
11	0	196	-	319	0	0	0
10	150	51	393	-	264	102	97
9	148	45	0	393	-	232	146
8	165	53	0	125	182		209
7	118	70	0	134	138	207	

На основі матриці міжрайонних кореспонденцій для маршруту №3 будуємо епюру пасажиропотоків. Пасажиропотоки між кожним перегоном маршруту за залежністю (6.3)

$$N_{1-6} = 107 + 0 + 157 + 105 + 140 + 89 = 598 \; nac.$$

$$N_{6-1} = 170 + 0 + 150 + 148 + 165 + 118 = 751 \; nac.$$

Аналогічно розраховуємо пасажиропотоки між іншими перегонами. Результати розрахунків представлені в таблиці 3.32. Доповнена епюра пасажиропотоків на маршруті №3 представлена на рисунку 3.10.

Таблиця 3.32 – Пасажиропотоки між перегонами на маршруті №3 (1-6-11-10-9-8-7)

Перегони	1-6	6-11	11-10	10-9	9-8	8-7
Прямий напрямок	598	943	1102	1004	962	625
Зворотній напрямок	751	996	1193	1251	985	667

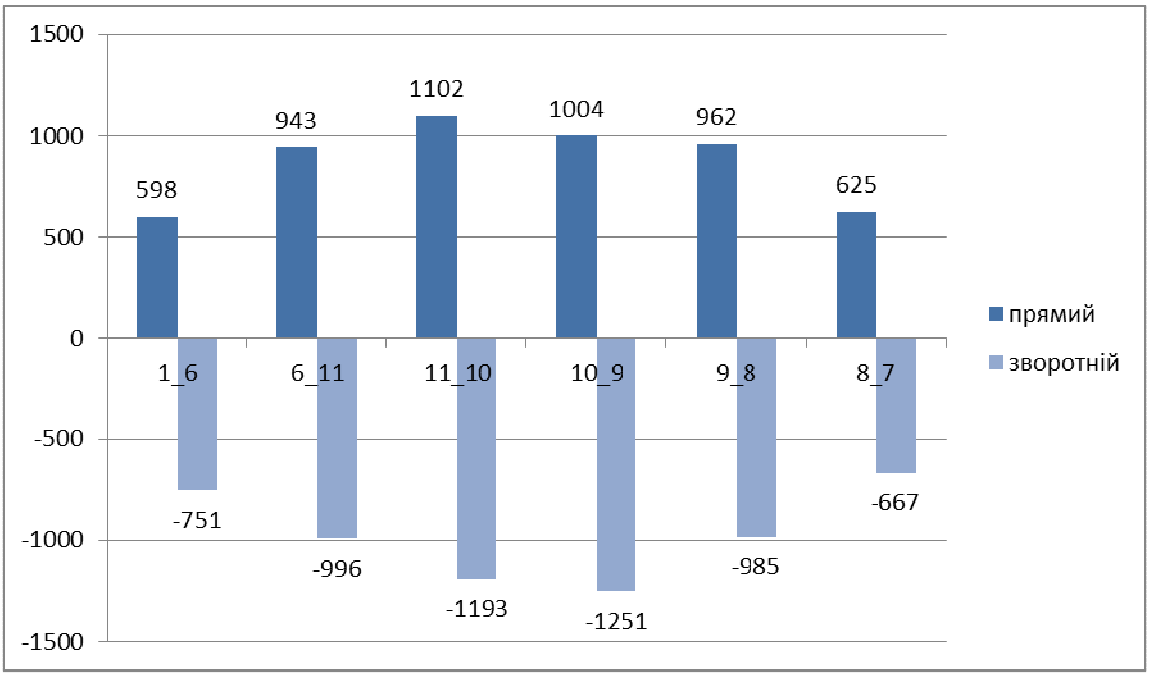


Рисунок 3.11 – Доповнена епюра пасажиропотоків на маршруті №3

Коефіцієнт ефективності для маршруту №3:

$$k_{эф} = \frac{24652,7}{34027,2} = 0,72$$

В таблиці 3.33 представлено доповнений перерозподіл міжрайонних кореспонденцій для маршруту №4

Таблиця 3.33 – Доповнена матриця міжрайонних кореспонденцій для маршруту №4 (1-6-5-4-3-2)

№ ТР	1	6	5	4	3	2
1	-	107	173	163	117	269
6	170	-	620	166	70	208
5	156	445	-	305	55	92
4	141	90	264	-	170	124
3	75	26	38	124	-	75
2	237	116	90	126	104	

На основі матриці міжрайонних кореспонденцій для маршруту №4 будуємо епюру пасажиропотоків. Пасажиропотоки між кожним перегоном маршруту за залежністю (6.3)

$$N_{1-6} = 107 + 173 + 163 + 117 + 269 = 829 \; пас.$$

$$N_{6-1} = 170 + 156 + 141 + 75 + 237 = 779 \; пас.$$

Аналогічно розраховуємо пасажиропотоки між іншими перегонами. Результати розрахунків представлені в таблиці 3.34. Доповнена епюра пасажиропотоків на маршруті №4 представлена на рисунку 3.12.

Таблиця 3.34 – Пасажиропотоки між перегонами на маршруті №4 (1-6-5-4-3-2)

Перегони	1-6	6-5	5-4	4-3	3-2
Прямий напрямок	829	1786	1545	1085	768
Зворотній напрямок	779	1286	1077	832	673

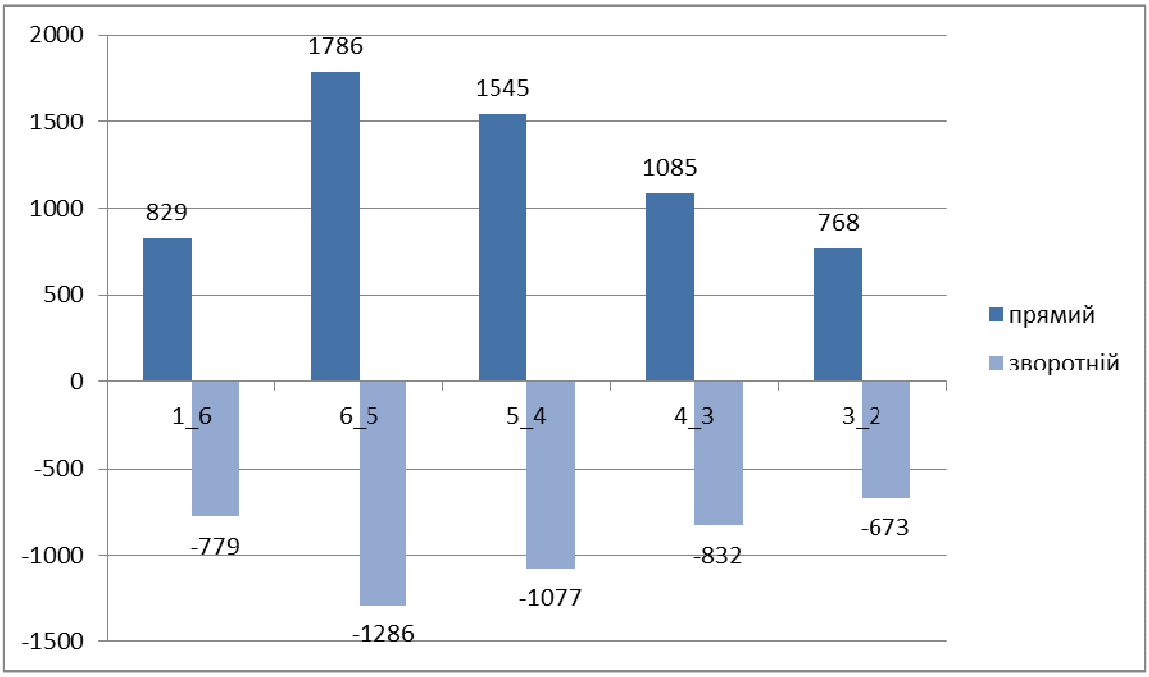


Рисунок 3.12 – Доповнена епюра пасажиропотоків на маршруті №4

Коефіцієнт ефективності для маршруту №4:

$$k_{эф} = \frac{21872,7}{35362,8} = 0,61$$

Значення коефіцієнтів ефективності по кожному маршруту представлені в таблиці 3.35.

Таблиця 3.35 – Значення коефіцієнтів ефективності

Маршрути	№1	№2	№3	№4
Коефіцієнт ефективності до дозавантаження маршрутів	0,74	0,70	0,68	0,70
Коефіцієнт ефективності після дозавантаження маршрутів	0,70	0,68	0,72	0,61

3.7. Розрахунок режимів роботи автобусів на маршруті

Для проведення подальших розрахунків обрано маршрут №1 (3-2-6-11-8-9-10).

Розрахунок режимів роботи автобусів на маршруті проводимо за допомогою графоаналітичного методу. Даний метод дає змогу визначити кількість випущених транспортних засобів на маршрут та рівномірно розподіляє тривалість робочих змін для водіїв та автобусів.

Для розрахунку режимів роботи автобусів на маршруті за допомогою графоаналітичного методу необхідні наступні вихідні дані:

- діаграма «Мінімум-Максимум»;
- очікувана тривалість зміни;
- тривалість обідніх перерв.

Графоаналітичний метод розрахунків включає в себе 3 етапи:

1. Розрахунок пасажиропотоків на маршруті за кожною годиною доби.
2. Розрахунок необхідної кількості автобусів на маршруті за кожною годиною доби.
3. Розрахунок змінності роботи автобусів на маршруті.

1. Розрахунок пасажиропотоків на маршруті за кожною годиною доби.

Пасажиропотоки на маршруті за кожною годиною доби визначаються за формулою:

$$N_i = N_{мах} \cdot k_i^{нер}, \tag{3.23}$$

де $N_{мах}$ – максимальний пасажиропотік, пас.;

$k_i^{нер}$ – коефіцієнт нерівномірності пасажиропотоку протягом *i*-ї години доби:

$$k_i^{нер} = k_i^{нер*} + 0,01 \cdot N_{ост} + 0,01 \cdot N_{пер}, \quad (3.24)$$

де $N_{пер}$ – передостання цифра залікової книжки, $N_{пер} = 9$.

Значення $k_i^{нер*}$ по годинам доби подані у таблиці 3.36.

Таблиця 3.36 – Значення коефіцієнта нерівномірності по годинам доби

Година доби	05-06	06-07	07-08	08-09	09-10	10-11	11-12	12-13	13-14	14-15	15-16	16-17	17-18	18-19	19-20	20-21	21-22	22-23	23-24
$k^{нер*}$	0,45	0,8	1	0,9	0,5	0,4	0,2	0,3	0,3	0,5	0,6	0,7	0,9	0,8	0,5	0,4	0,4	0,2	0,1

$$k_{05-06}^{нер} = 0,45 + 0,01 \cdot 9 + 0,01 \cdot 9 = 0,63$$

Аналогічно визначаємо коефіцієнти нерівномірності пасажиропотоку для інших годин доби і результати розрахунків заносимо до таблиці 3.37.

Таблиця 3.38 – Розрахункові значення коефіцієнта нерівномірності по годинам доби

Година доби	05-06	06-07	07-08	08-09	09-10	10-11	11-12	12-13	13-14	14-15	15-16	16-17	17-18	18-19	19-20	20-21	21-22	22-23	23-24
$k^{нер*}$	0,63	0,98	1,18	1,08	0,68	0,58	0,38	0,48	0,48	0,68	0,78	0,88	1,08	0,99	0,68	0,58	0,58	0,38	0,28

$$N_{05-06} = 1025 \cdot 0,63 = 645,75 \, пас.$$

Приймаємо $N_{05-06} = 646 \, пас.$, тому що значення кількості пасажиропотоку повинно бути цілим числом.

Аналогічно визначаємо пасажиропотоки на маршруті для інших годин доби і результати розрахунків заносимо до таблиці 3.39.

Таблиця 3.39 – Пасажиропотоки на маршруті по годинам доби

Година доби	05-06	06-07	07-08	08-09	09-10	10-11	11-12	12-13	13-14	14-15	15-16	16-17	17-18	18-19	19-20	20-21	21-22	22-23	23-24
N_i	646	1004	1209	1107	697	594	389	492	492	697	799	902	1107	1015	807	594	594	389	287

На основі значень пасажиропотоки на маршруті по годинам доби будуємо епюру пасажиропотоку на маршруті по годинам доби (рисунок 3.13).

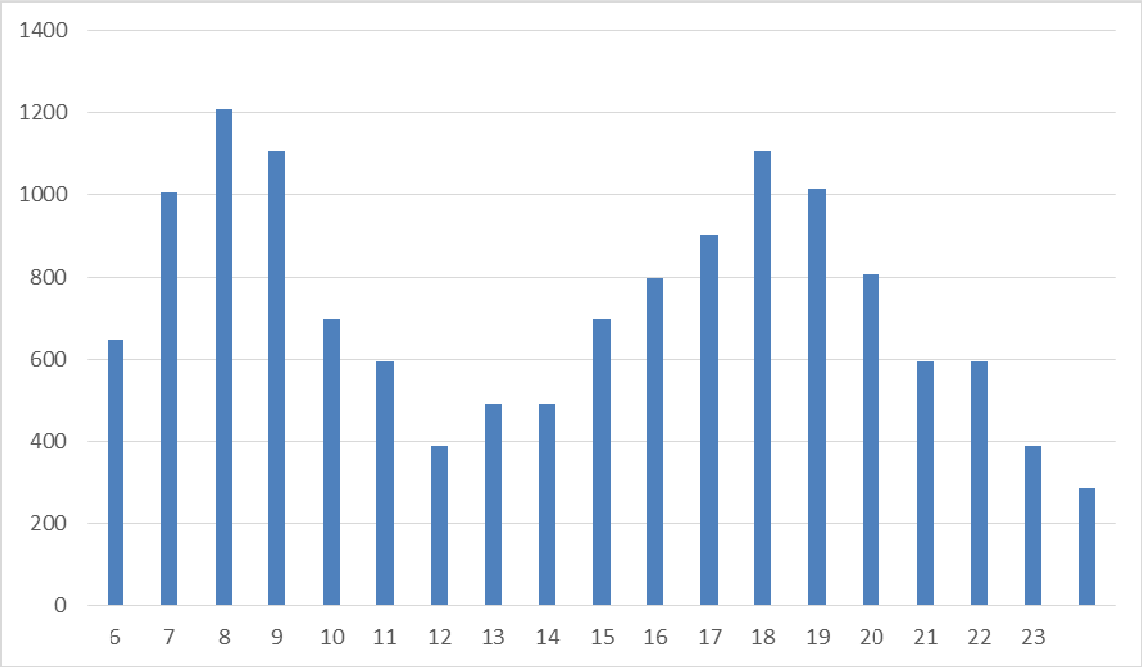


Рисунок 3.13 – Епюра пасажиропотоку на маршруті по годинам доби

Розрахунок необхідної кількості автобусів на маршруті за кожною годиною доби.

Необхідна кількість автобусів за кожною годиною доби розраховується за формулою:

$$A_i = \frac{N_i \cdot t_{об}}{q_н \cdot 60}, \tag{3.25}$$

$$A_{05-06} = \frac{646 \cdot 108}{99 \cdot 60} = 11{,}75 \; од.$$

Приймаємо, $A_{05-06} = 11 \; од.$, оскільки показник кількості автобусів повинен бути цілим числом.

Аналогічно визначаємо кількість автобусів для інших годин доби і результати розрахунків заносимо до таблиці 3.40.

Таблиця 3.40 – Зміна кількості автобусів на маршруті за годинам доби

Година доби	05-06	06-07	07-08	08-09	09-10	10-11	11-12	12-13	13-14	14-15	15-16	16-17	17-18	18-19	19-20	20-21	21-22	22-23	23-24
A_i	11	16	17	16	13	11	7	9	9	13	15	16	17	16	13	11	11	7	5

Максимальна кількість працюючих автобусів:

$$A_{мах} = max(A_i) \cdot k_{деф}, \tag{3.26}$$

де $k_{деф}$ - коефіцієнт дефіциту автобусів:

$$k_{деф} = 0{,}8 + 0{,}01 \cdot N_{ост}, \tag{3.27}$$

$$k_{деф} = 0{,}8 + 0{,}01 \cdot 9 = 0{,}89$$

$$A_{мах} = 17 \cdot 0{,}89 = 15{,}13 \; од.$$

Приймаємо $A_{мах} = 15 \; од.$ для того, щоб забезпечити резерв автобусів у розмірі не менше 15% від загальної кількості рухомого складу, так як $k_{деф} = 0{,}89$

Мінімальна кількість працюючих автобусів:

$$A_{min} = \frac{t_{об}}{I_{мах}}, \tag{3.28}$$

де $I_{мах}$ - максимально допустимий інтервал руху автобусів, хв.:

$$I_{мах} = 12 + N_{ост}. \tag{3.29}$$

$$I_{мах} = 12 + 9 = 21 \; хв.$$

$$A_{min} = \frac{108}{21} = 5{,}1 \; од.$$

Приймаємо, $A_{min} = 5 \; од.$

Будуємо діаграму розрахованої зміни кількості автобусів за годинами (рисунок 3.14).

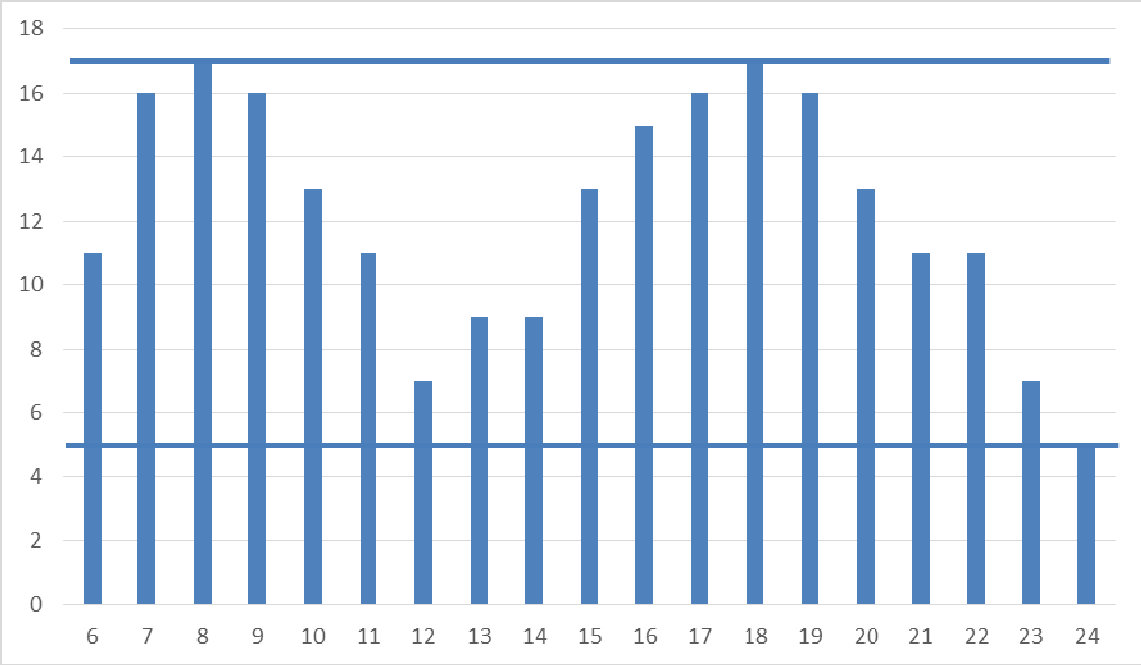


Рисунок 3.14 – Діаграма зміни кількості автобусів за годинами доби з лініями «Максимум», «Мінімум»

Для визначення прийнятої кількості автобусів для роботи на маршруті необхідно скорегувати розраховану кількість автобусів наступним чином: якщо $A_i < A_{min}$, то прийняти його $A_i = A_{min}$; якщо $A_i > A_{мах}$, то прийняти його $A_i = A_{мах}$. Скореговані значення необхідної кількості автобусів подані в таблиці 3.41.

Таблиця 3.41 – Прийнята кількості автобусів на маршруті за годинам доби

Година доби	05-06	06-07	07-08	08-09	09-10	10-11	11-12	12-13	13-14	14-15	15-16	16-17	17-18	18-19	19-20	20-21	21-22	22-23	23-24
A_i	11	**15**	**15**	**15**	13	11	7	9	9	13	15	**15**	**15**	**15**	13	11	11	7	5

Діаграма прийнятої кількості працюючих автобусів за годинами доби з урахуванням лінії «Мінімум» (мінімальна кількість автобусів) та лінії «Максимум» (максимальні кількість автобусів) представлена на рисунку 3.15.

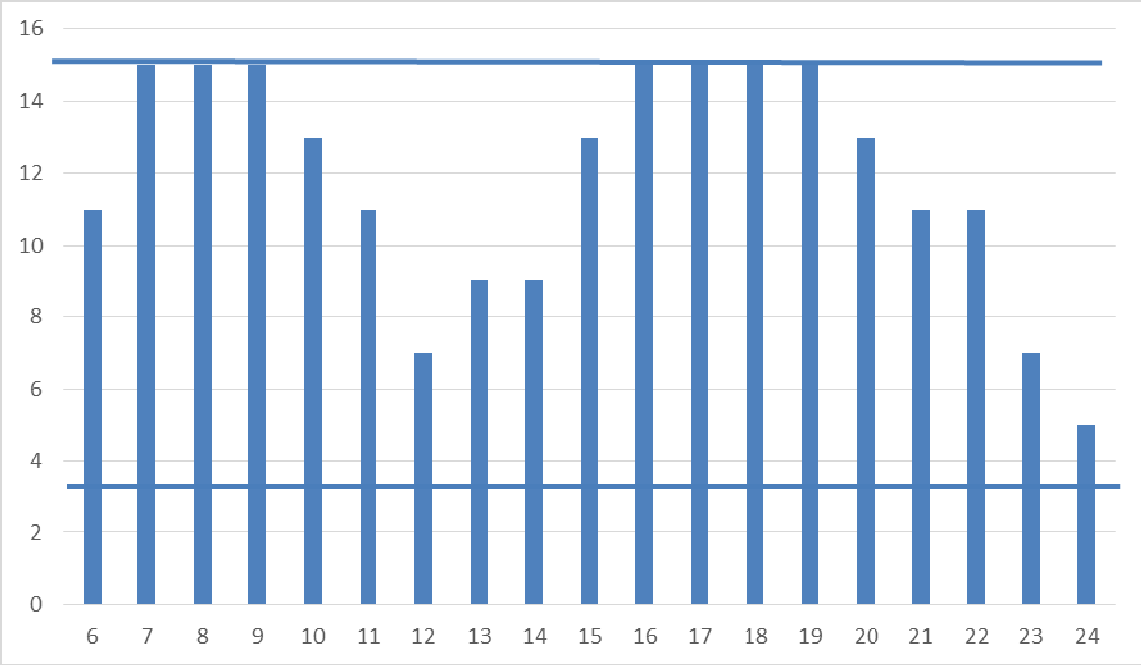


Рисунок 3.15 – Прийнята кількість працюючих автобусів за годинами доби з лініями «Максимум», «Мінімум»

2. Розрахунок змінності роботи автобусів на маршруті.

Визначення змінності роботи автобусів на маршруті:

$$ЗМ = \frac{АГ_{min}^{max} + T_0 \cdot A_{max}}{T_{зм}}, \tag{3.30}$$

де $АГ_{min}^{max}$ – кількість автомобіле-годин роботи автобусів із урахуванням проведених ліній «максимум» та «мінімум», год.;

$T_{зм}$ – час зміни роботи водіїв, год.;

T_0 – час нульових пробігів автобуса, год.

$$АГ_{min}^{max} = \sum A_i^{прий} \tag{3.31}$$

$$АГ_{min}^{max} = 225 \; год.$$

$$T_{зм} = \begin{cases} 7, якщо N_{ост} - непарне \\ 8, якщо N_{ост} - парне \end{cases}, \tag{3.32}$$

Приймаємо $T_{зм} = 7 год.$, тому що $N_{ост}$ непарне $N_{ост} = 9$.

$$T_0 = \frac{l_0}{V_m}, \tag{3.33}$$

де l_0 – довжина нульових пробігів, км:

$$l_0 = 10 + 2 \cdot N_{ост} \ , \tag{3.34}$$

$$l_o = 10 + 2 \cdot 9 = 28 \ км$$

$$T_o = \frac{28}{29} = 0{,}96 \ год.$$

$$ЗМ = \frac{225 + 0{,}96 \cdot 15}{7} = 33{,}4$$

Приймаємо $ЗМ = 37$ змін для того, щоб не вводити одну додаткову зміну. Залишок 0,4 зміни розподіляємо між прийнятими 33 змінами у вигляді збільшення зміни роботи кожного автобуса.

Розподіл робочих змін автобусних бригад на маршруті проводимо за допомогою коефіцієнта виходу:

$$k_{вих} = ЗМ - 2A_{мах}. \tag{3.35}$$

$$k_{вих} = 33 - 2 \cdot 15 = 3$$

На підставі розрахованого значення коефіцієнта виходу і залежностей, які представлені у таблиці 9.6, розподіляємо зміни роботи автобусних бригад на маршруті на однозмінні, двохзмінні та трьохзмінні.

Таблиця 3.42 – Необхідна кількість виходів автобусів різної змінності

$k_{вих}$	Однозмінний режим	Двохзмінний режим	Трьохзмінний режим
0	Не потребуються	$A_{мах}$	Не потребується
Більше 0	Не потребуються	$3A_{мах} - ЗМ$	$ЗМ - 2A_{мах}$
Менше 0	$2A_{мах} - ЗМ$	$ЗМ - A_{мах}$	Не потребується

Так як $k_{вих} = 3$, то використовуємо лише двохзмінний режим.

Кількість виходів автобусів різної змінності.

Двохзмінний режим:

$$3A_{мах} - ЗМ \tag{3.36}$$

$$3 \cdot 15 - 33 = 12 \ змін$$

На основі визначених режимів роботи автобусів представимо на рисунку 9.4 графічне зображення прийнятої кількості працюючих автобусів за годинами доби із нанесеною лінією змінності.

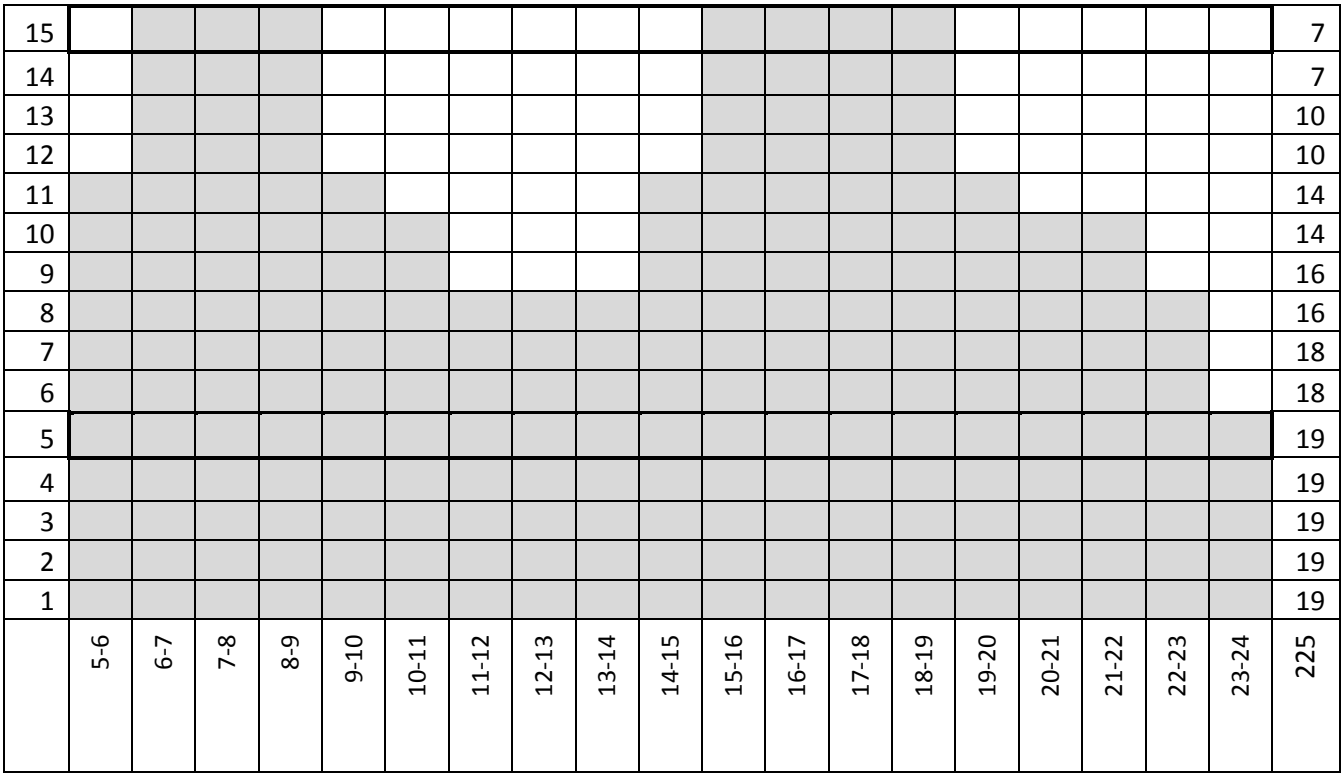


Рисунок 3.16 – Прийнята кількість працюючих автобусів за годинами доби із нанесеною лінією змінності

Рисунок 9.4 показує, що кожен автобус на маршруті має різну тривалість роботи виходів. За допомогою графоаналітичного методу можливо максимально урівноважити між собою час роботи кожного виходу, використовуючи вертикальне переміщення окремих стовпців діаграми або їх частин. Дані розрахунки проводяться з урахуванням «Положення про робочий час і відпочинок водіїв автотранспортних засобів», надаючи водіям обідню перерву або короткочасну перерву. При наданні обідньої перерви водіям необхідно враховувати те, що автобуси цих водіїв не працюють. Тому потрібно додатково застосовувати в цей час «компенсуючі» автобуси.

Один з етапів розрахунку режимів роботи автобусів за допомогою графоаналітичного методу представлений на рисунку 3.17

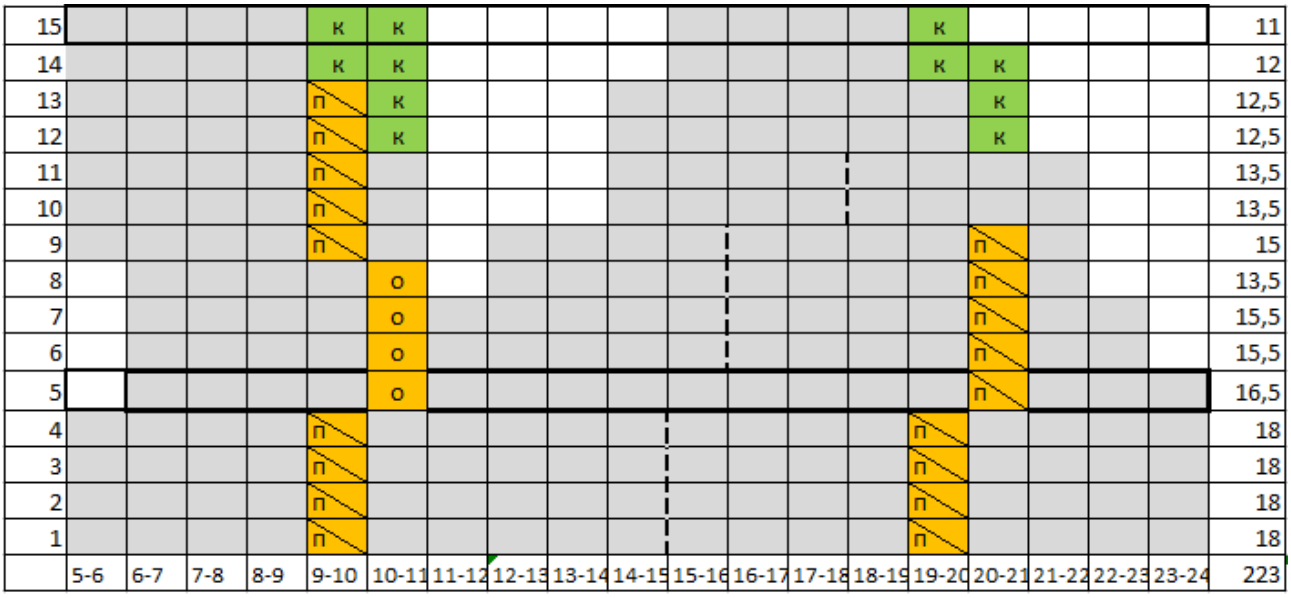
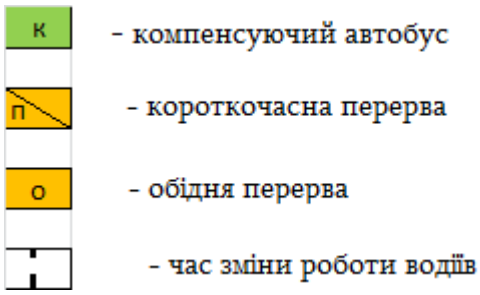


Рисунок 3.17 – Перший етап розрахунку режимів роботи автобусів за допомогою графоаналітичного методу

Умовні позначення:



Кінцевий результат графоаналітичного розрахунку представлений на рисунку 3.18.

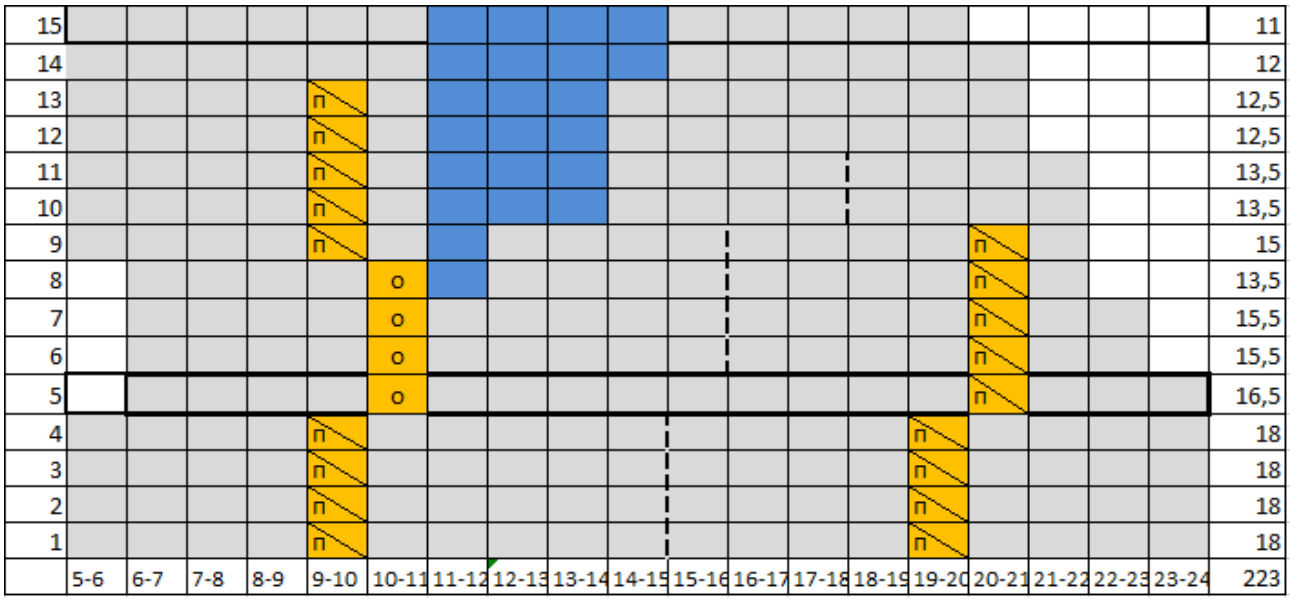
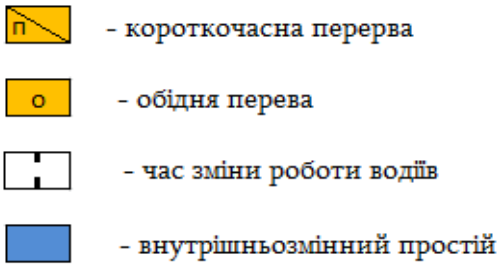


Рисунок 3.18 – Кінцевий результат графоаналітичного розрахунку

Умовні позначення:



В результаті проведення розрахунків режимів роботи автобусів було застосовано наступні види виходів:

- для автобусів 1-4 – двохзмінний режим (обидва виходи з короткочасними перервами);
- для автобусів 5-8 – двохзмінний режим (перший вихід з обідньою перервою, другий вихід з короткочасною перервою);
- для автобуса 9 – двохзмінний режим (обидва виходи з короткочасними перервами).
- для автобусів 10-11 – двохзмінний режим (перший вихід з внутрішньозмінним простоєм);
- для автобусів 12-15 – однозмінний режим (з внутрішньозмінним простоєм);

Якість проведених розрахунків визначається коефіцієнтом ефективності графоаналітичної побудови:

$$k_{еф} = \frac{АГ_{min}^{max}}{АГ_{ГАР}} \geq 0,9, \tag{3.37}$$

де $АГ_{ГАР}$ – кількість автомобіле-годин, що одержані під час графоаналітичного розрахунку.

$$k_{еф} = \frac{223}{225} = 0,99$$

4 СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА
СУЧАСНІ ТЕХНОЛОГІЇ НА ТРАНСПОРТІ

4.1 Сучасні інформаційні технології на громадському пасажирському транспорті

Громадський пасажирський транспорт, незважаючи на його тип (автобус, поїзд пороми) може бути незручним для пасажирів. Хоча рух громадським пасажирським транспортом зазвичай дешевший ніж подорож на приватному транспортному засобі, він може бути не таким комфортним, зручним або швидким, як переміщення на приватному транспортному засобі. Пасажирам при цьому доведеться повязувати свої розклади з розкладом громадського транспорту. Можливі також непередбачені обставини, які можуть порушити графік руху громадського пасажирського транспорту. Однак недоліки громадського пасажирського транспорту повільно усуваються. Громадський пасажирський транспорт починає ставати зручнішим, впроваджується більше зручностей для пасажирів, такі як доступ до Інтернету, покращується обслуговування, пропонуючи більше бонусів для пасажирів та експрес-сервіс. Крім того, зараз технологія Інтернет речей (IoT) стає все більш звичною для громадського транспорту. Розумні підключені системи громадського пасажирського транспорту пропонують пасажирам набагато багато переваг ніж раніше. Ця технологія сприятиме покращенню ставлення пасажирів до громадського пасажирського транспорту. Наприклад впроваджено технологію, яка пропонує пасажирам в режимі реального часу відстеження транспортних засобів, сповіщення у випадку несподіваних подій та персоналізовані новини про подорожі пасажирам, які придбали квитки з підтвердженням через свої персоналізовані кабінети.

Відстеження транспортних засобів у режимі реального часу – мабуть, одна з найбільших скарг на громадський транзит, яку здійснюють пасажири, - неможливість отримати інформацію в реальному часі про те, де знаходиться транспортний засіб або коли він прибуде на конкретну зупинку. На щастя,

технологія Internet of Things (IoT) дозволяє легко відстежувати місцезнаходження всіх типів громадського пасажирського транспорту. Комунальні служби можуть встановлювати системи GPS на своїх транспортних засобах, підключених до Інтернету. Дані GPS передаються назад до центрального командного центру. Після отримання даних GPS інформація про місцезнаходження транспортного засобу може бути перенесена на мобільний пристрій пасажира, який підтримує Інтернет, або на електронні інформаційні табло, які розміщені на зупинках. Потім пасажири можуть знати точний час, коли транспортний засіб прибуде на конкретну зупинку. Моніторинг транспортних засобів не ефективний без використання сучасних комунікаційних засобів. Комунікаційні засоби базуються на досягненнях у низькочастотній радіотелефонії, супутниковому зв'язку та технологіях обробки відеографічної інформації. Широко використовуються також такі нові технології, як: національні та регіональні сотові мережі для передачі вербальної й цифрової інформації; супутникові комунікаційні системи передачі інформації та глобального позиціювання. Як базовій мережній технології у транспортній логістиці перевага віддається системі мережі Інтернет, яку вирізняє порівняно низька вартість, простота експлуатації, відкритість для використання та координації перевезень усіма видами транспорту. Широко використовується глобальний мобільний зв'язок "трубка- трубка", який забезпечується низькоорбітальними супутниками системи "Global Star". Нові напрями розвитку логістики пов'язані з методологіями розподілу мобільного керування на основі мережних WAP-технологій (т-logistics), ресурсної підтримки життєвого циклу товарів на основі CALS- технологій

Непередбачені обставини іноді можуть порушити графік руху громадського транспорту. Наприклад такі події як поломки, закриття доріг або погода можуть суттєво змінити час прибуття транспортних засобів або змінити маршрут його руху. Інтернет речей (IoT) дозволить комунальним службам легше перенаправляти транспортні засоби, повідомляти пасажирів. У разі виникнення непередбачених обставин транзитні агенції зможуть сповістити пасажирів заздалегідь, надсилаючи сповіщення на їхні мобільні телефони

заздалегідь. Технологія IoT також дозволить транзитним агенціям розробити план дій у надзвичайних ситуаціях у разі непередбачених обставин. Наприклад, у випадку виникнення надзвичайної ситуації транзитні агенції можуть брати інформацію у сканерів квитків, підключених до Інтернету, щоб визначити, скільки пасажирів у поїзді, а не чекати на кондуктора, щоб передати інформацію. Потім транзитне агентство може визначити, скільки автобусів використовувати в автобусному мосту, щоб зменшити незручності, які зазнають пасажири.

Персоналізована інформація про подорожі. Люди люблять відчувати себе особливими. Персоналізована інформація змусить пасажирів громадського транспорту відчувати себе так, ніби про них піклуються особисто. Технологія Internet of Things (IoT) дозволить транзитним агенціям легко розсилати персоналізовану інформацію про подорожі пасажирам. Наприклад, транзитні агенції можуть відстежувати звичні подорожі конкретної людини та визначати, яку станцію та маршрут цей користувач часто використовує. При цьому можуть пропонуватися знижки на квитки. У разі запланованого закриття станції або перенаправлення певного маршруту транзитне агентство зможе сповістити особу заздалегідь.

Очевидно, що технологія Internet of Things (Iot) продовжуватиме вдосконалювати перевагу при обранні пасажирами виду транспорту для подорожей чи просто переміщення, пропонуючи відстеження транспортних засобів у режимі реального часу, покращення відповідей у випадку несподіваної події та персоналізовану інформацію про подорожі. По мірі того, як міста стають більш перевантаженими, громадський транспорт стане дуже привабливим варіантом для людей, які хочуть відмовитися від користування особистими транспортними засобами. Технологія IoT лише покращить громадський транзит, а як поліпшиться громадський транзит, відбуватимуться перетворення вліво і вправо.

4.2 Безпека при використанні інформаційних технологій

Використання інформаційних технологій окрім функції покращення зручності для пасажирів несе ще функцію підвищення безпеки пасажирів при їх переміщенні. Окрім громадський пасажирський транспорт – це місце скупчення великої кількості людей, то завжди існує загроза надзвичайних ситуацій з небажаними наслідками для пасажирів. Тому обов'язкова персональна ідентифікація пасажирів при посадці пасажира в салон транспортного засобу, не тільки усуне потребу купувати квиток в касах автовокзалів, але і дозволить визначити особу пасажирів. Це повинно значно зменшити кількість небажаних надзвичайних ситуацій, оскільки дозволить відстежувати пасажирів які знаходяться поза законом.

На сьогоднішній десь існує система розпізнавання облич пасажирів, які перебувають в аеропортах, автовокзалах та на залізничних станціях. Однак вказаний аналог не дозволяє виявити і не допустити на борт транспортного засобу людини, яка знаходиться поза законом.

Крім цього поступова диджитилізація суспільства дозволить вивільнити велику кількість робочих місць і пере направити їх у інші сфери народного господарства, оскільки сьогоднішні пасажири не тільки очікують зручних послуг громадського транспорту, але й потребують інтегрованих варіантів мобільності та надійної інформації в режимі реального часу, а також інших нових та сучасних послуг. Амбітні постачальники громадського транспорту керуються можливостями, що виникають за допомогою нової технології. Вони вважають їх шансом поліпшити свою частку ринку, а також свою операційну ефективність.

5. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ПРОЕКТУ

5.1 Маршрути руху при перевезеннях пасажирів

Пасажирський автомобільний транспорт широко обслуговує транспортні потреби міського й сільського населення, забезпечуючи масові й індивідуальні перевезення пасажирів парком автобусів і легкових автомобілів.

Розвиток пасажирського транспорту, більше повне задоволення потреб у перевезеннях значно впливають на використання вільного часу трудящих і продуктивність їхньої праці. Тому проблема пасажирського автомобільного транспорту є важливою частиною комплексної програми соціального розвитку. Успішне її рішення залежить від ступеня досконалості й обґрунтованості системи перевізного процесу, що забезпечує головну ланку й кінцеву мету експлуатаційної діяльності пасажирського транспорту.

Обсяг перевезень виміряється числом планованих або фактично перевезених пасажирів. Вихідною інформацією є транспортна рухливість населення. Вона може бути визначена для країни, республіки, області, міста як сумарне число поїздок населення протягом року, віднесене до всієї чисельності проживаючих у них жителів. Маршрут є основної формою організації руху між двома пунктами.

Маршрути, по яких здійснюється рух автобусів по місту, мають установлені позначення у вигляді номера (іноді букв) і можуть відрізнятися трасою-проходження або режимом роботи. Типи міських маршрутів визначаються також розташуванням їх щодо центральної частини міста.

Радіальні маршрути - маршрути, що проходять із окраїнної або приміської зони міста й закінчуються в центральній. Вони забезпечують невеликі пасажиропотоки.

Діаметральні маршрути - маршрути, які починаються й кінчаються за межами центральної частини міста, але перетинають центральну частину міста окремими ділянками, що сприяє раціональному перевезенню пасажирів.

Тангенціальні маршрути - маршрути, що проходять по трасах, минаючи центральну частину міста. Вони організуються в містах з населенням більше 200 тис. чол. при розташуванні промислових підприємств і житлових районів міста в периферійній зоні: щодо центра міста.

Кільцеві маршрути утворяться із з'єднання декількох тангенціальних і обслуговують ділянки з більшими, пасажиропотоками на напрямках, що обходять центр міста. Кінцеві пункти кільцевих маршрутів призначаються на ділянках з мінімальними пасажиропотоками, можлива організація руху з одним кінцевим пунктом на маршруті.

Маятниковим називають такий маршрут, при якому шлях проходження рухливого складу в прямому й зворотному напрямку проходить по однієї й тій же трасі.

Маршрути, залежно від тривалості й часу їхньої роботи, можна розділити на:

основні - автобуси працюють протягом двох змін; сюди ж входять і нічні маршрути - автобуси працюють, тільки в нічний час і обслуговують найбільш важливі ділянки транспортної мережі;

денні - з укороченим робітником удень (до 19-20 ч), тільки в годинники пік, по обслуговуванню частини окремих маршрутів, що мають у певні годинники доби значний пасажиропотік;

додаткові - тільки по разовому обслуговуванню в годинники організації видовищних заходів, а також вивозу населення в зони масового відпочинку й т.д.;

виробничі - завезення (вивіз) робочих змін великих підприємств безпосередньо перед початком і закінченням зміни.

З метою зниження витрат часу пасажирів на поїздку й підвищення ефективності використання рухливого складу усередині діючих основних маршрутів можуть організовуватися швидкісні, або експресні маршрути, при

виконанні яких автобуси зупиняються на зупинних пунктах маршруту, що мають значний пасажиропотік. При скороченні часу пасажирів на поїздки до 20-25% підвищується продуктивність рухливого складу за рахунок збільшення його оборотності (на 15-20%), знижується собівартість перевезень, зменшується витрата палива (на 3-5%).

По методах контролю й керування рухом маршрути можна розділити на три категорії:

перша - інтервал руху в годинники пік понад 15 хв. Рух організується за твердим розкладом, що доводить до пасажирів на всіх зупинних пунктах маршруту, що дає можливість при більших інтервалах планувати свій підхід до зупинки. Якість обслуговування пасажирів оцінюється по відсотку виконання рейсів і точності руху. З керуючих впливів можливі тільки заміни графіка при сході автобуса з маршруту;

друга - інтервал руху в годинники пік 6-15 хв. Рух здійснюється по розкладах, які залежно від впливів, що обурюють, - сходів, запізнень, погодних умов можуть змінюватися по окремих автобусах або всім працюючої на маршруті. Якість обслуговування пасажирів оцінюється по регулярності, індивідуальна робота водіїв - по точності руху. Можливі керуючі впливи - при сході автобуса (напрямок резерву, перемикання з маршруту на маршрут і розсунення інтервалів), при запізненні із прибуттям на кінцеві пункти маршруту (проїзд частини маршруту без зупинок, напрямок в укорочений або експресний рейс), при переході на оперативний інтервал (перерахування розкладу руху в реальному масштабі часу).

третя - інтервал руху в годинники пік 2-6 хв. Якість обслуговування пасажирів і роботи водіїв оцінюється по регулярності руху. На цих маршрутах можлива тільки бригадна форма роботи з колективною відповідальністю й керуючі впливу, зв'язані зі сходом автобуса з маршруту й переходом на оперативний інтервал.

Важливість постійних транспортних зв'язків між окремими районами міста є основою для створення маршрутної мережі міста. При обслуговуванні

населення декількома видами транспорту ця мережа є сукупністю їхніх маршрутів.

Основним документом, що характеризує автобусний маршрут, є паспорт, що становлять за затвердженою формою на діючі й знову автобусні маршрути, що відкриваються, міського, приміського й міжміського повідомлення. До оформлення паспорта рух автобусів не дозволяється.

5.2 Основні техніко-експлуатаційні показники автобусних перевезень

Для призначених маршрутів розраховуємо техніко-експлуатаційні показники роботи автобусів. Розрахунки проводимо для маршруту №1.

1. Довжина маршруту, км:

$$L_M = \sum_{i=1}^{n} l_{ij} \tag{5.1}$$

де l_i – довжина *i*-го перегону, км; *n* – кількість перегонів на маршруті.

$$L_M = 1{,}9 + 1{,}5 + 1{,}8 + 2{,}6 + 3{,}5 + 1{,}8 = 13{,}1 км$$

2. Час обороту, хв.:

$$t_{об} = 2 \cdot t_{ресй}, \tag{5.2}$$

де $t_{рейс}$ – час рейсу, хв:

$$t_{ресй} = \frac{60 \cdot L_M}{V_m} + \frac{n_{зуп} \cdot t_{п.з.}}{60} + t_{к.з.} \tag{5.3}$$

де V_m – технічна швидкість руху автобусів, км/год.;

$t_{п.з.}$ - час простою на проміжних зупинках, сек.;

$t_{к.з.}$ - час простою на кінцевій зупинці, хв.;

$n_{зуп}$ - кількість зупинок на маршруті, од.

Технічна швидкість руху автобусів приймаємо за залежністю:

$$V_m = 20 + N_{ост}, \tag{5.4}$$

де $N_{ост}$ - остання цифра залікової книжки, $N_{ост} = 9$.

$$V_т = 20 + 9 = 29 км / год$$

Час простою на проміжній зупинці приймаємо за залежністю:

$$t_{п.з.} = 30 + 5 \cdot N_{ост} \tag{5.5}$$

$$t_{п.з.} = 30 + 5 \cdot 9 = 75 сек.$$

Час простою на кінцевій зупинці приймаємо за залежністю:

$$t_{к.з.} = 3 + N_{ост} \tag{5.6}$$

$$t_{к.з.} = 3 + 9 = 12 хв.$$

Кількість зупинок на маршруті, од.:

$$n_{зуп} = int\left(\frac{L_м}{\overline{l_{пер}}}\right) + 1, \tag{5.7}$$

де $\overline{l_{пер}}$ – середня довжина перегону на маршруті, км:

$$\overline{l_{пер}} = \frac{400 + 50 \cdot N_{ост}}{1000}. \tag{5.8}$$

$$\overline{l_{пер}} = \frac{400 + 50 \cdot 9}{1000} = 0{,}85 км.$$

$$n_{зуп} = int\left(\frac{13{,}1}{0{,}85}\right) + 1 = 16 од.$$

$$t_{рейс} = \frac{60 \cdot 13{,}1}{29} + \frac{16 \cdot 75}{60} + 6 = 53{,}1 хв.$$

Приймаємо $t_{рейс}$ = 54 хв., так як значення часу рейсу повинно бути цілим числом для зручності використання даного показника при складанні графіку руху автобусів. Округлення здійснюємо в більшу сторону для надання автобусу додаткового часу на випадок виникнення заторів.

$$t_{об} = 2 \cdot 54 = 108 хв.$$

3. Інтервал руху у годину «пік», хв.:

$$I^{пік} = \left(\frac{60 \cdot q_{гран}}{N_{ij}^{мах}}\right) + 1 \tag{5.10}$$

де $q_{гран}$ – гранична пасажиромісткість автобуса, яка розраховується виходячи з 8 чол./м^2 вільної площі салону, пас.:

$$q_{гран} = \left(\frac{q_н - q_{сид}}{5} \right) \cdot 8 + q_{сид}, \tag{5.11}$$

де $q_{сид}$ – кількість місць для сидіння.

$$q_{гран} = \left(\frac{99 - 27}{5} \right) \cdot 8 + 27 = 142{,}2 \; пас.$$

Приймаємо $q_{гран}$ =142 пас, тому що можна перевозити лише ціле число пасажирів. Округлення здійснюємо в меншу сторону, щоб не перевищувати значення 5 чол./м^2 при заповненні вільної площі салону автобуса.

$$I^{пік} = \left(\frac{60 \cdot 142}{1015} \right) + 1 = 8{,}3 \; хв.$$

Приймаємо $I^{пік}$=9 хв., тому що значення повинно бути цілим числом для зручності використання даного показника при складанні графіку руху автобусів. Округлення здійснюємо в меншу сторону, щоб забезпечити мінімальний час очікування пасажирів на зупинках у час «пік».

4. Кількість автобусів на маршруті у годину «пік», од.:

$$A^{пік} = \frac{t_{об}}{I^{пік}}. \tag{5.11}$$

$$A^{пік} = \frac{108}{6} = 18 \; од.$$

Пиймаємо $A^{пік}$ = 18, щоб у час «пік» не від2бувалося перевищення значення 5 чол./м^2 при заповненні вільної площі салону автобуса.

5. Фактичний пасажирообіг на маршруті, пас. км.:

$$P_ф = \sum_1^n N_{ij} \cdot l_i + \sum_1^n N_{ji} \cdot l_i, \tag{5.12}$$

$$P_ф = (220 \cdot 1{,}9 + 647 \cdot 1{,}5 + 838 \cdot 1{,}8 + 678 \cdot 2{,}6 + 816 \cdot 3{,}5 + 823 \cdot 1{,}8) +$$
$$+ (405 \cdot 1{,}9 + 953 \cdot 1{,}5 + 1025 \cdot 1{,}8 + 829 \cdot 2{,}6 + 965 \cdot 3{,}5 + 684 \cdot 1{,}8) = 19805{,}2 \; пас.км.$$

6. Кількість перевезених пасажирів на маршруті, пас:

$$Q = \sum_{i=1}^{n} \sum_{j=1}^{n} (H_{ij}^* + H_{ji}^*). \tag{5.13}$$

$$Q = 1789 + 2001 = 3790 пас.$$

7. Середня довжина їздки одного пасажира на маршруті, км:

$$l_{сер} = \frac{P_ф}{Q}. \tag{5.14}$$

$$l_{сер} = \frac{19805{,}2}{3790} = 5{,}22 \text{ км.}$$

8. Коефіцієнт змінності пасажирів на маршруті:

$$\eta_{зм} = \frac{L_м}{l_{сер}}. \tag{5.15}$$

$$\eta_{зм} = \frac{13{,}1}{5{,}22} = 2{,}5$$

9. Можливий пасажирообіг на маршруті, пас. Км.:

$$P_м = \frac{2 \cdot 60 \cdot L_м \cdot A^{пік} \cdot q_н}{t_{об}}. \tag{5.16}$$

$$P_м = \frac{2 \cdot 60 \cdot 13{,}1 \cdot 16 \cdot 99}{108} = 20174 \text{ пас.км.}$$

10. Динамічний коефіцієнт використання пасажиромісткості:

$$\gamma_д = \frac{P_ф}{P_м}. \tag{5.17}$$

$$\gamma_д = \frac{19805{,}2}{20174} = 0{,}98$$

Аналогічно проводимо розрахунки ТЕП для інших маршрутів і результати заносимо до таблиці 5.1.

Таблиця 5.1 – Техніко-експлуатаційні показники роботи автобусів

ТЕП	Одиниці виміру	Маршрути сформованої мережі			
		№1 (1-2-9-8-7)	№2 (5-11-9-10)	№3 (4-3-2-9-10)	№4 (6-5-12-9-10)
1	2	3	4	5	6
$L_м$	км	13.1	13,2	13,6	10,5
$\overline{l_{пер}}$	км	0,85	0,85	0,85	0,85
$n_{зуп}$	-	16	16	16	13
$t_{п.з.}$	сек.	75	75	75	75
$t_{к.з.}$	хв.	12	12	12	12
$V_т$	км/год	29	29	29	29

Продовження таблиці 5.1

1	2	3	4	5	6
$t_{рейс}^{розрах}$	хв.	53,1	53,3	54,1	42,7
$t_{рейс}^{прийняте}$	хв.	54	54	55	43
$t_{об}$	хв.	108	108	110	86
$N_{ij}^{мах}$	пас.	1025	1176	1251	1786
$q_{п}^{I=4хв}$	пас.	68	78	83	119
$q_{н}^{I=8хв}$	пас.	136	156	166	238
$N^{мах}$ рекомендаційний інтервал	пас.	1000-1800	1000-1800	1000-1800	1000-1800
$q_{н}$ рекомендаційний інтервал	пас.	80-100	80-100	80-100	80-100
$q_{н}^{прийняте}$	пас.	81	84	86	99
Модель автобуса	-	Богдан А 601	Богдан А 601	Богдан А 601	Богдан А 601
$q_{н}$	пас.	99	99	99	99
$q_{сид}$	пас.	27	27	27	27
$q_{гран}^{розрах}$	пас.	142,2	142,2	142,2	142,2
$q_{гран}^{прийняте}$	пас.	142	142	142	142
$I_{розрах}^{пій}$	хв.	8,3	7,2	6,8	4,8
$I_{прийняте}^{пій}$	хв.	8	7	6	4
$A_{розрах}^{пік}$	-	13.5	15, 4	18,3	21,5
$A_{прийняте}^{пік}$	-	14	16	19	22
Q	пас.	3790	4187	5157	4916
$P_{ф}$	пас. км.	19805,2	21198,7	24658,3	21316,1
$l_{сер}$	км	5,22	5,1	4,8	4,3
$\eta_{зм}$	-	2,5	2,6	2,8	2,4
$P_{м}$	пас. км.	20174	23232	27907,2	31910,2
$\gamma_{д}$	-	0,98	0,91	0,88	0,67
КЕ	-	0,7	0,68	0,72	0,61

Коефіцієнт якості сформованої маршрутної мережі:

$$K_{я} = \frac{\sum P_{ф}}{P_{мін}}. \tag{5.18}$$

$$K_{я} = \frac{19805,2 + 21198,7 + 24658,3 + 21316,1}{58477,2} = 1,49$$

На основі розрахунку фактичної транспортної роботи було визначено

коефіцієнт якості сформованої маршрутної мережі. Даний показник показує відхилення відстаней сформованих маршрутів від найкоротших відстаней, по яким їх можна було прокласти.

5.3. Вибір рухомого складу

В курсовому проекті раціональну номінальну пасажиромісткість автобусів визначаємо двома способами:

1. Згідно з доцільного інтервалу руху у години «пік».
2. Залежність місткості автобуса від потужності пасажиропотоку.

Раціональну номінальну пасажиромісткість автобуса визначаємо виходячи з доцільного інтервалу руху у години «пік» за залежністю:

$$q_н = \frac{N_{ij}^{\max} \cdot I^{доц}}{60} \tag{5.19}$$

де $I^{доц}$ – доцільний інтервал руху у годину «пік» ($I^{доц}$=3…5 хв.). Для розрахунків приймаємо середнє значення $I^{доц}$= 4 хв.

Так як розрахунок раціональної номінальної пасажиромісткісті автобуса представлений у вигляді відношення, то отримане значення може бути у вигляді дробового числа. Кількісне значення пасажиромісткості може бути лише цілим числом, тому результати розрахунків округлюємо до цілого значення. Округлення здійснюємо в більшу сторону для забезпечення резерву пасажиромісць, так як фактичні значення пасажиропотоку можуть бути більшими від розрахункових.

Раціональна номінальна пасажиромісткість автобуса для маршруту №1:

$$q_н^{№1} = \frac{1025 \cdot 4}{60} = 68{,}3 \; пас.$$

Приймаємо $q_н^{№1}$ = 68 пас.

Раціональна номінальна пасажиромісткість автобуса для маршруту №2:

$$q_н^{№2} = \frac{1176 \cdot 4}{60} = 78{,}4 \; пас.$$

Приймаємо $q_н^{№2}$ = 78 пас.

Раціональна номінальна пасажиромісткість автобуса для маршруту №3:

$$q_н^{№3} = \frac{1251 \cdot 4}{60} = 83{,}4 пас.$$

Приймаємо $q_н^{№3}$ = 83 пас.

Раціональна номінальна пасажиромісткість автобуса для маршруту №4:

$$q_н^{№4} = \frac{1786 \cdot 4}{60} = 119{,}1 пас.$$

Приймаємо $q_н^{№4}$ = 119 пас.

Отримані значення раціональної номінальної пасажиромісткості автобусів залежать від максимального пасажиропотоку на маршруті і від інтервалу руху автобусів ($I^{доц}$= 4 хв.). Але в реальних умовах на інтервалу руху вливають дорожні умови (затори, стан дорожнього покриття), погодно-кліматичні умови (ожеледиця, туман) та інші чинники. Тому проведемо аналогічні розрахунки раціональної номінальної пасажиромісткості автобусів для інтервалу руху $I^{доц}$= 8 хв.

Раціональна номінальна пасажиромісткість автобуса для маршруту №1:

$$q_н^{№1} = \frac{1025 \cdot 8}{60} = 136{,}7 пас.$$

Приймаємо $q_н^{№1}$ = 136 пас.

Раціональна номінальна пасажиромісткість автобуса для маршруту №2:

$$q_н^{№2} = \frac{1176 \cdot 8}{60} = 156{,}8 пас.$$

Приймаємо $q_н^{№2}$ = 156 пас.

Раціональна номінальна пасажиромісткість автобуса для маршруту №3:

$$q_н^{№3} = \frac{1251 \cdot 8}{60} = 166{,}8 пас.$$

Приймаємо $q_н^{№3}$ = 166 пас.

Раціональна номінальна пасажиромісткість автобуса для маршруту №4:

$$q_н^{№4} = \frac{1786 \cdot 8}{60} = 238{,}1 пас.$$

Приймаємо $q_н^{№4} = 238$ пас.

Отримані значення раціональної номінальної пасажиромісткості автобусів представлені в таблиці 5.2.

Таблиця 5.2 – Раціональна номінальна пасажиромісткість автобусів

Маршрути	1	2	3	4
Пасажиромісткість автобуса при інтервалі руху $I^{доц} = 4$ хв., пас.	68	78	83	119
Пасажиромісткість автобуса при інтервалі руху $I^{доц} = 8$ хв., пас.	136	156	166	238

Залежність місткості автобуса від потужності пасажиропотоку.

Відповідно до значення пасажиропотоку на найбільш завантаженому перегоні маршруту (у прямому або зворотному напрямках) обираємо рухомий склад для кожного із маршрутів, місткість якого задовольняє потреби перевезеннях (таблиця 5.3).

Таблиця 5.3 – Залежність місткості автобуса від потужності пасажиропотоку

Максимальний пасажиропотік у годину «пік» в одному напрямку, пас.	Місткість автобуса, пас.
до 300	18…30
300…500	30…50
500…1000	50…80
1000…1800	80…100
1800…2600	100…120
2600…3800	120…160

У таблиці 7.2 представлено діапазон значень максимального пасажиропотоку і місткості автобуса. Для вибору рухомого складу необхідно знати конкретне значення місткості автобуса, тому проводимо корегування даних показників методом інтерполяції за залежністю:

$$q_н^{№M} = q_{\min} + \frac{(Q_{\max}^{№M} - Q_{\min}) \cdot (q_{\max} - q_{\min})}{Q_{\max} - Q_{\min}} \quad (5.20)$$

де $q_н^{№M}$ – значення місткості автобуса, яке необхідно знайти для відповідного маршруту, пас.;

$Q_{\max}^{№M}$ – максимальне значення пасажиропотоку на відповідному маршруті, пас.;

$q_{\max}$, $q_{\min}$ – відповідно табличне максимальне і мінімальне значення місткості автобуса, пас.;

$Q_{\max}$, $Q_{\min}$ – відповідно табличне максимальне і мінімальне значення пасажиропотоку в годину «пік» в одному напрямку, пас.

Значення місткості автобусів округлюємо до цілого значення. Округлення здійснюємо в більшу сторону для забезпечення резерву пасажиромісць, так як фактичні значення пасажиропотоку можуть бути більшими від розрахункових.

Пасажиромісткість автобуса для маршруту №1:

$$q_н^{№1} = 80 + \frac{(1025 - 1000) \cdot (100 - 80)}{1800 - 1000} = 80{,}62 пас.$$

Приймаємо $q_н^{№1} = 81$ пас.

Пасажиромісткість автобуса для маршруту №2:

$$q_н^{№2} = 80 + \frac{(1176 - 1000) \cdot (100 - 80)}{1800 - 1000} = 84{,}4 пас.$$

Приймаємо $q_н^{№2} = 84$ пас.

Пасажиромісткість автобуса для маршруту №3:

$$q_н^{№3} = 80 + \frac{(1251 - 1000) \cdot (100 - 80)}{1800 - 1000} = 86{,}27 пас.$$

Приймаємо $q_н^{№3} = 86$ пас.

Пасажиромісткість автобуса для маршруту №4:

$$q_н^{№4} = 80 + \frac{(1786 - 1000) \cdot (100 - 80)}{1800 - 1000} = 99{,}65 пас.$$

Приймаємо $q_н^{№4} = 99$ пас.

Розраховані значення раціональної номінальної пасажиромісткості автобусів в залежності від доцільного інтервалу руху враховують постійний інтервал руху автобусів, якого на практиці не завжди можливо дотримуватися.

Також при даному способі розрахунку потребується досить велика кількість рухомого складу, що призводить до великих затрат автотранспортного підприємства, яке обслуговує дані маршрути. Тому доцільно буде для подальших розрахунків обрати місткості автобусів, розрахованих другим способом – «Залежність місткості автобуса від потужності пасажиропотоку».

Однією із умов вибору рухомого складу для роботи на маршрутах є його однотипність. По можливості, автобуси повинні бути однієї марки. Це забезпечує зручність для АТП у закупівлі рухомого складу, його технічному обслуговуванні і ремонті.

В рамках виконання курсового проекту обираємо автобус “Богдан”, виробник – Україна , «Автомобільна Компанія «Богдан Моторс». Згідно отриманим результатам місткості для кожного маршруту призначаємо наступні моделі автобусів:

маршрут №1 – автобус Богдан А 601;

маршрут №2 – автобус Богдан А 601;

маршрут №3 – автобус Богдан А 601;

маршрут №4 – автобус Богдан А 601;

Коротка технічна характеристика автобусів приведена Додатку.

6. ОХОРОНА ПРАЦІ І БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

6.1 Вимоги безпеки при експлуатації транспортних засобів

При експлуатації транспортних засобів на лінії можуть мати місце такі основні безпечні й шкідливі фактори:

- наїзди проїзних транспортних засобів;

- наїзди при зціпленню, розціпленою автомобілів з причепом (напівпричепному), запуск двигуна, мимовільному рухові транспортних засобів;

- термічні фактори (пожежі, вибухи при подачі палива в карбюратор двигуна саме течею, перевірка наявності палива в бочці з застосуванням відкритого вогню, витік газу з газобалонної установки, опіки парою, водою з радіатора);

- злочинні дії пасажирів і інших осіб;

- падіння піднятого кузова автомобіля-самоскида, що перекидаються кабіни вантажного автомобіля, вивішених на домкраті частин автомобілів; - повышенные уровни шума и вибрации; - наявність у повітрі робочої зони шкідливих речовин (вуглецю й азоту оксидів, акролеїну, вуглеводнів аліфатичних граничних, формальдегіду, метил меркаптанів).

Перед пуском двигуна необхідно переконатися, що автомобіль загальмований стояночним гальмом, а важіль перемикання передач (контролера) поставлений у нейтральне положення. Пуск двигуна повинен здійснюватися за допомогою стартера, використовувати пускову рукоятку дозволяється тільки у виняткових випадках. При пуску двигуна автомобіля пусковою рукояткою необхідно, крім вимог раніше згаданих додатково дотримуватися наступних вимог:

- установити упорні колодки з обох сторін колеса;

- пускову рукоятку прокручувати знизу вгору;

- не брати рукоятку в обхват;

- при ручному регулюванні випередження запалювання встановити пізнє запалювання;

- не виключаючи запалювання, провернути колінчатий вал, переконавшись, що важіль перемикання передач перебуває в нейтральному положенні, включати запалювання;

- не застосовувати ніяких важелів і підсилювачів, що діють на пускову рукоятку або храповик колінчатого валу.

Забороняється здійснювати пуск двигуна шляхом буксирування автомобіля й перемикання ланцюга живлення стартера.

Перед пуском двигуна автомобіля, підключеного до системи підігріву, відключити й від’єднати елементи підігріву.

Управляти транспортними засобами на території підприємства дозволяється тільки особам, призначеним наказом і маючим посвідчення на право керування відповідним видом транспортного засобу.

Швидкість руху транспортних засобів по території підприємства не повинна перевищувати 10 км/год, а в приміщеннях - 5 км/год.

Для організації безпечного руху по території підприємства складається схематичний план (схема) руху транспортних засобів і працівників, виїздів, в'їздів і т.п.

Цей план (схема) доводиться до всіх працюючих і вивішується при в'їзді на територію підприємства.

Під час руху автомобіля по території підприємства (при обкатці, випробуванні й т.п.) забороняється знаходження на ньому осіб, що не мають до цьому прямого відношення. Заправлення автомобілів варто проводити відповідно до вимог правил технічної експлуатації стаціонарних, контейнерних і пересувних автозаправних станцій.

При заправленні автомобіля забороняється:

- палити й користуватися відкритим вогнем;

- проводити ремонтні й регулювальні роботи;

- заправляти автомобіль паливом при працюючому двигуні;

- допускати перелив і розлив палива;

- перебувати пасажирам у кабіні, салоні або кузові. Власник зобов'язаний випускати на лінію технічно-справні транспортні засоби, повністю укомплектовані, що підтверджується підписом у шляховому аркуші особи, відповідального за випуск автомобіля на лінію й водія.

Водій може виїжджати на лінію тільки після проходження медичного огляду й відповідної оцінки про це в шляховому аркуші. Власник перед виїздом зобов'язаний проінформувати водія про умови роботи на лінії, місцях вантажно-розвантажувальних робіт і особливостях перевезеного вантажу.

Власник не має права:

- змушувати водія (водій не має права) виїжджати на автомобілі, якщо його технічний стан і додаткове встаткування не відповідає правилам дорожнього руху, правилам технічної експлуатації рухомого складу автомобільного транспорту й правил охорони праці на автомобільному транспорті;

- направляти водія в рейс, якщо він не мав до виїзду відпочинку, передбаченого діючими нормативними актами.

Направляючи водія в рейс тривалістю більше 1 доби, власник зобов'язаний:

- перевірити укомплектованість автомобіля необхідними пристосуваннями, устаткуванням і інвентарем і їхню справність;

- повідомити водієві (водіям) режим роботи й відпочинку;

- записати в шляховому аркуші маршрут проходження із вказівкою місць тимчасового й тривалого відпочинку.

При напрямку двох або більше автомобілів у рейс для спільної роботи на строк більше двох діб власник зобов'язаний наказом призначити особу , відповідальна за охорону праці. Виконання вимог цієї особи обов'язково для всіх водіїв групи автомобілів.

При зупинці на відпочинок за межами населених пунктів особа,

ввідповідальна за охорону праці, повинна здійснювати контроль за дотриманням вимог безпеки праці. Забороняється водіям, вантажникам і іншим особам під час стоянки відпочивати або спати в кабіні, салоні при працюючому двигуні.

Перед посадкою пасажирів на вантажний автомобіль, призначений для перевезення людей, водій повинен проінструктувати пасажирів про порядок посадки й висадки, попередити їх про те, що стояти в кузові автомобіля, що рухається, забороняється.

Перевезення дітей у кузові вантажного автомобіля забороняється.

Проїзд у кузовах вантажних автомобілів, не обладнаних для перевезення пасажирів, дозволяється тільки особам, що супроводжують (отримуючим) вантажі, за умови, що вони забезпечені місцем для сидіння, розташованим нижче рівня бортів.

Забороняється:

- перевезення людей на безбортових платформах, на вантажі, розміщеному на рівні або вище бортів кузова, на довгомірному вантажі й поруч із ним, на цистернах, причепах і напівпричепах всіх типів, у кузовах автомобілів-самоскидів і спеціалізованих автомобілів;

- перевезення в кабіні, кузові, салоні великої кількості людей, чим обладнано місць для сидіння або зазначено в паспорті заводу-виготовлювача;

- рух автомобіля з відкритими дверима й при знаходженні людей на підніжках;

- вистрибувати з кабіни або кузова автомобіля.

Особи, що перебувають в автомобілі, зобов'язані виконувати вимоги водія з питань безпеки.

При зупинці (стоянці) автомобіля водій, залишаючи транспортний засіб, повинен прийняти всі міри мимовільного його руху: зупинити двигун, установити важіль перемикання (контролера) у нейтральне положення, загальмувати автомобіль стояночным гальмом.

Якщо автомобіль стоїть навіть на незначному ухилі, необхідно додатково

поставити під колеса упорні колодки.

На спусках і підйомах, де спосіб постановки не регламентується засобами регулювання руху, транспортні засоби необхідно ставити під кутом до краю проїзної частини так, щоб виключити можливість їм мимовільного руху.

Виходячи з кабіни автомобіля або салону автобуса, водій повинен попередньо переконатися в стані поверхні (наявність вибоїв, слизькості, сторонніх предметів і т.п.), а при виході на проїзну частину дороги - ще й у відсутності руху як у попутному, так і в зустрічному напрямках.

На автомобілі - таксометри в регіонах (містах) з високою криміногенною обстановкою необхідно встановлювати захисний екран, а також спеціальну сигналізацію.

Зчіпку автопоїзда, що складає з автомобіля й причепа, повинні робити три чоловіка - водій, водій-зчіплювач і особа, що координує їхню роботу. При цьому водій подає автомобіль назад найменшим ходом, строго виконуючи команди особи, що координує проведення зчіпки.

Координуюча особа повинна перебувати на місці, з якого їй одночасно добре видно водія і робітника-зчіплювача протягом усього періоду проведення зчіпки. Надавати допомогу зчіплювачу, а також залишати йому своє місце до закінчення зчіпки забороняється.

У виняткових випадках (далекі рейси, перевезення сільськогосподарських продуктів з полів і т.п.) зчіпку дозволяється робити одному водієві. У цьому випадку він повинен:

- загальмувати причіп стояночным гальмом;

- перевірити стан буксировочного встаткування;

- підкласти упорні колодки під задні колеса автомобіля;

- провести зчіпку, включаючи з'єднання гідравлічних, пневматичних і електричних систем автомобіля й причепа, а також кріплення страховочних тросів (ланцюгів) на причепах, що не мають автоматичного встаткування.

Забороняється робити зчіпку при несправності дишла причепа (відсутність пружини дишла, упору, їхньої несправності й т.п.).

Перед початком руху заднім ходом необхідно зафіксувати поворотне коло причепа стопорним пристроєм.

Водій перед зчіпкою напівпричепа повинен оглянути його й переконатися в справності.

При зчіпці й розчепленні поздовжні осі автомобіля-тягача й напівпричепа повинні розташовуватися на одній прямій.

Борта напівпричепа при зчіпці й розчепленні повинні бути закриті.

Перед зчіпкою необхідно переконатися в тім, що сидільно-зчепний пристрій, шворінь і їхнє кріплення справні; напівпричіп загальмований стояночным гальмом; передня частина напівпричепа по висоті розташована так, що при зчіпці передня крайка опорного листа попадає на полозки або на сідло.

При необхідності варто підняти або опустити передню частину напівпричепа. Перед зчіпкою необхідно встановити упорні колодки під колеса напівпричепа.

Забороняється робити розчеплення при не опущених котках опорного пристрою, а також нерівномірному завантаженню напівпричепа. Сполучні шланги й електропроводи повинні бути підвішені за допомогою відтягнутої пружини на гачок переднього борта напівпричепа, щоб вони не заважали зчіпці, а після зчіпки вони повинні бути приєднані.

6.2 Транспортні аварії і катастрофи. Наслідки і профілактика

Значне збільшення кількості різноманітних транспортних засобів останнім часом зумовило збільшення випадків транспортного травматизму.

Під травматизмом, розуміють сукупність пошкоджень, які виникають в певній групі населення при однотипних обставинах за певний проміжок часу. Травматизм поділяється на дві основні групи - виробничий, та невиробничий. Виробничий травматизм, в свою чергу, поділяється на промисловий та сільськогосподарський. Невиробничий травматизм поділяється на 4 основні групи: транспортний, вуличний, побутовий, спортивний.

Під транспортною травмою розуміють механічні пошкодження, заподіяні зовнішніми або внутрішніми частинами транспорту під час його руху, а також при випадінні з транспорту, що рухається.

Найбільшою різноманітністю травм відрізняється травматизм на наземному транспорті. Який поділяється на дві великі групи: колісний та неколісний. До колісного транспорту відноситься рейковий (поїзди, трамваї), й нерейковий (автомобілі, мотоцикли тощо). Неколісний в свою чергу поділяється на гусеничний (танковий, тракторний тощо), та не гусеничний (санний, транспортерний тощо). Травми на повітряному транспорті розподіляються відповідно до видів повітряного транспорту, а саме: гвинтомоторний, реактивний та безмоторний. Травматизм на водному транспорті має назву воднотранспортна травма.

Автомобільна травма - це сукупність пошкоджень, які виникають у водіїв, пасажирів і пішоходів внаслідок руху автотранспортних засобів.

В основу класифікації автомобільної травми закладені способи її виникнення. За різних обставин дорожньо-транспортних пригод, розрізняють такі види автомобільної травми:

I. Травма, спричинена частинами автомобіля, що рухається;

- від зіткнення автомобіля з пішоходом (наїзд);

- від стиснення тіла між автомобілем й іншими предметами.

II. Травма в середині автомобіля:

- в салоні (кабіні) в наслідок зіткнення автомобілів між собою, або з якої-небудь перешкодою;

- в салоні (кабіні) в наслідок перекидання автомобіля.

III. Травма при випадінні з автомобіля (з кузова, салону, кабіни).

Пошкодження від зіткнення людини з автомобілем, що рухається.

Пошкодження при цьому виді травми відбуваються в декілька етапів, які відрізняються механізмом травматичного впливу:

- первинний контакт з авто;

- закидання людини на авто;

- падіння людини на ґрунт;

- ковзання по ґрунту.

Від первинного удару автомобілем утворюються різноманітні пошкодження: садна, забійні, забійне-рвані рани, переломи, розриви та відрив внутрішніх органів. Об'єм пошкоджень в основному залежить від маси та швидкості автомобіля, а їхня локалізація від висоти розташування частин які завдають удару.

В залежності від конструктивних особливостей і швидкості автомобіля, характеру зіткнення друга фаза може випадати. пошкодження виникають переважно від тупого впливу, вони локалізуються на різних частинах тіла.

При зіткненні з легковим автомобілем людина після первинного удару закидається на капот, що зазвичай призводить до утворення пошкоджень голови та грудної клітки. Ці пошкодження можуть бути менш виразними ніж пошкодження від первинного удару.

Пошкодження від стиснення тіла між автомобілем й іншими предметами. Пошкодження при цьому виді травми виникають зазвичай від притиснення людини кузовом автомобіля до нерухомих предметів, тобто за механізмом стиснення. Об'єм пошкодження визначається ступенем стиснення, площиною контакту та положенням постраждалого. При даному виді автотравми дуже рідко утворюються специфічні пошкодження. Найбільш часто ушкоджуються грудна клітка та органи черевної порожнини. Стисненню інколи передує удар, але його наслідки зазвичай маскуються пошкодженнями від стиснення.

Травма в салоні (кабіні) автомобіля. Обставини отримання пошкоджень при даному виді травми відрізняється різноманітністю: перевертанням автомобіля під час руху, її падіння з висоти, удар об нерухомі предмети, зіткнення між собою та іншими транспортними засобами.

При зіткненні автомобілів або автомобіля з перешкодою деформуються та руйнуються його деталі. Одночасно в салоні водій та пасажир переміщуються і у них виникають травми в наслідок струсу тіла й удару об

внутрішні деталі салону. При різкому уповільненні руху автомобіля рух тіла водія, якщо він не пристебнутий паском безпеки, проходить три фази:

- переміщення тіла вперед - удар нижніми кінцівками об панель приладів, грудною кліткою об кермо;

- згинання шиї вперед - удар головою об лобове скло або верхню частину керма;

- відкиданні тіла з різким розгинанням шиї.

При цьому специфічними можна вважати лише дугоподібні крововиливи на грудній клітці й обличчі як слід-відбиток керма. Виникає багато характерних пошкоджень. У водія та у пасажира який сидить праворуч, пошкодження достатньо однотипні, але у водія вони розташовані переважно на передній і лівої боковій поверхні, а у пасажира - на передній і правій боковій поверхні тіла. У водія при ударі головою об кермо, лобове скло, бокові стійкі виникають різноманітні садна, крововиливи. При ударі обличчям утворюються переломи кісток носу, верхньої та нижньої щелепи. Від уламків скла як у водія, так й у пасажира можуть утворюватися численні різані рани голови та кистей рук, які містять у собі дрібні уламки. До характерних пошкоджень також можна відвести переломи шийного відділу хребта, який виникає внаслідок різкого перерозгинання шийного відділу хребта (по типу хлиста) (рис.), переломи ребер по передній і боковій поверхні грудної клітки, переломи верхніх кінцівок, перелом вертлюжної западини, надколінні-ка та кісток нижніх кінцівок.

У пасажирів які сидять на задньому сидінні, при зустрічному зіткненні виникають травми голови, живота та кінцівок. Вони менш виразні ніж травми у того хто знаходився на передньому сидінні. Інколи при зіткненні автомобілів відбувається вибух бензину, що обумовлює додаткові травми.

Випадіння з автомобіля який рухається. Частіше за всього відбувається випадіння з кузова вантажного автомобіля. В даному випадку може бути два варіанта випадіння тіла - а) при різкому гальмуванні; б) при різкому початку руху. В типових випадках виникає три фази падіння:

- первинний контакт тіла з частинами автомобіля - удар;

- падіння на ґрунт - удар;

- ковзання по ґрунту - тертя.

При контакті тіла з частинами автомобіля характер пошкоджень буде залежить від форми та розмірів цих частин, а також від напрямку удару.

В деяких випадках, коли при випадінні тіло не зачіплює частин автомобіля, першою фазою буде падіння на ґрунт.

Удар об ґрунт головою призводить до тяжких черепно-мозкових травм з багатоуламковими переломами черепа. Нерідко травма голови поєднується з травмою шийного відділу хребта, в наслідок надмірного згинання або перерозгинання голови. Удар об ґрунт сідницями викликає переломи кісток тазу, компресійні переломи поперекових або грудних хребців. Удар об ґрунт поверхнею тулуба супроводжується утворенням пошкоджень від загального струсу тіла. Об'єм пошкоджень при випадінні буде залежить від швидкості автомобіля. Особливістю зовнішніх пошкоджень буде наявність широких саден в місці прикладання сили в наслідок ковзання тіла на останньому етапі падіння.

7 ЕКОЛОГІЯ

7.1 Основні напрями і форми впливу доріг на навколишнє середовище

Автомобільна дорога як об'єкт транспорту та інженерна споруда, прокладена на місцевості, порушує природні ландшафти, змінює режим стоку поверхневих і ґрунтових вод, спричиняє інший негативний вплив на навколишнє середовище. Серед основних негативних впливів можна виділити такі.

Вилучення місцевих природних ресурсів. Відчуження земельних площ (постійне чи тимчасове). Добування кам'яних матеріалів, піску тощо. Зняття родючого шару ґрунту.

Зміна рельєфу місцевості. Влаштування насипів вище природного рельєфу місцевості та виїмок нижче цього рельєфу. Насипання відвалів невикористаного ґрунту. Утворення глибоких кар'єрів після видобування зосереджених запасів будівельних матеріалів та ґрунту.

Гідротехнічні роботи. Осушування (дренаж) земель, боліт. Регулювання стоку поверхневих вод. Примусова зміна русел водотоків. Влаштування насипів на болотах.

Технологічні забруднення. Виділення мінерального пилу. Шум та вібрація від будівельних машин та внаслідок вибухових робіт. Забруднення поверхні в місцях розташування тимчасових споруд, стоянки машин, проведення вибухових робіт. Прокладення комунікацій у придорожній смузі. Оброблення пестицидами, протиожеледнями речовинами тощо.

Транспортні забруднення. Відпрацьовані гази транспортних засобів. Транспортний шум, вібрації. Побутове забруднення придорожніх земель транспортними засобами, що проїжджають. Рекреаційні навантаження на навколишнє середовище.

При перетині річкових долин на підходах до штучних споруд, таких як насипи та виїмки, порушується середня швидкість переважаючих вітрів, що приводить до зміни мікроклімату і, як результат, порушення нормального функціонування екосистем. Проходження дороги може порушити традиційні сезонні шляхи міграції тварин і комах, завдати шкоди архітектурним і археологічним пам'яткам.

Використання протиожеледних матеріалів, дорожній пил та ерозія можуть пригнічувати придорожню рослинність, забруднювати водойми та водотоки.

Використання місцевих будівельних матеріалів та відходів при укладанні дорожніх шарів проїзної частини може призводити до забруднення придорожньої смуги токсичними речовинами.

Інженерні споруди на дорогах (мостові переходи, розв'язки, тунелі, підпірні стінки, захисні споруди) мають свою специфіку впливу на навколишнє середовище. При будівництві мостових переходів відбувається зміна та переформування берегової лінії, зміна поперечного перерізу течії. Унаслідок цього порушується гідравлічний режим потоку, з'являються розмиви. Під час будівництва можуть бути знищені місця нересту риб та їх зимувальні ями.

Джерелами впливу автомобільних доріг на навколишнє середовище є:

– автотранспорт;

– інженерні споруди (земляне полотно, мостові переходи, шляхопроводи, водоперепускні споруди);

– об'єкти дорожньої інфраструктури (майданчики для відпочинку, автозаправні станції, пункти харчування, зупинки громадського транспорту тощо).

Автодороги є одним із джерел утворення пилу в приземному повітряному шарі. Під час руху автомобілів відбувається стирання дорожніх покриттів і автомобільних шин, продукти зношування яких змішуються з твердими частинками відпрацьованих газів. До цього додається бруд, занесений на проїзну частину з прилеглого до дороги ґрунтового шару. Тому в суху погоду

утворюється пил, що піднімається над дорогою в повітря. Його переносить вітер на відстані від декількох до сотень кілометрів.

Хімічний склад і кількість пилу залежать від матеріалів дорожнього покриття. Найбільша кількість пилу утворюється на ґрунтових і гравієвих дорогах.

Дороги з покриттям із зернистих матеріалів (гравієві) утворюють пил, що складається переважно з діоксиду кремнію.

На ґрунтових дорогах пил на 90 % складається з кварцевих частинок, решту становлять оксиди алюмінію, заліза, кальцію тощо.

На дорогах з асфальтобетонним покриттям до складу пилу додатково входять продукти зношування матеріалів, що містять бітум, частинки фарби або пластмаси від ліній розмічування дороги на смуги.

Пил створює передумови виникнення дорожньо- транспортних пригод у момент початку дощу. Дрібні сухі частинки пилу насичені повітрям і не одразу просочуються вологою. Тому перші краплі дощу не змочують частинки пилу, і протягом якогось періоду не змивають його з дороги. Як результат, утворюється бруд, який різко знижує коефіцієнт зчеплення шин з дорожнім покриттям. Гальмування в таких умовах може призвести до заношування і втрати керованості автомобіля.

Пил осідає також на рослинності придорожньої смуги. Лісопосадки та ліси вздовж доріг пригноблюються. Сільськогосподарські культури, висаджені поблизу дороги, накопичують шкідливі речовини, що містяться в пилових викидах і відпрацьованих газах.

Ці забруднення потрапляють і в прилеглі водойми. Туди ж потрапляє поверхневий стік з автодоріг, що містить солі соляної кислоти або хлориди та інші протиожеледні реагенти.

Під автодороги відчужуються значні земельні площі. Так, на будівництво 1 км сучасної автомагістралі потрібно до 10-12 га площі. Крім цього, додаткові площі відводять для технологічних цілей: влаштування складів зберігання будівельних матеріалів, місць стоянок транспортної техніки, розміщення

знятого з дороги ґрунту, споруди тимчасових споруд і під'їздів тощо. Особливо великі площі займають транспортні розв'язки: від 15 га при перетині двосмугових доріг до 35 га при перетині магістралей з шістьма смугами руху.

7.2 Шумовий вплив транспорту

Шумом називаються будь-які небажані для людини звукові коливання, що заважають праці або відпочинку, створюють акустичний дискомфорт. Будь-який шум можна охарактеризувати кількома параметрами:

– звуковий тиск;

– інтенсивність звуку;

– звукова потужність (потік звукової енергії) джерела шуму;

– рівень звуквої експозиції;

– частотний спектр;

– направленість.

Звуковий тиск – це надлишковий тиск у пружному середовищі, в якому поширюються звукові коливання, і який спричинений цими коливаннями. Іншими словами, звуковий тиск – це різниця між миттєвим значенням тиску у збуреному середовищі у момент проходження звукової хвилі і тиском у незбуреному середовищі. Вимірюється у паскалях (Па).

Характеристики звукових хвиль.

Шум визначається суб'єктивним сприйняттям людей, яке змінюється між індивідуумами і часто навіть для одного й того ж індивідуума залежно від його поточного ставлення до проблеми. Через суб'єктивну природу шум не може бути виміряний об'єктивними (фізичними) одиницями. Але для того, щоб класифікувати і порівняти різні події шуму, необхідно дати щонайменше наближений опис із застосуванням кількісних значень. Звук є варіацією повітряного тиску навколо середнього значення атмосферного тиску. Атмосферний тиск виражається в паскалях (100125 Па = 1 атм). Діапазон змінюваних значень звукового тиску розміщується приблизно від 0,0006 Па

(шепіт на відстані 1,5 метра від співрозмовника) до 1000 Па (постріл з гвинтівки біля вуха стріляючого). Через цей великий діапазон звуковий тиск не є зручним засобом описування відносної гучності звуку. Крім того, людське вухо реагує на звукові хвилі нелінійно. Збільшення основних характеристик звуку (зокрема й звукового тиску) спричинює збільшення подразливої дії за логарифмічною залежністю. Тобто сприймається не абсолютна різниця характеристик, а кратність їх зміни. Тому для вимірювання звукового тиску застосовують логарифмічну шкалу. Кожна одиниця цієї шкали показує зміну звукового тиску у десять разів. Одиницею вимірювання звукового тиску за цією шкалою є бел (Б):

$$L_p = \lg \frac{P}{P_0}, \text{ дБ} \qquad (7.1)$$

де P – виміряний звуковий тиск, Па;

P_0 – порогове значення звукового тиску, що сприймається органами слуху людини, $P_0 = 2 \cdot 10^{-5}$ Па.

На практиці частіше користуються кратною одиницею – децибел (дБ), яка визначається як десята частина бела, або:

$$L_p = 10 \cdot \lg \frac{P}{P_0}, \text{ дБ} \qquad (7.2)$$

Діапазон шкали децибелів може змінюватися в межах від'ємних і позитивних значень, але людське вухо може сприймати тільки рівні звукового тиску від 0 дБ (поріг нормальної людської виразності) до приблизно 130 дБ (поріг болю). Діапазон рівнів шуму, який відповідає щоденним шумам у навколишньому середовищі змінюється між 35 і 110 дБ.

Через логарифмічну природу рівня звукового тиску результати його додавання відрізняються від звичайного арифметичного додавання: сума двох однакових значень рівня звукового тиску виражається через зростання одного з них на 3 дБ. Відповідно до суб'єктивно сприйманої гучності звуків різної інтенсивності, зростання рівня звукового тиску постійного чистого тону на 10 дБ проявляється як подвоєння гучності звуку.

Інтенсивність звуку (сила звуку) це середня енергія, що переноситься звуковою хвилею за одиницю часу через одиницю площі, перпендикулярної до напрямку поширення звукових коливань:

$$J = \frac{E}{T \cdot S}, \text{ [Вт/м}^2\text{]} \tag{7.3}$$

де E– енергія, що переноситься, Дж;

T – час, с;

S – площа, через яку переноситься енергія, м^2.

На практиці так само використовують логарифмічну шкалу:

$$L_j = \lg \frac{J}{J_0} \tag{7.4}$$

Де J – інтенсивність звуку, що вимірюється, Вт/м^2;

J_0 – порогове значення інтенсивності звуку, що сприймається органами слуху людини, $J_0 = 10^{-12}$ Вт/м^2.

Звукова потужність (потік звукової енергії) джерела шуму визначається як енергія, що випромінюється джерелом шуму. Вона вимірюється у ватах (Вт) і визначається потоком інтенсивності звуку (сили звуку), що проходить через замкнуту поверхню S, яка оточує джерело звуку:

$$N = \int_s Ids, \text{ Вт} \tag{7.5}$$

На практиці теж користуються логарифмічною шкалою:

$$L_N = \lg \frac{N}{N_0}, \tag{7.6}$$

де N – виміряна звукова потужність, Вт;

N_0 – порогове значення звукової потужності, що сприймається органами слуху людини, $N_0 = 10^{-12}$ Вт.

Звуковий тиск, інтенсивність звуку та звукова потужність можуть змінюватися у дуже широких межах. Так, абсолютні значення звуковоготиску, що може сприйматися людиною, становлять $2 \cdot 10^{-5}$ Па (нижнє значення – це поріг чутливості, або звуковий тиск коливань, які людина може сприймати як звук, верхнє значення – больовий поріг, або звуковий тиск коливань, які

фізіологічно людина може витримувати). Інтенсивність звуку і звукова потужність мають ще більші діапазони змін. Ці діапазони сягають 1015 разів.

Щоб виміряти звук за шкалою, яка наближує результат вимірювання до відчування звуку людьми, більша вага повинна бути приділена рівням звуку на частотах, які люди чують краще. Таким чином для більшості випадків вимірювання рівня звукового тиску коригується так званим "А"-фільтром (вимірюваний звуковий тиск р коригується у значення рА і перетворюється на "А"- коригований рівень звукового тиску (або рівень звуку) L_{pA}

$$L_{PA} = 10lg\left(\frac{P_A}{P_0}\right)^2, \qquad (7.8)$$

Якщо характеристики шуму вимірюють за логарифмічною шкалою А, то одиниці вимірювання позначають дБА.

Метод для коригування (навантаження) частотного спектра, щоб імітувати людське вухо, розроблюється роками. Багато різних шкал вимірювання звуку, включаючи "А" - коригований рівень звуку (і також В, С, D, і Е-кориговані рівні звуку) були розроблені під час цього пошуку. "А"-коригування було рекомендоване EPA для описування шуму навколишнього середовища тому, що воно зручне у використанні, є точним у більшості випадків і широко використовується у всьому світі. На рис. 3.10 наведено рівні деяких шумів довкілля в рівнях звуку за шкалою "А". Діапазони виміряних значень представлені для максимальних рівнів звуку.

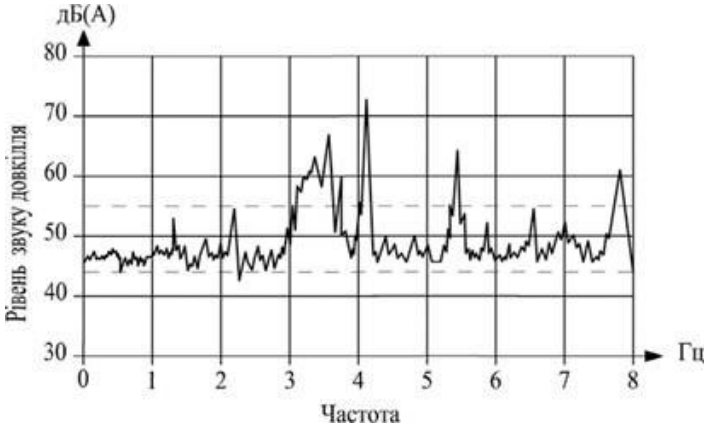


Рисунок 7.1. Рівні деяких шумів довкілля в рівнях звуку за шкалою "А"

Щоб оцінити збурення конструкцій, які спричиняються низькочастотною звуковою вібрацією, використовується фільтр навантаження типу "С", в першу чергу, щоб оцінити імпульсний шум. Такий шум генерується, наприклад, пострілами важкої зброї (мінометами, артилерією), а також вибухами. Звукові рівні тиску, які вимірюються з використанням "С"-навантаження, виражаються в дБС.

Більшість вимірювачів рівня звуку обладнані шкалами коригування "А" і 'С . деякі також включають шкалу "В".

Якщо шум складається зі звукових коливань різної частоти, то для визначення основних характеристик шуму (звукового тиску, інтенсивності звуку та звукової потужності) весь спектр шуму поділяються на проміжки, які називають октавами.

Октавою називають смугу частот, у які початкова частота удвічі менша за кінцеву. В кожній октав визначають середньогеометричну частоту:

$$f_{СГ} = \sqrt{f_{кінц} \cdot f_{поч}} \qquad (7.9)$$

де $f_{кінц} \cdot f_{поч}$ – кінцева та початкова частота октавної смуги, Гц.

Як опорну в шкалах прийнято середньогеометричну частоту октавної смуги 1000 Гц. Для середньогеометричних частот усіх решти октавних смуг визначено поправки, які потрібно враховувати при підрахунку характеристик звуку. Значення цих поправок для шкал А, В і С наведено в табл. 7.1.

Таблиця 7.1 - Поправки за шкали А, В, С вимірювання звукового тиску

Середньогеометрична частота, Гц	Поправка шкали, дБ		
	А	В	С
1	2	3	4
31.5	-39.4	-17.1	-3.0
63	-26.2	-9.3	-0.8

125	-16.1	-4.2	-0.2
250	-8.6	-1.3	0
500	-3.2	-0.3	0
1000	0	0	0
2000	1.2	-0.1	-0.2
4000	1.0	-0.7	-0.8
8000	-1.1	-2.9	-3.0
16000	-6.6	-8.4	-8.5

Для вимірювання і оцінки гучності звуку (суб'єктивного сприймання) використовуються фони і еони. Фон є одиницею рівня гучності. Маються на увазі, що він еквівалентний рівню в децибелах довідкового тону частотою 1000 Гц, який є однаково гучним зі звуком, що оцінюється.

Сон є лінійною (не логарифмічною) мірою гучності. 1 сон дорівнює гучності тону частотою 1000 Гц із рівнем звукового тиску 40 дБ. Звук, оцінений як вдвічі гучніший, ніж тон частотою 1000 Гц з рівнем 40 дБ, дорівнює 2 еонам , і т.д. Зростання на 10 дБ еквівалентне подвоєнню значення гучності в еонах.

Рівень звукової експозиції. Шум навколишнього середовища складається з окремих подій випромінювання шуму окремими джерелами: літаками, автомобілями, потягами тощо. Кожна подія може бути частково охарактеризована максимальним рівнем звуку та часовою залежністю. Охарактеризувати тривалість звукових подій, які змінюються за рівнем у часі досить важко. Єдиний шлях – об'єднати максимальний рівень звуку з часом, протягом якого поточний рівень звуку буде більшим від заданого рівня,

наприклад, кількість секунд, протягом яких звук змінюється в межах 10 дБ нижче від максимуму.

Суб'єктивні тести показують, що реакція людини на шум є функцією не тільки максимального рівня звуку, але також тривалості події і зміни рівня звуку з часом. Дві шумові події з рівною звуковою енергією однакову реакцію. Наприклад, шум з постійним рівнем звукового тиску 85 дБ і тривалістю 10 сек викликає таку ж реакцію, як і шумова подія з рівнем звукового тиску 82 дБ і тривалістю 20 сек. Цей факт відомий, як принцип "рівної енергії". Рівень звукової експозиції SEL є мірою фізичної енергії шумової події, яка враховує як інтенсивність, так і тривалість події. SEL є інтегралом від рівня звуку протягом періоду, що визначається зміною рівня звуку над заданим порогом (який є щонайменше на 10 дБ нижчим від максимального значення рівня звуку, що вимірюється протягом даної шумової події) з поправкою на стандартизовану тривалість 1 сек. Один SEL – це рівень постійного звуку тривалістю 1 сек, який забезпечує кількість звукової енергії, що дорівнює енергії шумової події. Значення може бути розраховане, використовуючи рівняння для еквівалентного рівня з тривалістю T, заміненою на час T=1 сек.

$$SEL = 10log\left[\frac{1}{T_0}\int_{t2}^{t1} 10^{0,1L_a(t)}dt\right] \qquad (7.10)$$

Де t_1 t_2 - початок та кінець проміжку часу, для якого рівень звуку змінюється в межах 10 дБА нижче від максимального значення.

7.3 Заходи зі зниження негативного екологічного впливу при проектуванні та експлуатації транспортного комплексу

Вирішення проблем підвищення екологічної безпеки на транспорті можливе застосуванням багатьох технічних заходів. Серед них можна виділити заходи на етапі експлуатації транспортних комплексів та заходи на етапі проектування і будівництва об'єктів транспорту. У свою чергу, серед важливих заходів на етапі експлуатації можна назвати використання альтернативних

палив, заходу із захисту поверхневих та грунтових вод, специфічні заходи при застосуванні антиожеледних солей та гербіцидів тощо.

Використання альтернативних видів палива та енергії

Паливо використовується як у двигунах рухомого складу, так і для забезпечення потреб стаціонарних об'єктів транспортного комплексу.

Традиційні моторні види палива – це продукти переробки нафти з різного роду добавками для надання цьому паливу певних характеристик.

Альтернативне паливо – це всі види палива, які або зовсім не містять похідних нафти, або лише частково містять продукти її переробки. На сьогодні усі альтернативні палива умовно ділять на чотири групи:

– видобувне та супутнє газоподібне паливо;

– синтезоване та гідролізне паливо;

– паливо з відновлюваних ресурсів;

– нафтове паливо з домішками.

Видобувне та супутнє газоподібне паливо. До цих видів палива відносять: стиснений природний газ (СПГ) і зріджений нафтовий газ (ЗНГ).

Стиснений природний газ. Залежно від родовища походження природний газ на 82 ÷ 99 % складається з метану CH_4. За нормальних температур СПГ при стисненні навіть до досить великих тисків у зріджений стан не переходить. Він зріджується при температурах нижче – 161,6 °С, тому для зрідження необхідно використання спеціальних технологій. СПГ переважно використовують на автотранспорті стисненим до 20 МПа у балонах.

Переваги СПГ:

– завдяки молекулярному складу метану (молекула містить один атом вуглецю та чотири молекули водню) при його згоранні утворюється мало вуглекислого газу та більше водяної пари (утворення CO_2 на 1 кг спаленого СПГ на 25% менше ніж на 1 кг спаленого бензину);

– через хорошу змішуваність газу з повітрям перед спалюванням у відпрацьованих газах дуже низький рівень вмісту CO;

– низький рівень вмісту твердих частинок у відпрацьованих газах;

– можливість спалювати газ у двигуні при високому коефіцієнті надлишку повітря (до 2), що знижує температуру в камері згорання і тому суттєво знижує викиди NOX.

Недоліки СПГ:

– на стиснення газу витрачається велика кількість енергії;

– теплотворна здатність метану по масі нижча за теплотворну здатність бензину на 10 ÷ 15 %;

– за різних причин при переобладнанні бензинового двигуна під спалювання СПГ його потужність знижується на 15 ÷ 20 %;

– викиди метану в атмосферу сприяють парниковому ефекту, оскільки метан є парниковим газом.

Зріджений нафтовий газ. Це суміш легких вуглеводнів, переважно пропану та бутану. Цей газ видобувають на газоконденсатних родовищах та отримують під час видобутку та перегонки нафти як супутній продукт. Він відносно легко зріджується за нормальної температури та тиску 1,6 МПа. На борту автомобіля його зберігають у балонах під тиском 1,7 МПа. За теплотворною здатністю по масі ЗНГ поступається бензину лише на 3 ч- 4 % і при переведенні бензинового двигуна на спалювання ЗНГ його потужність суттєво не знижується. Переваги та недоліки ЗНГ практично такі ж як і СНІ.

В цілому застосування СПГ та ЗНГ як автомобільного моторного палива дозволяє істотно знизити токсичність викидів: по оксиду вуглецю (СО) у 3...4 рази; по оксидам азоту (NOX) у 1,2...2,0 рази; по вуглеводням (СХНУ) у 1,2... 1,4 рази. При роботі дизельного двигуна на СПГ та ЗНГ димність в режимі прискорення зменшується у 2... 4 рази, шум знижується на 8... 10 дБА.

Разом з тим, у газобалонних вантажівок у порівнянні з бензиновими споряджена маса підвищується на 400...600 кг, відповідно знижується їх вантажоємність, а запас ходу скорочується майже удвічі.

Синтезоване та гідролізне паливо. До цих видів палива відносять: водень, ацетилен, азотовмісні палива.

Водень. Отримують водень кількома шляхами: при переробці природного газу і нафти, шляхом електролізу води, а також шляхом газифікації вугілля під тиском. На сьогодні є три способи зберігання водню: у балонах під високим тиском, у криогенних баках (за низьких температур) та у хімічно зв'язаному стані. Усі відомі методи як отримання так і зберігання водню є проблемними і дорогими.

Переваги водневого палива:

– не є токсичним, тому при витоках не забруднює навколишнє середовище;

– продуктом згорання є нетоксична водяна пара, єдиним токсичним продуктом можуть бути оксиди азоту (в незначних кількостях можуть бути присутні СО та СХНУ, проте вони є продуктами згорання олив, що потрапляють у камеру згорання;

– робота двигуна можлива при дуже високих коефіцієнтах надлишку повітря, аж до 10, що дозволяє знижувати температуру в камері згорання і суттєво знижувати викиди NOX.

Недоліки водневого палива:

– отримання водню є дуже енергоємним і дорогим;

– зберігання є складним та небезпечним;

– потужність двигуна, що працює на водні, на 20...30 % нижча у порівнянні з двигуном, що працює на бензині (причиною є мале наповнення циліндра паливом через малу густину водню);

– через велику швидкість горіння водню робота двигуна є жорсткою і схильною до виникнення детонаційних явищ. Водень має дуже малу густину. Тому при зберіганні у стисненому стані у балонах його вміст у балонах є невеликим. Навіть при стисканні водню до 40 МПа маса самого водню складає до 1,3% маси балону. Наприклад для того, щоб розмістити на борту середнього легкового автомобіля 10 кг водню, якого вистачить на пробіг 400 -ь 500 км, необхідно балонів загальною масою 1200 кг. Крім того, зберігання на борту автомобіля балонів під великим тиском є вибухонебезпечним.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ ПО РОБОТІ

В аналітичній частині проведено аналіз транспортного обслуговування населення м. Тернополя та аналіз методик розподілу перевезень між видами міського пасажирського громадського транспорту. На основі проведених досліджень розглянуті основні техніко-економічні характеристики і раціональні сфери застосування, різних видів моделей функціонування міського громадського пасажирського транспорту, проведено аналіз методик за вибором виду міського громадського пасажирського транспорту.

В розділ «Розробка моделі вибору виду міського пасажирського громадського транспорту» проведено визначення факторів при виборі виду транспорту та розробку узагальненої функції вибору виду міського пасажирського транспорту. На основі даних досліджень встановлено, що оптимальним видом громадського пасажирського транспорту для м. Тернополя є тролейбусний, однак він вимагає значних капіталовкладень. Як альтернативний вид транспорту можна використовувати автобусне забезпечення.

У розрахунково-графічній роботі було проведено планування та організацію міських пасажирських автобусних перевезень м. Тернополя.

Для формування маршрутної транспортної мережі міста і прокладання маршрутів було визначено найкоротші відстані між транспортними районами за допомогою методів потенціалів.

Розраховано кількість пасажирів, які переміщуються між транспортними районами міста за допомогою гравітаційної моделі розподілу пасажиропотоків. Необхідний результат розрахунків, при якому розрахункова ємкість транспортного району не повинна перевищувати 5% заданого значення ємкості, був отриманий при здійсненні другої ітерації. Кількість переміщуваних пасажирів представлена у вигляді таблиці – матриці міжрайонних кореспонденцій.

Побудовано епюру пасажиропотоків на транспортній мережі. Вона дає змогу наглядно оцінити проведені розрахунки кількісті пасажирів, які переміщуються між транспортними районами, відображає рівень завантаженості перегонів пасажирами між транспортними районами міста.

Для того, щоб максимально забезпечити пасажирів у перевезенні, на основі епюри пасажиропотоків було визначено орієнтовану кількість маршрутів на ділянках транспортної мережі. З урахуванням даної рекомендації сформовано маршрутну мережу, яка складається з 6 маршрутів.

На сформованій маршрутній мережі було визначено коефіцієнт пересаджування, який склав 1.

Побудовано епюри пасажиропотоків для кожного сформованого маршруту. Для цього було здійснено перерозподіл міжрайонних кореспонденцій між транспортними районами, так як між кожним транспортним районом може пролягати декілька маршрутів. Для кожного з маршрутів визначено коефіцієнт ефективності, значення якого повинно бути більше 0,6. Розраховані коефіцієнти ефективності приймають значення в діапазоні 0,6-0,8.

На основі визначеної місткості автобусу було обрано рухомий склад для кожного маршруту. Для маршрутів №2 і №5 призначено автобус Богдан А-701.30 номінальною пасажиромісткістю 83 пасажири, для маршрутів №1, №3, №4 та №6 – автобус Богдан А-302.51номінальною пасажиромісткістю 67 пасажирів.

Бібліографія

1. А. Х. Зильберталь. Проблемы городского пассажирского транспорта. 1937 г. Государственное транспортное издательство.

2. Е.В. Овечников, М.С. Фишельсон Городской транспорт. Учебник для вузов. М., «Высш. школа», 1976

3. Самойлов Д.С. Городской транспорт. Учебник для вузов - 2-е издание, переработанное и дополненное - М. Стройиздат, 1983 - 384 с, ил.

4. Сафронов Э. А. Транспортные системы городов и регионов Издательство Ассоциации строительных вузов. М, 2005. - 266с.

5. Стенбринк П.А. Оптимизация транспортных сетей. М.: Транспорт, 1981.

6. Пасажирські перевезення. Методичні рекомендації до виконання курсового проекту для студентів денної та заочної форми навчання напряму підготовки 0701 Транспортні технології / В.В. Литвин, І.Ю. Клименко. – Д.: ДВНЗ «Національний гірничий університет», 2012. – 31 с

7. Пасажирські перевезення. Методичні рекомендації до практичних робіт для студентів денної форми навчання напряму підготовки 0701 Транспортні технології / В.В. Литвин, О.В. Новицький, І.О. Таран. - Д. Національний гірничий університет, 2010. – 30 с.

8. Организация и управление пассажирскими автомобильными перевозками.: Учебник для студентов учреждений сред. проф. образования / И.В. Спирин. - М.: Изд. центр «Академия», 2003. – 400 с.

9. Лобанов Е. М. Транспортная планировка городов: Учебник для студентов вузов.— М.: Транспорт, 1990.—240 с.

10.Красников, А. Н. Закономерности движения на многополосных автомобильных дорогах / А. Н. Красников. - М.: Транспорт, 1988.

11.Габарда Д. Новые транспортные системы в городском общественном транспорте: Пер. со словац. - М.: Транспорт, 1990. - 216 с.