


Вінницький національний технічний університет
Факультет машинобудування та транспорту
Кафедра автомобілів та транспортного менеджменту



Пояснювальна записка
до магістерської кваліфікаційної роботи
на тему «Підвищення ефективності роботи міського пасажирського транспорту
(на прикладі міста Тернопіль)»

Виконав: студент 2 курсу,
групи 1ТТ-19м
спеціальності
275 – «Транспортні технології»
Обертинський Ю Г.

Керівник: канд. техн. наук, доцент
Терещенко О.П.

Рецензент: д. т. н, професор
Савуляк В.І.

Вінниця – 2020

ВСТУП

Автомобільний пасажирський транспорт являється основним видом транспорту для поїздок на короткі і середні відстані. В умовах різкого спаду виробництва і зниження життєвого рівня населення практика показує, що рівень пасажирських перевезень, як правило, не відповідає сучасним вимогам, які пред'являються до якості перевезень пасажирів. А саме, не забезпечується встановлений нормами час поїздок, що пояснюється низькими швидкостями руху автобусів, необхідністю проводити пересадки через недосконалу маршрутну мережу і витратами часу на підходи на переміщення до зупинок. У години пік поїздки відтворюється – з порушенням встановлених норм наповнення рухомого складу. Перед підприємствами, які займаються міськими пасажирськими перевезеннями, постає задача оптимізації перевезень, досягнення ситуації, коли попит на перевезення співпадає з пропозицією, при мінімальних транспортних витратах. Досягти такої рівноваги на сьогодні реально за допомогою комплексного рішення задач з оптимізації перевізних процесів.

Значний вплив на організацію пасажирських перевезень і підвищення ефективності використання пасажирського транспорту здійснює нерівномірність розподілу пасажиропотоків у часі. Вихідною базою для виконання розробки заходів щодо вдосконалення транспортного процесу обслуговування населення є загальна інформація про основні особливості формування загальної і транспортної рухливості населення, про розмір і напрямок пасажиропотоків, їх зміни у просторі і у часі.

Дані про величину пасажиропотоків дозволяють уявити реальний стан існуючого положення і на цій підставі зробити висновки про спрямування удосконалення організації перевезень. Коливання пасажиропотоків відрізняються певною закономірністю. Найбільшу цікавість представляють коливання за годинами доби, так як дані про розміри і характер годинних потоків служать критерієм для вибору ефективного типу необхідного рухомого складу і його

кількості; складання розкладу руху; розрахунку показників, що характеризують рух автобусів; затвердження ефективних графіків для роботи автобусних бригад.

Отже, велике значення мають точність і швидкість визначення обсягу перевезень пасажирів у певний момент часу. Сукупна поведінка всіх пасажирів підпорядковується певній закономірності, яка може бути описана одним з ймовірнісних законів розподілу випадкових величин. Задача складається з визначення кількості транспортних засобів (інтервалу руху), які необхідні для освоєння існуючого пасажиропотоку, а також виборі оптимальної форми праці (по розкладу або інтервалу). Така задача вирішується при переході від позапікових періодів до пікових.

За цих умов проблема збалансованого, ефективного використання й розвитку міських автобусних перевезень пасажирів набуває виключної актуальності, а її вирішення вимагає розробки і застосування сучасних підходів і методів.

Метою й завданням роботи є підвищення ефективності роботи пасажирської транспортної мережі шляхом забезпечення відповідності перевізних можливостей автобусів попиту, який сформувався на пасажирських маршрутах в сучасних ринкових умовах функціонування..

Для досягнення зазначеної мети були поставлені і виконані такі завдання:

1. Провести аналіз методів підвищення ефективності використання автобусів
2. Виконати дослідження існуючої міської маршрутної мережі і системи організації пасажирських перевезень у м. Тернопіль
3. Провести обстеження і аналіз формування пасажиропотоків у години пік в м. Тернопіль
4. Розробити модель організації роботи автобусів на міських маршрутах.
5. Визначити економічну ефективність розробок.
6. Розглянути питання охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях.

Об'єктом дослідження є процес перевезення пасажирів на міських автобусних маршрутах.

Предмет дослідження –взаємозв'язок між параметрами маршруту і ефективністю його роботи

Методи дослідження. У роботі широко використані методи наукової абстракції, аналізу і синтезу, індукції і дедукції, аналогії і порівняння, історичний і логічний підходи, системно-структурний аналіз. У дослідженні системи міських автобусних перевезень пасажирів застосовувалися табличні, схемні і графічні форми інтерпретації даних процесів і явищ.

Наукова новизна. Визначена умова для вибору оптимальної форми організації роботи автобусів на міських маршрутах при забезпеченні відповідності перевізних можливостей автобусів попиту, який сформувався на пасажирських маршрутах м. Тернопіль.

Визначені основні вимоги і принципи побудування раціонального формування автобусної маршрутної мережі, виходячи з існуючих пасажиропотоків як за величиною, так і за напрямками.

Практичне значення. Практичне значення одержаних результатів полягає в тому, що проведені в роботі дослідження доведені до конкретних рекомендацій щодо їх запровадження в практичну діяльність органів державної влади та місцевого самоврядування України.

Публікації. Основні положення і результати досліджень за участі автора опубліковані в матеріалах всеукраїнської науково практичної інтернет конференції «Молодь в науці: дослідження, проблеми, перспективи (МН - 2021)» Вінниця, ВНТУ. [1]

РОЗДІЛ 1

АНАЛІЗ МЕТОДІВ ОБСТЕЖЕННЯ ПАСАЖИРОПОТОКІВ НА МІСЬКИХ АВТОБУСНИХ МАРШРУТАХ ЗАГАЛЬНОГО КОРИСТУВАННЯ

1.1. Аналіз методів підвищення ефективності використання автобусів

Основною задачею організації руху міського транспорту являється забезпечення найбільш високої якості перевезення пасажирів при мінімальній собівартості. Якість перевезення пасажирів оцінюють величиною маршрутного інтервалу, регулярністю руху автобусів, витратами часу населення на поїздки, наповненням автобусів, швидкістю сполучення та комфортністю транспортного обслуговування. Підвищення якісних показників транспортного обслуговування призводить до підвищення собівартості перевезення пасажирів, тому вимога максимізації їх собівартості протирічає один одному. Якщо до того врахувати нерегульовані випадкові коливання пасажиропотоків у часі і по довжині транспортної мережі, затримки руху маршрутного пасажирського транспорту при роботі в загальному потоці вуличного руху і т. д., то стає зрозумілим, що складання оптимального плану руху автобусів представляє собою складну задачу. План руху з одного боку, повинен бути розрахований на максимальний випуск рухомого складу на лінію, реалізацію максимальної швидкості руху, максимальне ефективне використання часу робочої зміни автобусних бригад тощо. Все це сприятиме зниженню собівартості і підвищенню якості перевезення пасажирів. Але, з іншого боку, в плані руху повинні бути враховані достатні резерви і по випуску на лінію рухомого складу також із врахуванням можливих замін автобусів.

Вихідною базою для розробки заходів з удосконалення використання автобусів являється інформація про особливості формування загальної і транспортної рухомості населення, про розмір і напрямках пасажиропотоків, їх зміні у просторі і у часі.

Найбільш поширеними засобами визначення пасажиропотоків у даний час в практиці транспортних організацій являються натурні обстеження. По засобу проведення обстеження поділяються на безперервні і вибіркові. Кожне з цих обстежень може проводитися декількома методами: табличним, силуетним, анкетним [20].

Натурні методи обстеження мають велику точність (похибка складає близько 5 % [10]), але мають суттєві недоліки. По-перше, вони потребують великих витрат людських та грошових ресурсів задля їхнього проведення. По-друге, потребують, як правило, багато часу на обробку результатів, внаслідок чого, ці результати обстеження з'являються із затримкою і не несуть достовірної інформації про реальні пасажиропотоки. Крім того, в наслідок обстеження можна отримати пасажиропотоки тільки для маршрутної мережі, що існує на даний час. Вільсон у 1967 році застосував ентропійний підхід для розв'язання транспортних проблем, і згодом ним часто користувались при моделюванні вибору при розв'язанні транспортних задач (вибір місця призначення, виду транспорту, маршруту призначення) [28]. Заболоцький Г. А. особливу увагу приділяють методам прогнозування пасажиропотоків за допомогою екстраполяційних методів [19].

Згідно дослідженням Аррака А.О. [18] існує проблема оцінювання роботи пасажирського транспорту в економічному і соціальному аспектах і їх узгодження, оскільки фактори економічної і соціальної ефективності змінюються різними темпами і у різному напрямку. Інакше кажучи, рішення ефективні в економічному сенсі можуть негативно позначитися на соціальних аспектах, а саме підвищенні транспортної втомлюваності, зниження якості перевезень.

Економічний аспект ефективності пасажирських перевезень означає задоволення попиту населення в перевезеннях з можливо найменшими витратами і відображається у:

- доцільності використання ресурсів (працемісткості, фондомісткості, матеріаломісткості);
- ефективності матеріального виробництва і результативності роботи у

невиробничої сфери.

Автор розділяє виробничі фонди на дві групи. До першої він відносить такі, які не впливають безпосередньо на якість перевезень (ремонтна база, споруди). До другої групи – ті які впливають на якість перевезень (транспортні засоби, станційні споруди тощо). А.О. Аррак, розглядаючи питання економічної ефективності роботи пасажирського міського транспорту, в якості показників оцінки ефективності запропонував застосовувати витрати, енергомісткість і матеріаломісткість, продуктивність транспортних засобів, якість транспортного обслуговування населення, безпеку руху і охорону навколишнього середовища. При цьому полягає протиріччя, яка виникає при виборі одиниць виміру обсягів виконаної роботи пасажирського транспорту (у пасажирів або пасажирокілометрах). Якщо перевезення здійснюється по найкоротшому шляху, то у такому разі величина транспортної роботи, яка виражається у пасажирокілометрах буде мінімальна, що ефективно з точки зору пасажирів і неефективно з точки зору пасажирів і неефективно з точки зору перевізника. Якщо проводити виміри у кількості перевезених пасажирів, то знижується якість транспортного обслуговування внаслідок збільшення коефіцієнта пересадочності. Підвищити економічну ефективність перевезень він пропонує за рахунок збільшення регулярності і культури обслуговування, досягнення оптимального рівня змінності, дослідження пасажиропотоків і збільшення прямолінійності маршрутів. У своїх роботах про розвиток і ефективність пасажирських перевезень основну мету перевізного процесу Аррак формулює як економію витрат часу. Для кожного конкретного випадку неможливо визначити витрати часу, і тому доводиться користуватися середніми значеннями показників. Їх можна встановити за допомогою обстежень, але це має велику трудомісткість і дуже дорого коштує. Автор пропонує визначати елементи витрат часу на відтворення поїздки, користуючись параметрами транспортної мережі і експлуатаційними показниками.

Якість пасажирських перевезень він пропонує оцінювати по відношенню накладних витрат часу (сума часу підходу пасажирів до зупиночного пункту, часу

очікування посадки і часу проходження від зупиночного пункту до мети поїздки) до часу поїздки, а також суми часу очікування посадки і часу поїздки. Сума годин підходу до зупиночного пункту і очікування дає оцінку раціональності і точності руху транспорту. Для підвищення якості їм запропоновано два шляхи: перший – зменшення часу підходу шляхом розвитку мережі і другий – зниження часу очікування за рахунок збільшення інтенсивності [3].

Система управління пасажирськими підприємствами автомобільного транспорту забезпечує підготовку обґрунтованих планів перевезень і їх якісне виконання, тобто за двома напрямкам.

Перший напрямок діяльності системи управління пов'язаний з розробкою, обґрунтуванням і затвердженням раціонального плану організації руху автобусів. Система передбачає рішення наступних задач: обґрунтування обсягів пасажирських перевезень; встановлення середньої дальності поїздок; розподілу пасажиропотоків по маршрутах; розрахунок основних техніко-експлуатаційних показників; розробка маршрутної системи та її оптимізація; розподілення рухомого складу по маршрутах і автотранспортних підприємствах; нормування швидкості; вибір раціональної системи організації праці водіїв; розробка розкладу руху автобусів по маршрутах; вибір схем розміщення зупинок, стоянок і обладнання для них; складання графіків випуску рухомого складу на лінію.

Показниками ефективності використання автобусів являються: енергомісткість перевезень, їх матеріаломісткість, працемісткість використання, продуктивність, собівартість перевезень, наведені витрати і обсяг перевезених пасажирів [13].

Енергомісткість перевезень E – це кількість енергії, яка витрачається на їх виконання конкретним автомобілем, ккал/100 пас.-км:

$$E = \frac{100 \cdot Q_n \cdot \delta \cdot \lambda}{W}, \quad (1.1)$$

де Q_n – кількість автомобільного палива, що витрачається на перевезення,

лї;

δ – щільність палива;

λ - теплотворна здатність палива, ккал;

W – продуктивність, пас.-км.

Матеріаломісткість перевезень M показує кількість матеріалів, яке витрачається на виконання певної транспортної роботи, кг/1000 пас.-км:

$$M = \frac{1000 \cdot (G_k + G_e)}{W \cdot T_a \cdot \eta_v}, \quad (1.2)$$

де G_k – маса матеріалу у конструкції автомобіля, кг;

G_e – маса матеріалу, яка витрачається у процесі експлуатації за амортизаційний термін служби, кг;

T_a – амортизаційний термін служби автомобіля, років;

η_v – коефіцієнт використання матеріалу у виробництві.

Продуктивність автомобіля W може визначатися або кількістю перевезених пасажирів, W_q , або кількістю виконаних пасажиро-кілометрів за одиницю часу W_p і визначається за формулами

$$W_q = \frac{q_n \cdot \gamma_c \cdot \eta_{zm}}{t_p}, \quad (1.3)$$

$$W_p = \frac{q_n \cdot \gamma_d \cdot \eta_{zm} \cdot l_{cp}}{t_p}, \quad (1.4)$$

де q_n – номінальна місткість автобуса, пас;

γ_c, γ_d – відповідно статичний і динамічний коефіцієнти використання місткості;

$\eta_{зм}$ – коефіцієнт змінності пасажирів;

l_{cp} – середня відстань перевезення, км.;

t_p – час рейсу, годин.

Собівартість перевезень S визначається відношенням суми витрат, пов'язаних з виконанням перевезень за певний період часу, до виконаної за цей же час транспортної роботи, грн./пас.-км, і визначається за формулою

$$S = \frac{C_{зм} \cdot v_e + S_{пост}}{W_p}, \quad (1.5)$$

де $C_{зм}$ – змінні витрат на 1 км. пробігу, грн.;

v_e – експлуатаційна швидкість, км/год;

$S_{пост}$ – сума постійних витрат на 1 годину роботи, грн.

Наведені витрати Z пред'являють собою суму річного ефекту використання капітальних вкладень та експлуатаційної собівартості, віднесених до одиниці транспортної продукції, грн/100 пас.-км, і визначається за формулою

$$Z = S + \frac{E_n (K - Ц_л)}{W}, \quad (1.6)$$

де E_n – нормативний коефіцієнт ефективності;

K – капітальні вкладення;

$Ц_л$ – ліквідаційна вартість транспортних засобів.

Обсяг перевезення пасажирів Q представляють собою фактичну кількість перевезених пасажирів за певний період часу і визначається за формулою

$$Q = \frac{T_n \cdot V_e \cdot \beta \cdot q_a \cdot \gamma_v \cdot АД_{раб}}{l_n}, \quad (1.7)$$

де T_n – середній час знаходження автомобіля у наряді, год;

V_e – експлуатаційна швидкість, км/год;

β – коефіцієнт використання пробігу;

q_a – місткість автобуса, пас;

γ_e – коефіцієнт використання місткості;

$AD_{раб}$ – автомобіле-дні роботи;

l_n – середня довжина поїздки пасажира, км.

Для автобусних парків середній час в наряді залежить від величини обсягу перевезень на маршрутах, тривалості маршруту і т.д. Від планування міста, моделі автобуса, довжини перегону, а також від простоювання на кінцевих зупинках, зупиночних пунктах залежить експлуатаційна швидкість. Зменшення коефіцієнта використання пробігу може бути викликане збільшенням нульових пробігів за рахунок заїздів у парк внаслідок технічних несправностей.

Реалізація функцій управління по другому напрямку забезпечує контролювання, регулювання і координацію роботи рухомого складу при виконанні планів перевезення пасажирів в умовах багаточисельних зовнішніх і внутрішніх чинників нестійкості.

Зовнішніми факторами нестійкості процесу перевезення є нерівномірність інтенсивності транспортного потоку у просторі та часі, неузгодженість роботи технічних засобів, призначених для регулювання дорожнього руху, зміна дорожніх та кліматичних умов. Основним внутрішнім фактором нестійкості транспортного процесу являється технічний стан рухомого складу, який може бути причиною відмов його вузлів і агрегатів, втрат робочого часу.

Сумісні дії факторів нестійкості, неможливість визначити всі причини того або іншого результату роботи пасажирського транспорту визначають потребу розглядати його в якості складної господарчу систему. Це, у свою чергу, викликає необхідність розробки і використання при управлінні пасажироперевезеннями спеціальних ймовірнісних методів та людино-машинних процедур для прийняття

рішень.

В першу чергу, виробничі об'єднання автомобільного пасажирського транспорту потребують об'єктивної оцінки плинного стану системи управління і результатів виробничої діяльності. Така оцінка затруднена по ряду причин, а саме:

- відсутність обґрунтування критерію оптимальності, який забезпечує правильну оцінку стану господарської системи і якості управління нею;
- відсутності завершеної методики прогнозування обсягів перевезення пасажирів, яка б забезпечувала розробку прогнозів як в цілому по регіону, так і по адміністративним районам і містам;
- складнощі обліку циклічних складових перевезень при будівництві прогнозних функцій;
- відсутності науково обґрунтованої методики формування збалансованих техніко-економічних планів і алгоритмів управління, які б забезпечували високу ефективність і необхідну швидкість виконання планових завдань.

1.2. Аналіз технології перевезень пасажирів автобусами у м. Тернопіль

Організація руху автобусів в м. Тернопіль здійснюється за маршрутним принципом.

Суть маршрутного принципу пасажиропоток складається в організації руху транспортних засобів по певним, раніше встановленим напрямкам – маршрутам, які розділені зупиночними пунктами на окремі ділянки. Режим руху на маршруті уявляє собою пуски, вибіги, гальмування і зупинки на зупиночних пунктах для відтворення пасажирообміну. Характеристики організації руху цього типу визначають довжина маршруту між зупиночними пунктами, найбільша швидкість автобуса на маршруті, ходовий час і швидкість, швидкості сполучення.

Маршрутний принцип перевезення пасажирів дозволяє:

- примусово організувати і оптимально розподілити пасажиропотоки на

транспортній мережі;

– опанувати великі пасажиропотоки при мінімальному використанні площі міських проїздів порівняно з позамаршрутною організацією руху по принципу вільного вибору пасажирями напрямків руху в межах заданої транспортної мережі;

– обладнати маршрути різними засобами, які підвищують комфорт транспортного обслуговування, наприклад, павільйонами для очікування пасажирями транспорту).

Для виконання перевезень пасажирів організовані маятникові маршрути, які в свою чергу, залежно від їх розташування на території району, що обслуговується, розподіляються на:

-діаметральні, які поєднують периферійні райони міста і які проходять через центр;

-радіальні, які поєднують периферійні райони міста з центральною його частиною;

-напівдіаметральні, які проходять через центр міста і міські райони, але не діаметрально розташовані;

-тангенціальні, які поєднують окремі периферійні райони і які не проходять через центр міста.

Характеристика міських автобусних маршрутів за видами, на яких були проведені обстеження пасажиропотоків наведена в табл. 1.1.

Таблиця 1.1 – Характеристика автобусних маршрутів міста

| Номер маршруту | Назва маршруту | Вид маршруту |
|----------------|--|--------------------------|
| 6 | «Вул. Н. Світ – автовокзал» | радіальний |
| 5 | «Вул. Лучаківського – смт В. Березовиця - с. Острів» | Радіально-тангенціальний |
| 8 | «с. Біла – містечко шляховиків» | радіальний |
| 14 | «Автовокзал – вул. Симоненка – вул. Л. Українки» | тангенціальний |
| 16 | «Вул. Винниченка – вул. Київська» | радіальний |
| 18 | «ТРЦ «Подoliaни» – містечко шляховиків» | радіальний |

Автобуси працюють за розкладом, який спирається на встановлені норми швидкостей руху і часу простоювання на зупинках. Особливістю роботи за розкладом являється неможливість для водіїв на свій розсуд змінювати час обороту і рейсу. Недостатній час на виконання автобусом руху за маршрутом викликає нерегулярність роботи і зниження безпеки, а надлишок часу зменшує продуктивність роботи автобусів і збільшує час поїздки пасажирів. Нормування швидкості проводиться по рейсах. Пробіг автобуса за маршрутом в обох напрямках враховується оборотним рейсом. При обрахуванні часу обороту визначають його складові елементи: безпосередньо час руху; час простоювання на проміжних зупиночних пунктах; час затримання по причинах інтенсивного руху і особливих умов маршруту; час уповільненого руху, який викликається несприятливими дорожніми умовами; час відстоювання на кінцевих пунктах. Дійсні швидкості звичайно значно відрізняються від тих, які можна отримати з динамічних характеристик транспортного засобу. Для міських автобусів швидкості руху не є постійними на протязі доби, вони змінюються також по годинах періоду руху, неоднакові на різних маршрутах і різняться по відтинкам між зупиночними пунктами. Тривалість відстоювання автобусів на кінцевих пунктах встановлюється диференційовано за годинами періоду руху і визначається в залежності від тривалості маршруту, часу рейса і умов руху. Простоювання на проміжних зупинках залежать від типу рухомого складу і пасажирообміну зупиночного пункту.

Режими роботи автобусів на маршрутах у робочі і вихідні дні тижня наведені у таблицях 1.2 і 1.3, відповідно.

У кожний конкретний момент часу в автобусі знаходиться певна кількість пасажирів, яка може бути менше або більше номінальної місткості. Ступінь використання місткості оцінюється коефіцієнтом наповнення.

Таблиця 1.2 – Режими роботи автобусів на маршрутах у робочі дні

| Номер маршруту | Кількість автобусів на маршрутах за годинами доби | | | | | Час на оберт, хв |
|-----------------|---|------|-------|-------|-------|------------------|
| | 6-7 | 7-11 | 11-15 | 15-20 | 20-22 | |
| 4 | 5 | 9 | 5 | 8 | 4 | 58 |
| 6 | - | 7 | - | 4 | - | 114 |
| 14 | 3 | 3 | 3 | 3 | 2 | 90 |
| 23 | 5 | 8 | 5 | 6 | 3 | 70 |
| 23 ^a | 2 | 8 | 2 | 7 | 2 | 78 |
| 2 ^a | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 52 |

Таблиця 1.3 – Режими роботи маршрутних автобусів у вихідні дні

| Номер маршруту | Кількість автобусів на маршрутах по годинам доби | | | | | Час на оберт, хв |
|-----------------|--|------|-------|-------|-------|------------------|
| | 6-7 | 7-11 | 11-15 | 15-20 | 20-22 | |
| 4 | 7 | 7 | 7 | 7 | 5 | 58 |
| 6 | 2 | 2 | 2 | 2 | 1 | 84 |
| 14 | 5 | 5 | 5 | 5 | 3 | 70 |
| 23 | 1 | 1 | 1 | 1 | - | 78 |
| 23 ^a | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 52 |
| 2 ^a | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 71 |

Статичний коефіцієнт наповнення визначається за формулою

$$\gamma = \frac{Q_{\phi}}{Q_n}, \quad (1.8)$$

де Q_{ϕ} – фактична кількість перевезених пасажирів, пас;

Q_n – номінальна кількість перевезених пасажирів.

Можлива кількість перевезених пасажирів визначається продуктивністю автобуса за умовами повного використання номінальної місткості і фактичному коефіцієнті змінності, у відповідності з рівнянням (1.4). Фактична кількість перевезених пасажирів визначається годинним пасажиропотоком на маршруті.

Результати розрахунку сумарної годинної продуктивності автобусів по періодам доби для маршрутів, на яких проводились дослідження

пасажиропотоків, наведені у таблиці 1.4.

Таблиця 1.4 – Сумарна годинна продуктивність автобусів по періодам доби

| Номер маршруту | Продуктивність автобусів на маршрутах по періодам доби, пас/год | | | | |
|-----------------|---|------|-------|-------|-------|
| | 6-7 | 7-11 | 11-15 | 15-20 | 20-22 |
| 4 | 731 | 824 | 831 | 909 | 531 |
| 6 | 546 | 649 | 310 | 540 | 210 |
| 14 | 280 | 706 | 280 | 706 | 453 |
| 23 | 852 | 997 | 852 | 909 | 852 |
| 23 ^a | 810 | 958 | 810 | 902 | 162 |
| 2 ^a | 771 | 1285 | 771 | 1028 | 514 |

Якщо проаналізувати формули продуктивності (1.4) та (1.5), можна дійти висновку, що прямопропорційно на продуктивність впливають коефіцієнт змінності пасажирів, місткість рухомого складу, коефіцієнт її використання, а обернено-пропорційно впливає час рейсу.

Змінювати місткість автобусів в широкому діапазоні не уявляється можливим із-за обмеженості модельного ряду автобусів, які використовуються для міських пасажирських перевезень, коефіцієнт змінності пасажирів – нерегульована величина, яка має випадковий характер, а значить, оперувати даними показниками для підвищення ефективності використання не принесе значного результату. Для підвищення продуктивності автобусів необхідно зменшувати час рейсу і підвищувати наповнення рухомого складу.

Щоб зменшити час рейсу необхідно збільшувати швидкість сполучення, тобто зменшувати час простою на проміжних зупиночних пунктах та збільшувати технічну швидкість. Збільшення технічної швидкості неможливе із умов безпеки дорожнього руху, а зменшення часу простою на проміжних зупиночних пунктах викличе погіршення якості обслуговування пасажирів.

Як показав аналіз технології перевезень пасажирів автобусами в м. Тернопіль середньодобове наповнення автобусів не рівномірне за годинами доби і не дуже велике, а значить, для підвищення продуктивності необхідно збільшувати коефіцієнт використання місткості шляхом раціональної організації

руху автобусів на маршрутах, тобто в залежності від пасажиропотоку визначати необхідну кількість одиниць рухомого складу по годинах доби, а також його оптимальну місткість.

Потреба у рухомому складі встановлюють виходячи з необхідності призначення на кожний маршрут певної кількості автобусів такої пасажиромісткості, що забезпечує мінімум витрат для перевізника за умовами освоєння пасажиропотоку при дотриманні всіх нормативних вимог до якості транспортного обслуговування населення. При цьому для формування раціональної структури парка рухомого складу обирають типи і кількість автобусів. Розподілення автобусів за маршрутами проводять за тими ж умовами, додатково враховуючи наявність рухомого складу в розпорядженні перевізника. Розподілення автобусів – необхідний етап в переході від пасажиропотоку до кількості автобусів на маршруті. У загальному випадку керуються збереженням притаманного для пасажирів інтервалу руху автобусів 1 – 2 хв і витрати на експлуатацію автобусів. Ці витрати підвищуються пропорційно пасажиромісткості автобуса, але при її підвищенні потрібно задіяти меншу кількість автобусів, через що різняться і витрати для різних типів автобусів.

1.3.Обстеження і аналіз формування пасажиропотоків у години пік

Проблема транспортного обслуговування населення міста в години пік є дуже актуальною і їй необхідно приділити особливу увагу. Переповнення транспортних засобів в ці години відбивається на стані пасажирів, рівні і якості обслуговування пасажирських перевезень, поломкам рухомого складу. Основну увагу необхідно приділити скороченню витрат часу на поїздки і зниження наповнення автобусів.

Комплексна програма включає: обстеження і аналіз формування пасажиропотоків; розподілення часу початку роботи підприємства і організацій; вдосконалення маршрутної системи; збільшення випуску автобусів в години пік;

вдосконалення засобів організації руху; розвиток централізованого керування рухом на маршрутах.

У будь-якому місті або населеному пункті необхідно мати дані комплексного обстеження пасажиропотоків на всіх видах транспорту і періодично уточнювати їх у зв'язку із змінами транспортної мережі і системи маршрутів, а також проводити аналіз показників роботи рухомого складу з точки зору розподілення обсягу перевезень пасажирів по маршрутам. Аналіз розподілення пасажиропотоків показує, що години пік на окремих маршрутах не співпадають і має місце змінення максимальних навантажень по часу на різних маршрутах. У зв'язку з цим на міських автобусних маршрутах доцільно встановлювати в найбільш завантажені періоди внутрішньо годинні нерівномірності розподілення пасажиропотоків і порівнювати з фактичним випуском і розподіленням автобусів по маршрутам. На підставі співставлення виявляють вузькі місця, рівень незадовільного попиту і розробляють заходи по вдосконаленню перевезень, організації і управлінню рухом по конкретним маршрутам. З метою розподілення пасажиропотоків у години пік транспортні об'єднання повинні приймати участь у розробці транспортної частини генерального плану міста.

До ефективних мір із вдосконалення обслуговування пасажирів у години пік відноситься оптимізація системи маршрутів, введення скорочених маршрутів, скорочення пересадочності поїздок пасажирів. Безумовно забезпечення максимально можливого випуску автобусів на лінію у години пік являється однією з важливих умов роботи рухомого складу на лінії. Максимальний випуск автобусів на лінію забезпечує мінімальні інтервали руху в години пік, а 100% регулярність руху – надійність транспортного процесу, яка підкріплена введенням системи планування резерву автобусів у добовому наряді. Резерв встановлюється з урахуванням конкретних умов місця і часу, але не менш 5% добового випуску. У зв'язку з наявністю, в окремих випадках, різниці між парком автобусів, які є в наявності і розрахунковою потребою їх на маршрутах вводять коефіцієнт дефіциту автобусів $\eta_{деф}$, який характеризує рівень неможливості задоволення

попиту із-за відсутності рухомого складу і необхідності мати резерв. Він визначається співвідношенням

$$\eta_{\text{деф}} = \frac{A_{\text{cn}}}{A_{\text{cn}}^{\text{роз}}}, \quad (1.9)$$

де A_{cn} – спискова кількість автобусів;

$A_{\text{cn}}^{\text{роз}}$ – необхідна розрахункова кількість автобусів.

Вдосконалення методів організації руху передбачає організацію руху в години пік, котра повинна бути спрямована на скорочення витрат часу пасажирів на поїздку і наповнення автобусів. Наповнення автобусів в години пік повинно відповідати номінальній місткості і не перевищує максимальну, як це часто буває. Це досягається виконанням нормативів якості обслуговування при встановленні необхідної кількості автобусів і розподілення їх по маршрутам в години пік, а також підключенням роботи в цей період автобусів з резерву. Швидкість руху автобусів підвищується за рахунок скорочення відстоювання на кінцевих зупинках, виділення спеціальних стрічок руху. Вводяться комбіновані режими руху на маршрутах, коли частина автобусів працює з збільшеними інтервалами руху в звичайному режимі, а інша частина в швидкісному із встановленим і доведеним до пасажирів часом про слідування кожного вузлового пункту.

В години пік організують спарений рух двох автобусів великої або особливо великої місткості на найбільш завантажених маршрутах по одному робочому розкладу, що дозволяє суттєво знизити наповнення рухомого складу. Використання на маршруті автобусів різної місткості дозволяє організувати у години спаду пасажиропотоків роботу автобусів середньої і великої місткості, а в години пік – великої і особливо великої місткості.

1.3.1. Методи обстеження пасажиропотоків

Проводяться обстеження для виявлення пасажиропотоків, розподілу їх за напрямками, збору даних щодо зміни в часі пасажиропотоків. Можна

класифікувати існуючі методи обстеження пасажиропотоків за наступними ознаками (рис. 1.1). Розрізняють обстеження систематичні та разові за тривалістю періоду, що охоплюється. Щодня проводять систематичні обстеження протягом всього періоду руху лінійні працівники служби експлуатації. Разовими називаються короточасні обстеження за тією або іншою програмою, яка визначається поставленими цілями (рис. 1.1).

Суцільні та вибіркові обстеження розрізняють за шириною охоплення транспортної мережі. Суцільні обстеження проводять одночасно по всій транспортній мережі обслуговуваного регіону. Вони вимагають великого числа контролерів і обліковців. За наслідками обстежень вирішують питання функціонування транспортної мережі, такі як зміна схеми маршрутів, напрями її розвитку, вибір видів транспорту відповідно до потужності пасажирських потоків, координація роботи різних видів транспорту.

Вибіркові обстеження проводять в окремих районах руху, конфліктних точках деяких маршрутів з метою вирішення локальних, виняткових, вузьких і конкретніших завдань.



Рисунок 1.1 – Методи обстеження пасажиропотоків

За видом обстеження можуть бути звітно-статичними, анкетними, автоматизованими та натурними.

Натурні обстеження у свою чергу можуть бути талонними, табличними, візуальними, силуетними і опитувальними.

Робота з обстеження пасажиропотоків при будь-якому способі і незалежно від тривалості і широти обхвату повинна здійснюватися за заздалегідь складеному і затвердженому плану. План розробляється з урахуванням конкретних умов і повинен бути реальним за термінами виконання, об'єму роботи і числу виконавців. План, як правило, складається з трьох частин: підготовка проведення обстеження; робота з виконання обстеження і статистична обробка зібраних відомостей.

Використовують результати обстежень пасажиропотоків як для реорганізації транспортної мережі в цілому, так і для поліпшення на діючих маршрутах організації перевезень пасажирів. За допомогою обстежень можна встановити і основні техніко-експлуатаційні показники роботи автобусів: об'єм перевезень, пасажирооборот, середню дальність поїздки пасажирів, число змін роботи та час рейсу, наповнення автобусів та їх число на маршрутах, пробіг за час наряду, інтервали, швидкість і частоту руху. Перераховані дані служать основою для вдосконалення як самої системи маршрутів, так і організації руху і роботи автобусів в цілому.

1.3.2. Вибір рухомого складу для роботи на маршруті

Для організації руху за маршрутом необхідно обирати раціональний рухомий склад. Суть даного питання полягає в призначенні на маршрут такої кількості транспортних засобів певної пасажиромісткості, котра забезпечує мінімальні витрати перевізника за умови освоєння наявного пасажиропотоку з дотриманням всіх нормативних вимог до якості транспортного обслуговування населення. При цьому тип потрібних транспортних засобів повинен обиратися з врахуванням можливої майбутньої потреби у перевезеннях з метою чіткого

формування раціональної структури парку транспортних засобів підприємства на перспективу.

Вибір рухомого стану пов'язаний, в першу чергу, з визначенням його номінальної місткості. Так як саме дана характеристика пасажирських транспортних засобів значно впливає на всі основні показники його роботи: витрати на перевезення, час обертів і т.ін.

Місткість рухомого складу визначається зазвичай його конструктивними особливостями. Отже, при виборі місткості автобусів враховують наступні фактори:

- 1.Потужність пасажиропотоку в одному напрямку на найбільш завантаженій ділянці маршруту.
- 2.Нерівномірний розподіл пасажиропотоку за ділянками маршруту та годинами доби.
- 3.Доцільний інтервал слідування транспортних засобів по годинам доби.
- 4.Наявні дорожні умови руху автобусів і пропускна здатність вулиць (на деяких вулицях рух автобусів великої місткості може бути обмежений за габаритами).
- 5.Собівартість перевезень.

За місткістю рухомий склад повинен максимально відповідати характеру та потужності пасажиропотоків.

Потужність пасажиропотоку виявляється у ході обстеження пасажиропотоків. Так як пасажиропотоки за годинами доби можуть значно відрізнятися („міжпіковий період” та години „пік”), то для визначених характерних періодів доби можна випускати на лінію рухомий склад різної місткості. Та не у всіх перевізників є можливість практично протягом доби проводити заміну автобусів з меншою місткістю на більшу, і навпаки. Тому для роботи за маршрутом обирають будь який один пік рухомого складу, місткість якого встановлюють на підставі даних по найбільш завантаженій ділянці маршруту про годинну потужність пасажиропотоку для годин „пік” або про його добову потужність за маршрутом в цілому. Але не слід забувати, що окрім

потужності пасажиропотоку необхідно враховувати припустимі інтервали руху транспортних засобів.

Доцільний інтервал руху на маршруті є дуже важливим критерієм для вибору раціональної місткості автобусного парку. Величина інтервалу не повинна бути дуже великою (в містах не рекомендовано встановлювати інтервали руху більше 20 хв), так як при різкому сполученні на маршруті пасажиром доводиться витратити на очікування транспорту багато часу. Перспектива тривалого очікування на зупиночному пункті змушує багатьох пасажирів обирати інші засоби поїздки: користуватися суміжними маршрутами руху у попутному напрямку, відтворюючи пересадки. Тому, по-перше, довгі інтервали руху створюють незручності для пасажирів, а, по-друге, можуть взагалі привести до їх втрати та зниженню прибутку від перевезень за конкретним маршрутом.

Але разом із тим перевізнику не вигідно встановлювати і занадто малі інтервали руху. З формули (1.10) видно, що чим нижче інтервал руху за маршрутом, тим більша кількість транспортних засобів необхідно випускати на лінію, що його підтримувати

$$A_m = \frac{t_{об} \cdot 60}{I}, \quad (1.10)$$

де $t_{об}$ – час обороту автобусу, годин;

I – інтервал руху автобуса, хв.

Тому встановлення малого значення інтервалу руху потребує більшої кількості транспортних засобів, що приведе внаслідок до збільшення пов'язаних з обслуговуванням маршруту витрат підприємства.

Для кожного маршруту зазвичай визначають припустимий діапазон інтервалів руху з урахуванням специфіки потреб пасажирів в перевезеннях по даному напрямку (нижні та верхні значення), в межах якого для відокремлюваних характерних періодів доби, в залежності від годинної нерівномірності пасажиропотоку, встановлюється конкретний інтервал руху за маршрутом.

Місткість рухомого складу може бути визначена через відношення максимальної потужності пасажиропотоку за годину на самій напруженій ділянці маршруту до частоти руху автобусів у даному напрямку і визначається за формулою

$$q = \frac{Q_{\max}}{\omega}, \quad (1.11)$$

де Q_{\max} – максимальна потужність пасажиропотоку по ділянці маршруту, пас/годину;

ω – частота руху, од/годину.

Рівняння (1.11) показує, яка кількість пасажирів повинна перевозитися в одному транспортному засобі, якщо відома загальна величина пасажиропотоку по певній ділянці маршруту на протязі години, і кількість транспортних засобів, які слідує в одному напрямку за той же період часу.

Також можна встановити залежність місткості рухомого складу від потужності пасажиропотоку і припустимого інтервалу руху за маршрутом, яка визначається за формулою

$$q = \frac{Q_{\max} \cdot I}{60}. \quad (1.12)$$

Якщо відомо добовий обсяг перевезень пасажирів по маршруту, то місткість автобусу розраховують наступним чином

$$q = \frac{Q_{\text{доб}} \cdot \eta_z \cdot \eta_d \cdot I_{\text{ср}}}{t_{\text{р.м}} \cdot \eta_p \cdot 60}, \quad (1.13)$$

де $Q_{\text{доб}}$ – обсяг перевезених пасажирів за маршрутом за добу;

$t_{\text{р.м}}$ – час роботи маршруту на протязі доби;

$I_{\text{ср}}$ – середній інтервал руху на протязі доби.

Таким чином, конкретне значення пасажиропотоку і заданий інтервал руху, який задовольняє умови пасажирських перевезень на маршруті, і визначають

загалом номінальну місткість рухомого стану. Недоцільно використовувати на маршруті з малим пасажиропотоком рухомий склад великої місткості, оскільки в цьому випадку рівень використання даної місткості транспортного засобу буде малим, і це приведе до зросту собівартості перевезень. Для підвищення рівня використання місткості парку автобусів необхідно збільшувати інтервал їх руху, щоб більше пасажирів накопичувалось на зупиночних пунктах, але ця обставина, як відмічено вище, викликає незручності для пасажирів і може привести до зниження доходів.

Також неефективно експлуатувати транспортні засоби малої місткості на маршрутах з потужним пасажиропотоком. Так як у цьому випадку для перевезення всіх пасажирів транспортним засобом, згідно (1.11) необхідно буде їздити частіше, а інтервал їх руху знизиться, що згідно (1.10), потребує більшої кількості автобусів для роботи на маршруті. Навіть якщо перевізник має достатню кількість автобусів у розмірі A_m , то більша їх кількість може призвести до зростання витрат на перевезення (паливно-мастильні матеріали, зарплатня водіям і т.д.). Таким чином, при виборі місткості рухомого складу керуються не тільки встановленням зручного для пасажирів інтервалу руху, але і витратами на перевезення пасажирів за маршрутом, які в свою чергу, також залежать від місткості.

Як вказувалось вище, якщо потужність пасажиропотоку являється для перевізника заданою величиною, то величину інтервалу руху він може змінювати у відомому діапазоні. А згідно (1.12) для різних інтервалів руху за маршрутом при однаковому значенні потужності пасажиропотоку перевізник може використовувати транспортні засоби різної місткості. Можлива межа місткості для автобусного парку, який може експлуатуватися на маршруті, визначається згідно (1.12) за мінімальним і максимальним допустимим інтервалом руху. Всі транспортні засоби, які підходять за місткістю для використання на маршруті, оцінюються за критерієм мінімальних витрат на перевезення. Перевага віддається автобусам, які забезпечують високу економічну ефективність перевезень. До основних витрат, величина яких безпосередньо пов'язана з обраною місткістю

автобусів, відносять експлуатаційні витрати (витрати на паливно-мастильні матеріали, шини і т.д.) і заробітну плату водіям. Розглянемо, яким чином відповідні витрати залежать від місткості рухомого складу, який експлуатується за маршрутом.

Експлуатаційні витрати на пробіг за маршрутом для кожної одиниці рухомого складу зростають пропорційно збільшенню його місткості. Для транспортних засобів великої місткості притаманні підвищені експлуатаційні витрати.

Витрати на заробітну плату водіям напряму пов'язані з кількістю транспортних засобів, які працюють на маршруті. Використовуючи (1.10) і (1.12), можемо встановити залежність кількості машин, які експлуатуються за маршрутом, від їх місткості і визначається за формулою

$$A_m = \frac{t_{об} \cdot 60}{I} = \frac{t_{об} \cdot Q_{max}}{q}, \text{ од.} \quad (1.14)$$

З цієї формули можна зробити висновок, що чим більше місткість автобусів, тим менша їх кількість необхідна для роботи на лінії. Але дана залежність не пропорційна, так як при підвищенні місткості збільшується, як правило, час оберту по маршруту. Це пояснюється збільшенням часу простоювання на зупиночних пунктах для посадки-висадки пасажирів і зниженням технічної швидкості руху транспортних засобів через їхню підвищену масу і великі розміри.

Для роботи за маршрутом необхідно обирати рухомий склад такої номінальної місткості, для котрої характерні мінімальні сукупні витрати на експлуатаційні матеріали і оплату праці водіїв.

Необхідно відмітити, що в наведеній методиці при виборі рухомого складу не аналізуються вимоги в інвестиційних засобах на їх придбання і терміни окупності таких вкладень. Це пояснюється тим, що на практиці у перевізників не завжди є можливість попереднього вибору раціонального типу рухомого складу з урахуванням наведених вище рекомендацій. Їх вибір може бути обмежений існуючою структурою парку транспортних засобів. У цьому випадку для

організації руху за маршрутом розраховують тільки необхідну кількість автобусів у відповідності з (1.10).

Після визначення місткості і необхідної кількості рухомого складу необхідно зробити його розподіл за періодами доби з урахуванням коливань пасажиропотоків для організації роботи водіїв по змінам.

1.3.3. Нормування швидкості руху і часу простою автобусів

Пасажирські автобуси працюють за розкладом, який опирається на встановлені доцільні і виконувані норми швидкості руху і часу простою на зупинках. Особливістю роботи за розкладом являється відсутність у водіїв можливості самостійно змінювати час рейсу і обороту. Недолік часу на рух автобусу за маршрутом викликає нерегулярність роботи і зниження безпеки поїздки, а залишок часу зменшує продуктивність роботи автобуса і збільшує час поїздки пасажирів. Правильно встановлена швидкість руху забезпечує ефективне використання автобусів на маршруті. Практично в основі всіх експлуатаційних розрахунків лежить показник швидкості, яка в свою чергу, залежить від ряду факторів: конструкції автобуса; дорожніх умов і особливостей маршруту; інтенсивності руху; пасажиро напруженості маршруту; кліматичних умов. Враховувати їх вплив можливо тільки при нормуванні швидкості руху з урахуванням конкретних умов. Нормування швидкості відтворюється за рейсами.

Рейс – це рух автобусу за маршрутом в одному напрямку від одного кінцевого пункту до іншого. Пробіг автобусу за маршрутом в обох напрямках враховується оборотнім рейсом. Час рейсу в обох напрямках враховується оборотнім рейсом. Час рейсу складається з часу руху t_p і часу простою на проміжних зупинках t_{zn} і визначається за формулою

$$t_p = t_p + \sum t_{zn} \approx \frac{l_m}{v_T} + t_{zn}^{cp} \cdot n, \quad (1.15)$$

де l_m – довжина маршруту, км;

v_T – технічна швидкість, км/год;

n – кількість проміжних зупинок;

t_{3n}^{CP} – середній час простою на зупинках, год.

Час зворотного рейсу t_p^{36} складається з часу в прямому напрямку t'_p , часу стоянки на кінцевому пункті t'_k і часу зворотного рейсу t''_p , тобто

$$t_p^{36} = t'_p + t'_k + t''_p. \quad (1.16)$$

Існує поняття обороту, яке включає час від моменту відправлення з кінцевого пункту до часу відправлення з цього ж пункту після виконання зворотного рейсу.

Час обороту розраховується за формулою

$$t_{36} = t'_p + t'_k + t''_p + t''_k. \quad (1.17)$$

При встановленні часу обороту виявляють його складові елементи: час безпосереднього руху; час простою на проміжних зупинках; час затримання з причин інтенсивного руху і особливих умов маршруту; час повільного руху, який обумовлено поганими дорожніми умовами; час відстоювання на кінцевих пунктах.

Максимально припустимі швидкості руху автобусів, які визначаються вимогами безпеки руху, змінюються в широких межах в залежності від ширини проїзної частини, кількості смуг руху, наявності уклонів і підйомів.

Якщо розрахункова експлуатаційна швидкість залишається довгий час постійною, то настає період, коли встановлений час рейсу починає ускладнювати роботу водіїв, застосовуючи більш вдосконалені прийоми водіння автобусів або він не відповідає інтенсивності руху, що змінюється. Отже, нормування швидкості руху і контроль за станом фактичного часу рейсу повинні проводитися в містах систематично.

Нормування може відтворюватися: ручним хронометруванням елементів транспортного процесу спостерігачем; за допомогою спеціальної апаратури і

приладів, встановлених на рейсовому автобусі; спостерігати на контрольних пунктах маршруту; спеціальним автобусом, який імітує рух рейсового автобусу і теоретичним (розрахунковим) методом.

Час рейсу розрахунковим методом визначається досить точно, коли на швидкість чинять вплив постійні фактори. Однак через особливості конкретних маршрутів різних населених пунктів коливання пасажиропотоків і зміни пасажирообміну зупиночних пунктів забруднені, тому доцільно проводити хронометражні спостереження і користуватися тахометрами.

Методика нормування швидкостей включає до себе підготовку у вигляді дослідження маршруту, дорожніх умов, типів рухомого стану; проведення замірів; обробку отриманих даних; визначення характерних періодів під час роботи на маршруті для диференціації нормативів часу рейсу; розрахунок часу рейса.

Хронометражні спостереження в рейсовому автобусі і на контрольних пунктах маршруту мають велику працемісткість і будуть точними лише при достатньо великій кількості вимірів. Час, зафіксований приладами, неможливо віднести до всіх автобусів маршруту, а час на спеціально визначеному автобусі, як правило, завищений.

Швидкості руху автобусів не залишаються постійними на протязі години, вони змінюються також за годинами періоду руху, неоднакові на різних маршрутах і різняться по перегонах. Зміна швидкостей руху в обмежений період часу (година) підпорядковується закону нормального розподілу; за періодами руху воно залежить від загальної інтенсивності транспортного потоку $N_{\text{заг}}$, а також змінюється по перегонах маршруту.

Тривалість відстою автобусів на кінцевих пунктах установлюються диференційовано по годинах періоду руху (в години пік час стоянки скорочується) і визначається в залежності від тривалості маршруту, часу рейсу і умов руху. Простій на проміжних зупинках t_{zn} залежать в основному від типу рухомого складу і пасажирообміну зупиночного пункту. Для напружених міських маршрутів розподіл часу простою в цілому підпорядковується закону Ерланга 2-

го порядку, а чисельне значення, яке визначається математичним очікуванням, різниться по маршрутам і маркам автобусів. Час простою на проміжних зупинках прямо пропорційно кількості пасажирів, які входять і виходять Q , а по годинах періоду руху змінюється в залежності від пасажиропотоків.

Дійсні значення як швидкостей, так і часу простою на зупиночних пунктах, які встановлені у наслідку спостережень і вимірів є основою для складання розкладів руху. Застосування тахометрів на пасажирському транспорті представляється перспективним і доцільним не тільки при нормуванні роботи автобусів і визначенні економічних режимів руху, але і для контролю режимів роботи водіїв.

Існує також аналітичний метод встановлення основних характеристик руху, який групується на розбивці маршруту по ділянках, межами яких являються перепони, які впливають на зміну швидкості руху, безпеку і зручність проїзду пасажирів. З метою прискорення доставки пасажирів на міських автобусних маршрутах окрім звичайних застосовують швидкісні і експресні режими руху автобусів. При звичайному режимі автобусами передбачається обов'язкова зупинка на всіх проміжних пунктах маршруту. При швидкісному режимі руху автобуси зупиняються лише на окремих, як правило, вузлових зупиночних пунктах. Експресний режим відповідає руху автобусів за маршрутом без проміжних зупинок від початкового до кінцевого пункту. Можуть застосовуватися і режими руху автобусів за скороченим маршрутом, коли частина автобусів повершає рух по якомусь відтинку маршруту, який відповідає значному і стабільному пасажиропотоку. В залежності від розподілу пасажиропотоків за часом швидкісні, експресні і скорочені маршрути можуть носити постійний або погодинний характер.

Диференційовані нормативи часу рейсу за годинами періоду руху, розраховані на підставі хронометражних спостережень, записів приладів або затверджених методик, являються вихідними матеріалами для складання розкладу руху. Рух автобусів за маршрутами відтворюється у відповідності з затвердженим розкладом руху. Маршрутний розклад руху автобусів представляє собою

основний документ відділу експлуатації. Правильно складений маршрутний розклад повинен забезпечувати: найменший час очікування пасажирів автобусу і поїздки до місця призначення; нормальне поновлення за всіма перегонами маршруту; високу регулярність на протязі всього періоду руху; високу швидкість сполучення при дотриманні безпеки поїздок; ефективне використання автобусів, нормальний режим праці водіїв, узгодженість інтервалів руху по відправленню на вузлових зупинках; виконання планових показників роботи транспортних підприємств.

Основним видом розкладу являється зведений маршрутний розклад за кожним маршрутом у графічній формі. Маршрутний розклад містить назву кінцевих пунктів, дані про тривалість маршруту, тип і кількість рухомого складу, час початку і закінчення руху, диференційовані нормативи часу рейсу за періодами руху. Розкладом передбачається організація руху автобусів з обох кінцевих пунктів маршруту. По кожному виходу автобусів у розкладі повинен бути закладений час виїзду з АТП, нульовий пробіг, вказані пункти початку і закінчення руху, час прибуття в АТП, кількість і тривалість змін, рейсів, час прибуття і відправлення по кінцевим пунктам. Необхідну кількість рейсів, частоту і інтервал руху розраховують відповідно з даними спостережень і розподілом пасажиропотоків окремо для часу пік і спаду пасажиропотоку. Особлива увага приділяється визначенню необхідної кількості рейсів в години пік з урахуванням нормального поновлення автобусів ($\gamma = 1$) і певної якості обслуговування пасажирів.

На підставі маршрутного розкладу складають автобусний або робочий розклад на кожний вихід. У розкладі вказують час виїзду з АТП і прибуття на початковий пункт руху, тривалість зміни, найменування контрольних пунктів і час їх проходження по кожному рейсу.

По кожному контрольному пункту (станції) складається станційний (диспетчерський) розклад в фабулярній формі, де по вертикалі заносять всі рейси автобусів, а по горизонталі – час прибуття і відправлення по кожному рейсу.

Розклад знаходиться в лінійних диспетчерських пунктах для спостереження за регулярністю руху автобусів.

1.4. Дослідження існуючої міської маршрутної мережі і системи організації пасажирських перевезень у м. Тернопіль

1.4.1. Загальна характеристика маршрутної мережі м. Тернопіль

Автобусні маршрути підрозділяються на постійні і тимчасові. На постійних маршрутах рух автобусів організовано протягом всього року, на тимчасових маршрутах – протязі певного (сезонного) періоду часу. Організація тимчасових автобусних маршрутів викликана наявністю непостійного (періодичного) пасажиропотоку у зв'язку з наявністю пунктів сезонних зв'язків і кліматичними умовами.

По характеру розташування на території міста маршрути підрозділяються на діаметральні, радіальні, тангенціальні, кільцеві і комбіновані. Автобусні маршрути по розташуванню можуть також розрізнятися на центральні (обслуговуючі тільки центральну частину міста) і периферійні, а за призначенням - на основні і які підвозять до інших видів транспорту.

За умовами використання і характером руху автобусів міські автобусні маршрути підрозділяються на звичайні і скорочені, швидкі і експресні. На звичайних автобусних маршрутах зупинка автобусів обов'язкова на всіх проміжних постійних зупиночних пунктах. На скорочених автобусних маршрутах рух автобусів організовується лише на певній частині звичайного маршруту, де найбільший інтенсивний пасажиропотік. Скорочені автобусні маршрути можуть або співпадати з звичайним маршрутом можуть або співпадати з звичайним маршрутом у середній його частині, або починатися з одного або іншого кінцевого пункту і включати певні, найбільш завантажені ділянки. Скорочені маршрути можуть бути постійними або періодичними, тобто з рухом автобусів на протязі певного періоду часу (наприклад, в години „пік”).

При швидкому режимі руху (швидкий маршрут) автобуси зупиняються лише на окремих, попередньо встановлених основних проміжних зупиночних пунктах. На експресних автобусних маршрутах рух автобусів організовано прямим сполученням між кінцевими пунктами без зупинок на шляху. Експресні і швидкісні автобусні маршрути, подібно скороченим маршрутам, можуть бути постійними, тимчасовими (у літній період) і періодичними, тобто з рухом автобусів на протязі певного періоду часу (наприклад уночі).



Рисунок 1.2 – Транспортна автобусна мережа м. Тернопіль

До основних міських особливостей м. Тернопіль слід віднести: переважно радіальний принцип забудови, чітко виокремлені промислові і житлові зони. Маршрутна мережа внутрішньо міського пасажирського транспорту міста Тернопіль включає 37 маршрутів.

Основні робочі поїздки (житловий (спальний) район - робота - житловий район) населення міста приходяться на маршрути №14, 16, 20, 18, 30, 22, які підходять до виробничих об'єктів: Ватра, СЕ Борднетце, Епіцентр, Газопровід, Оріон тощо. Культурно-побутові поїздки населення (житловий район - культурно-побутовий об'єкт (центр, театр, ТРК «Подільняни», ТРК «Орнава», місця

відпочинку населення, університети міста) - житловий район) відтворюються на багатьох міських маршрутах. У даному випадку об'єктами масового тяжіння пасажирів є: обласна лікарня, міська поліклініка №2, центральна частина (Театральний майдан), центральний міський ринок, автостанція, залізничний вокзал. Характерною рисою даного маршруту є відносно рівномірне розподілення пасажиропотоків у часі, так як даний маршрут обслуговує як підприємства міста (робочі поїздки), так і культурно-побутові підприємства.

Маршрут №8 включає: с. Біла (центр), Бродівська, Б.Хмельницького, Руська, Острозького, Микулинецька, до зупинки «Містечко шляховиків» на вул. Енергетичній, в смт В.Березовиця, Микулинецька, Острозького, Пирогова, Гоголя, Б. Хмельницького, Бродівська, с.Біла (центр). Характерної рисою даного маршруту є нерівномірне розподілення пасажиропотоків у часі, а саме спостерігається навантаження на рухомий склад у години пік (робочі поїздки пасажирів).

Маршрут №5 включає: Лучаківського,

Тролейбусна, Бережанська, Мазепи, Танцорова, Живова, Микулинецька, смт. В.Березовиця (вул. Національного відродження), с.Острів (розворот на початку села), смт. В.Березовиця (вул. Національного відродження), Микулинецька, Живова, Оболоня, Шептицького, Живова, Танцорова, Мазепи, Бережанська, Лучаківського. Даний маршрут також має нерівномірне розподілення пасажиропотоків у часі, так як він з'єднує промислову зону (Ватра, Березовиця, Газопровід) з житловими масивами і включає культурно-побутові поїздки пасажирів.

Маршрут №16: Винниченка, Карпенка, Миру, Дружби, Руська, Острозького, Пирогова, Гоголя, Б. Хмельницького, Збаразька, Злуки, Тарнавського, Київська, 15 Квітня, Злуки, Збаразька, Б. Хмельницького, Руська, Мазепи, Кривоноса, Винниченка. Даний маршрут забезпечує у місті перевезення студентів, пільгових категорій пасажирів і у зв'язку з цим має відносно рівномірне розподілення пасажиропотоків у святкові і вихідні дні і нерівномірний розподіл

пасажиропотоку у робочі дні тижня. Відносно інших автобусних маршрутів він має досить велику довжину, а значить і досить тривалий оборот рухомого складу на маршруті.

Для характеристики розгалуженості маршрутної мережі встановлено показник, який називається маршрутним коефіцієнтом.

Маршрутний коефіцієнт, K_m , представляє собою відношення тривалості всіх автобусних маршрутів, $\sum L_i$ до тривалості автобусної мережі, тобто до довжини всіх вулиць і проїздів, по котрим проходять ці маршрути $\sum L_{b_i}$ і визначається за формулою

$$K_m = \frac{\sum L_i}{\sum L_{b_i}}. \quad (1.18)$$

Маршрутний коефіцієнт показує, скільки маршрутів проходить у середньому на кожній ділянці автобусної транспортної мережі. Чим більше цей коефіцієнт, тим більш зручностей представлено пасажиром при виборі маршруту прямого сполучення і тим самим скорочується кількість пересадок з одного маршруту на інший. За даними транспортного відділу міського виконавчого комітету для м. Тернопіль маршрутний коефіцієнт складає

$$K_m = \frac{270,5}{251,6} = 1,36.$$

Значення маршрутного коефіцієнта задовольняє нормативному значенню (до 1,4).

Тривалість автобусної транспортної мережі, що доводиться на одиницю площі міста, називається щільністю транспортної мережі і визначається за формулою

$$\delta = \frac{\sum L_{b_i}}{F}, \quad (1.19)$$

де F – площа міста, км².

Щільність транспортної мережі міста складає:

$$\delta = \frac{251,6}{232} = 1,08 \text{ км/км}^2.$$

Щільність мережі характеризує насиченість території міста лініями автобусного транспорту. Від щільності автобусної мережі залежить час, що витрачається пасажирами на підхід до автобусних ліній.

1.4.2. Аналіз пасажиропотоків на досліджуваних міських автобусних маршрутах

Дослідження наповнення автобусів, які працюють на міських маршрутах проведені за допомогою візуального методу, тобто на кожному зупиночному пункті підраховувалася кількість пасажирів які ввійшли і вийшли, а потім розраховувалось наповнення автобуса. За даними по добовій динаміці наповнення автобусів по маршрутах, які досліджувались, були побудовані діаграми розподілення пасажиропотоку по довжині оборотного рейсу кожного маршруту (рисунок 1.5 – 1.10). Як видно з рисунків 1.5 – 1.11, коливання пасажиропотоків по маршрутам носить відносно плавний характер для певного періоду часу доби.

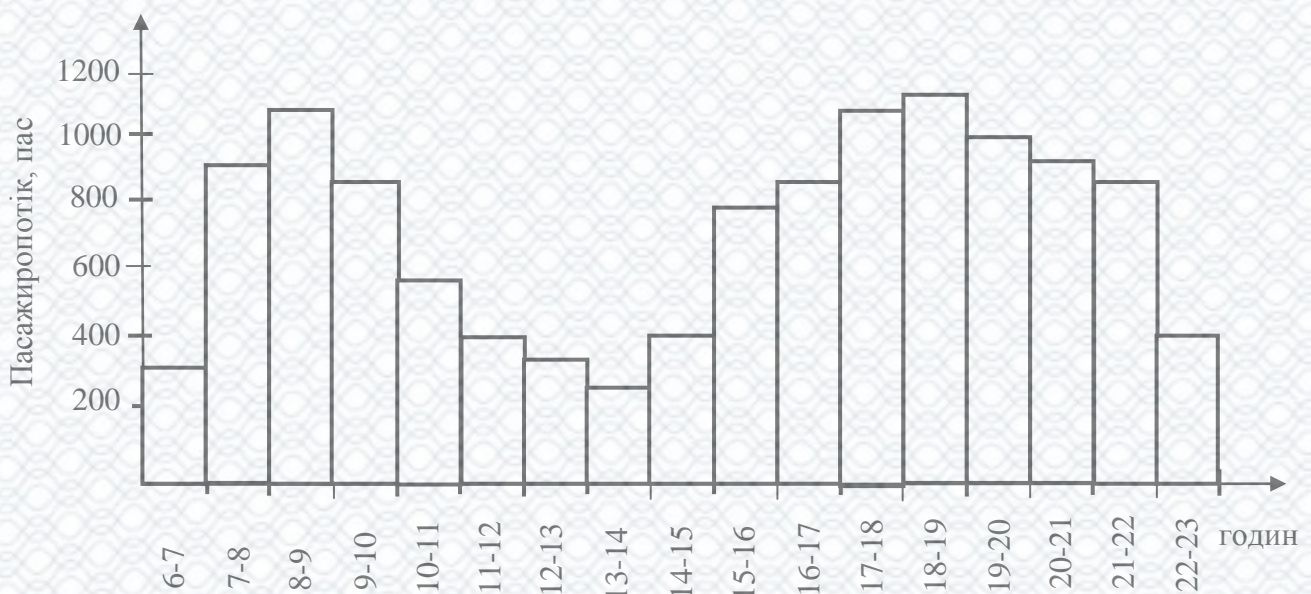


Рисунок 1.3 – Розподілення пасажиропотоку маршруту №18 по годинах доби

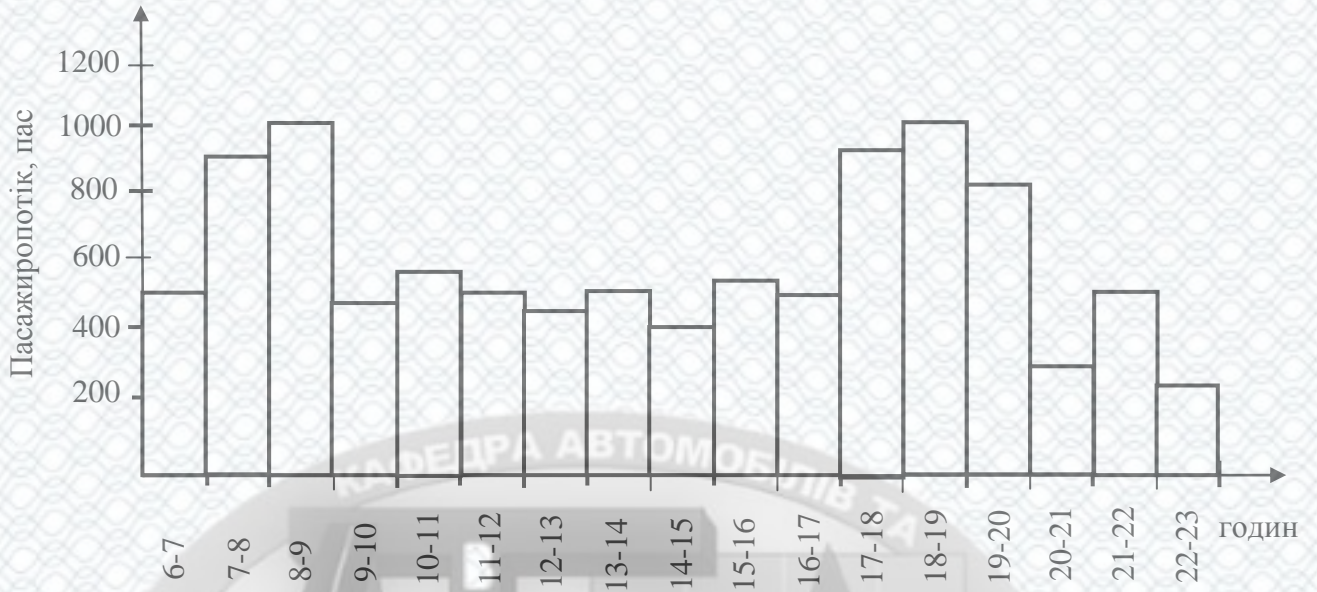


Рисунок 1.4 – Розподілення пасажиропотоку маршруту №16 по годинах доби



Рисунок 1.5 – Розподілення пасажиропотоку маршруту №6 по годинах доби

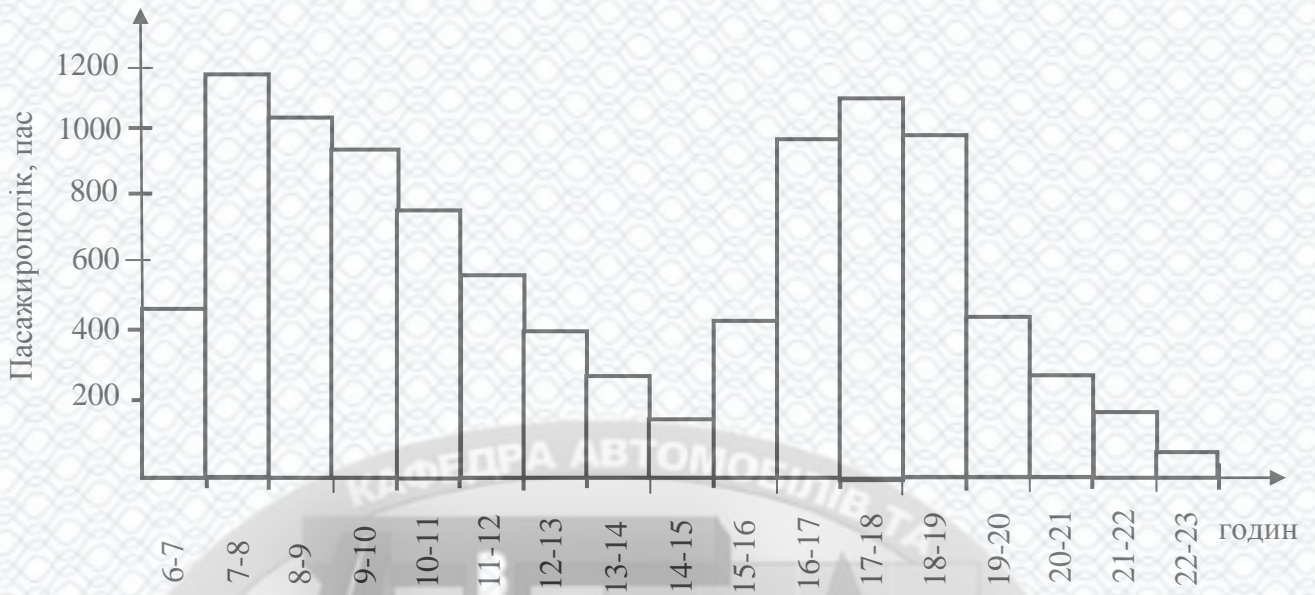


Рисунок 1.6 – Розподілення пасажиропотоку маршруту №5 по годинах доби



Рисунок 1.7 – Розподілення пасажиропотоку маршруту №8 по годинах доби

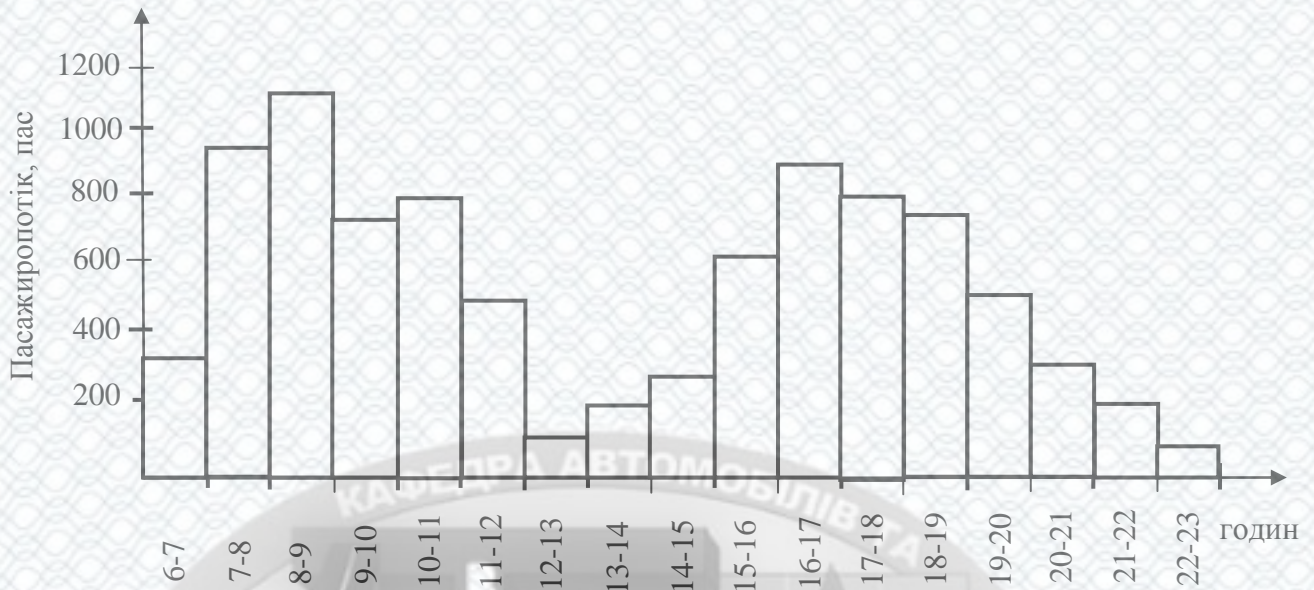


Рисунок 1.8 – Розподілення пасажиропотоку маршруту №14 по годинах доби

За даними розподілення пасажиропотоків слідує, що добова нерівномірність пересувань пасажирів на маршрутах міста Тернопіль склалась наступна:

- ранішній піковий період з 7.00 до 10.00 – 28 % пасажирів;
- міжпікові періоди з 5.00 до 7.00; з 10.00 до 16.00 і з 20.00 до 24.00 – 45,5 % пасажирів;
- вечірній піковий період з 16.00 до 20.00 – 26,5 % пасажирів.

Пасажиропотоки характеризуються нерівномірністю як по ділянках маршрутів, так і по годинах, і по напрямку. Дані характеристики виражаються коефіцієнтами нерівномірності.

Коефіцієнт нерівномірності по дільницям маршруту визначається за формулою

$$\eta_d = \frac{Q_{\max}}{Q_{cp}}, \quad (1.20)$$

де Q_{\max} – пасажиропотік на найбільш завантаженому перегоні, пас;

Q_{cp} – середній пасажиропотік на маршруті, пас.

Середній пасажиропотік на маршруті визначається по рівнянню

$$Q_{cp} = \frac{\sum (Q_i \cdot l_i)}{l_m}, \quad (1.21)$$

де Q_i – величина пасажиропотоку на i -ій ділянці, пас;

l_i – довжина відповідної ділянки, км.;

l_m – довжина маршруту, км.

Коефіцієнт нерівномірності по напрямку розраховується за формулою

$$\eta_n = \frac{Q_{np}}{Q_{zv}}, \quad (1.22)$$

де Q_{np} – пасажиропотік в прямому напрямку, пас;

Q_{zv} – пасажиропотік у зворотному напрямку, пас.

Годинний коефіцієнт нерівномірності визначається за формулою

$$\eta_{год} = \frac{Q_{max}^{год}}{Q_{min}^{год}}, \quad (1.23)$$

де $Q_{max}^{год}$, $Q_{min}^{год}$ – відповідно максимальний і мінімальний годинний потік, пас/год.

Результати розрахунків по формулам (1.3) – (1.6) наведені у таблиці 1.5.

Таблиця 1.5 – Характеристика нерівномірності пасажиропотоку

| Показники | Номер маршруту | | | | | |
|----------------|----------------|-----|-----|-----|-----|-----|
| | 16 | 5 | 6 | 14 | 18 | 8 |
| Q_{cp} , пас | 1031 | 685 | 498 | 728 | 843 | 605 |
| η_d | 1,6 | 1,3 | 1,3 | 3,5 | 1,3 | 1,4 |
| η_n | – | – | 1,1 | 1,4 | 1,1 | 1,5 |
| $\eta_{год}$ | 1,7 | 2,1 | 2,4 | 4,4 | 2,8 | 2,2 |

Як видно з таблиці 1.5, найбільшу ділянкову і годину нерівномірність пасажиропотоку має маршрут №5, а найбільша нерівномірність пасажиропотоку по напрямку має маршрут №14. Найбільш стабільним пасажиропотоком у часі являються маршрути №18 і №6.



РОЗДІЛ 2

РОЗРОБЛЕННЯ МОДЕЛІ ОРГАНІЗАЦІЇ РОБОТИ АВТОБУСІВ НА МІСЬКИХ МАРШРУТАХ М. ТЕРНОПІЛЬ

2.1. Статистичні дослідження зміни пасажиропотоку у часі

2.1.1. Теоретичні основи статистичного дослідження пасажиропотоків

Великий вплив на організацію перевезень пасажирів і підвищення ефективності використання пасажирського транспорту здійснює нерівномірність розподілу пасажиропотоків у часі. Найбільшу цікавість представляють коливання по годинах доби, тому що дані про розміри і характер годинних потоків служать підставою для вибору ефективного типу рухомого складу і його кількості; розрахунку показників, характеризуючи рух автобусів; складання розкладу руху; організацію ефективних графіків роботи автобусних бригад. Коливання пасажиропотоків по годинах доби пов'язані з режимом роботи підприємств і організацій, учбових закладів, організацій побутового призначення. Значну ранішню і вечірню пасажиро напруженість створюють поїздки населення між промисловими районами і житловими масивами в даний проміжок часу. В робочі дні є два пікових періоди. Перший (ранковий) характеризується найбільшою тривалістю (1,5 – 2 години) і високою напруженістю. Другий (вечірній) менш напружений і більш тривалий у часі. У пікові періоди при недостатній провізній спроможності на маршруті має місце переповнення автобусів. У цьому випадку коефіцієнт наповнення досягає 1,2, що знижує якість перевезень пасажирів.

У позапіковий період спостерігається значний спад пасажиропотоків. У цей час переважають ділові і культурно-побутові поїздки населення. Міжпіковий час без прийняття належних заходів викликає зниження ефективності використання автобусів, значне збільшення інтервалів їх руху і, як наслідок, збільшення часу очікування пасажиром посадки і, відповідно, тривалості поїздки.

Інша ситуація спостерігається у вихідні і святкові дні, коли існує поступове

зростання пасажиропотоків до 11 – 12 годин дня і потім поступове зменшення.

Формування пасажиропотоків відтворюється під комплексним впливом безлічі різноманітних чинників, ступінь впливу яких неоднаковий. Для виявлення ступеня впливу, як окремих чинників, так і їх сукупності на пасажирські перевезення, використовуються різні економіко-математичні методи. Основним методом вивчення тенденцій розвитку пасажирського автотранспорту є прогнозування. Воно являється головним засобом обґрунтування перспективних планів, а точність прогнозів визначає реальність планових рішень, які приймаються. Для створення багатофакторних моделей формування пасажиропотоків краще за все підходить кореляційне моделювання.

Коливання пасажиропотоків носять випадковий, але закономірний характер. Зміна величини пасажиропотоку по годинах доби, днях тижня і місяцях (сезонах) року являється типовим прикладом динамічного часового ряду. Зміна значень пасажиропотоку з урахуванням нестационарності по годинах доби і місяцях року, в загальному випадку може бути описана тригонометричним рядом Фур'є, коефіцієнти якого для кожного конкретного міста мають свої значення. Зміна значень попиту на перевезення по днях тижня добре апроксимується в порівнянні з багаточленом Фур'є поліномом функції відповідного ступеню.

Для існуючої маршрутної мережі значення попиту на перевезення в одиницю часу 1 година описується наступним виразом, який пов'язує чинник (час) і залежну змінну:

$$Z(t) = Z_o + Z_d(t) + Z_m(t) + Z_s(t), \quad (2.1)$$

де Z_o – середньорічне значення попиту на перевезення у одиницю часу;

$Z_d(t)$, $Z_m(t)$, $Z_s(t)$ – відповідно добові, тижневі і сезонні коливань значень попиту, які визначаються слідуємими рівняннями

$$Z_d(t) = \sum_{i=1}^{h_1} \left(\beta_{1,i} \cdot \sin \frac{2 \cdot \pi \cdot i \cdot t}{18} + \alpha_{1,i} \cos \frac{2 \cdot \pi \cdot i \cdot t}{18} \right), \quad (2.2)$$

$$Z_m(t) = \sum_{i=1}^{h_2} \left(\beta_{2,i} \cdot \left(7 \cdot \left\{ \frac{t}{168} \right\} \right)^i \right), \quad (2.3)$$

$$Z_m(t) = \sum_{i=1}^{h_3} \left(\beta_{3,i} \cdot \sin \frac{2 \cdot \pi \cdot i \cdot t}{2184} + \alpha_{3,i} \cos \frac{2 \cdot \pi \cdot i \cdot t}{2184} \right), \quad (2.4)$$

Підставляючи рівняння (2.2) – (2.4) у (2.1) отримуємо вираз

$$Z(t) = Z_o + \sum_{i=1}^{h_1} \left(\beta_{1,i} \cdot \sin \frac{2 \cdot \pi \cdot i \cdot t}{24} + \alpha_{1,i} \cos \frac{2 \cdot \pi \cdot i \cdot t}{24} \right) + \sum_{i=1}^{h_2} \left(\beta_{2,i} \cdot \left(7 \cdot \left\{ \frac{t}{168} \right\} \right)^i \right) + \sum_{i=1}^{h_3} \left(\beta_{3,i} \cdot \sin \frac{2 \cdot \pi \cdot i \cdot t}{2184} + \alpha_{3,i} \cos \frac{2 \cdot \pi \cdot i \cdot t}{2184} \right), \quad (2.5)$$

де $\beta_{1,i}, \beta_{3,i}, \alpha_{1,i}, \alpha_{3,i}$ – коефіцієнти багаточлена Фур'є;

$\beta_{2,i}$ – коефіцієнт ступеневого багаточлена i -го ступеня;

$h_{1,3}$ – порядок багаточлена Фур'є;

h_2 – порядок ступеневого багаточлена;

t – поточне значення календарного часу з відліком від початку року у годинах;

24, 168, 2184 – періоди коливань попиту на перевезення відповідно добовий, тижневий і сезонний.

Постійні коефіцієнти ряду, які отриманні при статистичному аналізі, відображають сукупність чинників і ступінь їх впливу на величину і характер зміни обсягів пасажиропотоків у конкретний момент часу. Перевірка адекватності рівняння дослідницьким даним відтворюється за критерієм Фішера. Користуючись запропонованою залежністю, можна спрогнозувати величину пасажиропотоку у конкретний момент часу, що дозволяє прийняти адекватне рішення.

Параметри (коефіцієнти) рівнянь визначаються за наступними залежностями

$$a_0 = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m y_{ei}; \quad (2.6)$$

$$a_k = \frac{2}{m \sum_{i=1}^m \left(y_{ei} \cos \left(\frac{2\pi ki}{m} \right) \right)}; \quad (2.7)$$

$$b_k = \frac{2}{m \sum_{i=1}^m \left(y_{ei} \sin \left(\frac{2\pi ki}{m} \right) \right)}, \quad (2.8)$$

де y_{ei} – експериментальні значення залежної змінної у i -х розрахункових крапках.

Перевірка адекватності рівняння багаточлена ряду Фур'є дослідницьким даним проводиться по критерію Фішера. При цьому при розрахунку числа степенів свободи під числом факторів розуміється число використаних гармонік ряду Фур'є.

Мірою узгодженості може служити також коефіцієнт середньої лінійної помилки апроксимації E , який визначається за рівнянням

$$E = \frac{1}{m \sum_{i=1}^m \text{abs} \left(\frac{(y_{ei} - y_{mi})}{y_{mi}} \right)}, \quad (2.9)$$

де y_{mi} – теоретичні значення залежної змінної у i -х розрахункових крапках;
 m – масив розрахункових значень.

При проведенні розрахунків номерів гармонік, які входять у рівняння, рекомендується приймати їх адаптивно по максимуму значення статистики критерію Фішера F або мінімуму коефіцієнта середньої лінійної помилки апроксимації E . Гармоніки, які викликають зменшення значень F або збільшення значення E , не враховують у модель зв'язку.

Дослідження статистичних залежностей ґрунтується на кореляційно-регресивному аналізі, який дозволяє відповісти на питання про існування залежності між випадковими величинами, а також оцінити ступінь щільності

статистичної залежності. Інструментом регресійного аналізу є рівняння регресії. Вхідними даними для проведення кореляційно-регресійного аналізу є статистична інформація, яка містить значення факторів і залежного від них параметра.

Однією з можливих схем проведення кореляційно-регресійного аналізу є наступна:

1) проводиться взаємний парний кореляційний аналіз між всіма можливими факторами і дублюючі фактори виключаються (з дублюючих один одного факторів для подальших розрахунків один з них виключають – залежний);

2) приймається вид рівняння регресії (моделі зв'язку);

3) розраховуються параметри рівняння регресії;

4) перевіряється значимість окремих факторів у моделі і адекватність рівняння регресії експериментальним даним в цілому. Якщо відсутні малозначні фактори і рівняння регресії узгоджується з дослідницькими даними – рішення отримано;

5) відкидаються малозначні фактори і проводяться нові розрахунки.

Отримане рівняння регресії є моделлю зв'язку між факторним простором і залежним параметром. Якщо зв'язок несуттєвий, то розрахунки або повторюють з іншим видом рівняння регресії або зупиняють.

Статистикою, яка характеризує щільність зв'язку між факторами і залежною змінною, являється коефіцієнт кореляції множини, який показує яка частина дисперсії залежної змінної пояснюється прийнятою регресійною моделлю, і визначається за рівнянням

$$R = \sqrt{\frac{S_{об}^2}{S_n^2}}, \quad (2.10)$$

де $s_{об}^2 = \sum_{i=1}^m (y_{mi} - a_o)^2$ – пояснювальна сума квадратів відхилень від оцінки

математичного очікування (m – число дослідів);

$s_n^2 = \sum_{i=1}^m (y_{ei} - a_o)^2$ – загальна сума квадратів відхилень від оцінки

математичного очікування;

a_0 – оцінка математичного очікування випадкової величини.

Різниця між повною і поясненою сумою квадратів є залишковою (непоясненою) сумою відхилень від оцінки математичного очікування і визначається за рівнянням

$$s_{зал}^2 = s_n^2 - s_{об}^2 = \sum_{i=1}^m (y_{ei} - y_{mi})^2. \quad (2.11)$$

Тоді через $s_{зал}^2$ значення коефіцієнта кореляції множини розраховується за формулою:

$$R = \sqrt{1 - \frac{s_{зал}^2}{s_n^2}}. \quad (2.12)$$

Значення R може бути в межах від 0 до 1,0. При $R = 0$ зв'язок між факторами і залежною змінною відсутній, а при $R = 1,0$ – існує функціональна залежність.

Для перевірки гіпотези значимості коефіцієнта кореляції множини і узгодженості рівняння регресії з дослідницькими даними використовується статистика критерію Фішера за наступними рівняннями

$$F = \frac{s_1^2}{s_2^2} = \frac{s_{об}^2/n}{s_{зал}^2/(m-n-1)} = \frac{s_{об}^2(m-n-1)}{s_{зал}^2 n} \quad (2.13)$$

або

$$F = \frac{R^2(m-n-1)}{(1-R^2)n}, \quad (2.14)$$

де s_1^2 і s_2^2 – відповідно пояснена і залишкова дисперсія для залежного параметра.

Щоб не було підстав відкинути гіпотезу, що дослідницькі дані

узгоджуються з отриманим рівнянням регресії, розрахована статистика критерію Фішера повинна бути більше табличного значення ($F > F_m$). Табличне значення F_m визначається в залежності від рівня значимості і кількості ступенів свободи $k_1 = n$ і $k_2 = m - n - 1$ (n – кількість факторів).

Якщо $F < F_m$, то враховується, що рівняння регресії не узгоджується з дослідницькими даними.

Статистику критерію Фішера можна використовувати для оцінки значимості окремих факторів. Фактор являється малозначущим у тому випадку, якщо його виключення з моделі не викликає суттєвого зниження статистики критерію Фішера. При цьому виключення малозначущого фактора може забезпечувати збільшення статистики F .

2.1.2. Визначення закономірностей зміни пасажиропотоків у часі

Для існуючої маршрутної мережі визначимо значення попиту на перевезення, використовуючи багаточлен Фур'є. Для розрахунку обираємо маршрути №18, 16, 6, 5, 8, 14, так як на них найбільш значимі пасажиропотоки.

Доля пасажиропотоків по днях тижня у порівнянні з середою, наведена на рис. 2.1.

Приведемо приклад розрахунку багаточлена Фур'є для розрахунку годинних пасажиропотоків на маршруті №16 «Вул. Винниченка – вул. Київська» в лютому місяці, день тижня – середа.

Параметри (коефіцієнти) багаточлена Фур'є розрахуємо по формулах (2.6) – (2.8):

при $m = 18$, $k = 9$ отримуємо:

$$a_0 = \frac{1}{18} \cdot \sum_{i=1}^{18} y_{ei};$$

$$a_k = \frac{2}{18} \cdot \sum_{i=1}^{18} \left(y_{ei} \cdot \cos\left(\frac{2 \cdot \pi \cdot k \cdot i}{18}\right) \right);$$

$$b_k = \frac{2}{18} \cdot \sum_{i=1}^{18} \left(y_{ei} \cdot \sin\left(\frac{2 \cdot \pi \cdot k \cdot i}{18}\right) \right).$$

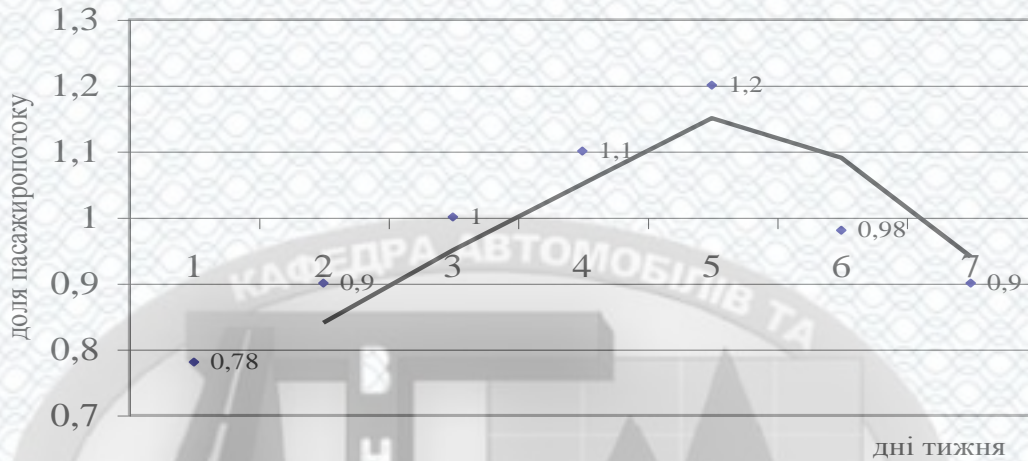


Рисунок 2.1 – Частка пасажиропотоків по днях тижня

Параметри багаточлена Фур'є зводимо в таблицю 2.1.

Таблиця 2.1 – Параметри багаточлена Фур'є

| k | a0 | ak | bk |
|---|---------|----------|-----------|
| 1 | 1003,78 | -43,735 | 18,418 |
| 2 | 1003,78 | -531,002 | 565,124 |
| 3 | 1003,78 | -78,111 | 230,363 |
| 4 | 1003,78 | -291,954 | -250,814 |
| 5 | 1003,78 | -319,498 | -60,697 |
| 6 | 1003,78 | 87,222 | -87,565 |
| 7 | 1003,78 | 109,066 | -211,617 |
| 8 | 1003,78 | 37,457 | 38,252 |
| 9 | 1003,78 | 163,556 | 6,8*10-14 |

Теоретичні значення годинних пасажиропотоків розраховуємо за рівнянням (2.2) для різних гармонік і приводимо у таблиці 2.2.

Таблиця 2.2 – Теоретичні значення годинних пасажиропотоків

| У _{mi} | k | | | | | | | | |
|-----------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| 1 | 969 | 663 | 824 | 366 | 361 | 242 | 142 | 339 | 176 |
| 2 | 982 | 1446 | 1685 | 1635 | 1956 | 1988 | 2183 | 1960 | 2124 |
| 3 | 981 | 1735 | 1814 | 2099 | 1992 | 2078 | 1863 | 2006 | 1842 |
| 4 | 1014 | 1706 | 1546 | 1676 | 1393 | 1273 | 1363 | 1362 | 1525 |
| 5 | 1030 | 1335 | 1097 | 950 | 1156 | 1188 | 1331 | 1200 | 1037 |
| 6 | 960 | 736 | 658 | 665 | 877 | 964 | 639 | 825 | 989 |
| 7 | 1049 | 400 | 561 | 761 | 481 | 361 | 670 | 534 | 371 |
| 8 | 1051 | 281 | 520 | 477 | 362 | 394 | 310 | 314 | 477 |
| 9 | 1048 | 517 | 585 | 225 | 544 | 631 | 435 | 582 | 418 |
| 10 | 1060 | 1016 | 856 | 719 | 723 | 603 | 942 | 701 | 864 |
| 11 | 1025 | 1490 | 1251 | 1678 | 1357 | 1390 | 1130 | 1361 | 1198 |
| 12 | 1010 | 1765 | 1686 | 2128 | 2235 | 2322 | 2364 | 2249 | 2413 |
| 13 | 993 | 1685 | 1846 | 1623 | 1907 | 1787 | 1937 | 1876 | 1712 |
| 14 | 978 | 1284 | 1523 | 1021 | 815 | 848 | 640 | 860 | 1023 |
| 15 | 966 | 742 | 820 | 671 | 459 | 546 | 696 | 407 | 243 |
| 16 | 958 | 310 | 149 | 670 | 949 | 810 | 760 | 1003 | 1166 |
| 17 | 956 | 186 | -52 | 383 | 498 | 530 | 550 | 450 | 286 |
| 18 | 960 | 429 | 351 | 137 | -182 | -95 | -73 | 145 | 19 |

Таким чином, отримуємо багаточлен Фур'є для розрахунку годинних пасажиропотоків на маршруті №16:

$$y_{mi} = 1003,78 + \left(-1148,732 \cdot \cos\left(\frac{2\pi \cdot 5 \cdot i}{18}\right) + 310,283 \cdot \sin\left(\frac{2\pi \cdot 5 \cdot i}{18}\right) \right) \quad (2.15)$$

де i – порядкова година доби.

Розрахунок параметрів і критеріїв багаточлена Фур'є для інших маршрутів які досліджуються, проводиться аналогічним чином.

2.1.3. Розрахунок розподілу пасажиропотоку по годинах доби

Розрахунок теоретичних значень годинних пасажиропотоків проводиться для маршрутів №5, 6, 8, 14, 16, 18 у відповідності з визначеними закономірностями по формулам (2.15) – (2.20).

Наведемо приклад розрахунку для маршруту №16 «Вул. Винниченка – вул. Київська» у лютому місяці, день тижня – середа, у відповідності з формулою (2.15).

В період часу з 6-00 до 7-00:

$$y_{m1} = 1003,78 + \left(-1148,732 \cdot \cos\left(\frac{2\pi \cdot 5 \cdot 1}{18}\right) + 310,283 \cdot \sin\left(\frac{2\pi \cdot 5 \cdot 1}{18}\right) \right);$$

$$y_{m1} = 339 \text{ пас};$$

В період часу з 7-00 до 8-00:

$$y_{m2} = 1003,78 + \left(-1148,732 \cdot \cos\left(\frac{2\pi \cdot 5 \cdot 2}{18}\right) + 310,283 \cdot \sin\left(\frac{2\pi \cdot 5 \cdot 2}{18}\right) \right);$$

$$y_{m2} = 960 \text{ пас};$$

В період часу з 8-00 до 9-00:

$$y_{m3} = 1003,78 + \left(-1148,732 \cdot \cos\left(\frac{2\pi \cdot 5 \cdot 3}{18}\right) + 310,283 \cdot \sin\left(\frac{2\pi \cdot 5 \cdot 3}{18}\right) \right);$$

$$y_{m3} = 1006 \text{ пас};$$

В період часу з 9-00 до 10-00:

$$y_{m4} = 1003,78 + \left(-1148,732 \cdot \cos\left(\frac{2\pi \cdot 5 \cdot 4}{18}\right) + 310,283 \cdot \sin\left(\frac{2\pi \cdot 5 \cdot 4}{18}\right) \right);$$

$$y_{m4} = 861 \text{ пас};$$

В період часу з 10-00 до 11-00:

$$y_{m5} = 1003,78 + \left(-1148,732 \cdot \cos\left(\frac{2\pi \cdot 5 \cdot 5}{18}\right) + 310,283 \cdot \sin\left(\frac{2\pi \cdot 5 \cdot 5}{18}\right) \right);$$

$$y_{m5} = 600 \text{ пас};$$

В період часу з 11-00 до 12-00:

$$y_{m6} = 1003,78 + \left(-1148,732 \cdot \cos\left(\frac{2\pi \cdot 5 \cdot 6}{18}\right) + 310,283 \cdot \sin\left(\frac{2\pi \cdot 5 \cdot 6}{18}\right) \right);$$

$$y_{m6} = 325 \text{ пас};$$

В період часу з 12-00 до 13-00:

$$y_{m7} = 1003,78 + \left(-1148,732 \cdot \cos\left(\frac{2\pi \cdot 5 \cdot 7}{18}\right) + 310,283 \cdot \sin\left(\frac{2\pi \cdot 5 \cdot 7}{18}\right) \right);$$

$$y_{m7} = 234 \text{ пас};$$

В період часу з 13-00 до 14-00:

$$y_{m8} = 1003,78 + \left(-1148,732 \cdot \cos\left(\frac{2\pi \cdot 5 \cdot 8}{18}\right) + 310,283 \cdot \sin\left(\frac{2\pi \cdot 5 \cdot 8}{18}\right) \right);$$

$$y_{m8} = 214 \text{ пас};$$

В період часу з 14-00 до 15-00:

$$y_{m9} = 1003,78 + \left(-1148,732 \cdot \cos\left(\frac{2\pi \cdot 5 \cdot 9}{18}\right) + 310,283 \cdot \sin\left(\frac{2\pi \cdot 5 \cdot 9}{18}\right) \right);$$

$$y_{m9} = 382 \text{ пас};$$

В період часу з 15-00 до 16-00:

$$y_{m10} = 1003,78 + \left(-1148,732 \cdot \cos\left(\frac{2\pi \cdot 5 \cdot 10}{18}\right) + 310,283 \cdot \sin\left(\frac{2\pi \cdot 5 \cdot 10}{18}\right) \right);$$

$$y_{m10} = 701 \text{ пас};$$

В період часу з 16-00 до 17-00:

$$y_{m11} = 1003,78 + \left(-1148,732 \cdot \cos\left(\frac{2\pi \cdot 5 \cdot 11}{18}\right) + 310,283 \cdot \sin\left(\frac{2\pi \cdot 5 \cdot 11}{18}\right) \right);$$

$$y_{m11} = 861 \text{ пас};$$

В період часу з 17-00 до 18-00:

$$y_{m12} = 1003,78 + \left(-1148,732 \cdot \cos\left(\frac{2\pi \cdot 5 \cdot 12}{18}\right) + 310,283 \cdot \sin\left(\frac{2\pi \cdot 5 \cdot 12}{18}\right) \right);$$

$$y_{m12} = 1049 \text{ пас};$$

В період часу з 18-00 до 19-00:

$$y_{m13} = 1003,78 + \left(-1148,732 \cdot \cos\left(\frac{2\pi \cdot 5 \cdot 13}{18}\right) + 310,283 \cdot \sin\left(\frac{2\pi \cdot 5 \cdot 13}{18}\right) \right);$$

$$y_{m13} = 1076 \text{ пас};$$

В період часу з 19-00 до 20-00:

$$y_{m14} = 1003,78 + \left(-1148,732 \cdot \cos\left(\frac{2\pi \cdot 5 \cdot 14}{18}\right) + 310,283 \cdot \sin\left(\frac{2\pi \cdot 5 \cdot 14}{18}\right) \right);$$

$$y_{m14} = 860 \text{ пас};$$

В період часу з 20-00 до 21-00:

$$y_{m15} = 1003,78 + \left(-1148,732 \cdot \cos\left(\frac{2\pi \cdot 5 \cdot 15}{18}\right) + 310,283 \cdot \sin\left(\frac{2\pi \cdot 5 \cdot 15}{18}\right) \right);$$

$$y_{m15} = 807 \text{ пас};$$

В період часу з 21-00 до 22-00:

$$y_{m16} = 1003,78 + \left(-1148,732 \cdot \cos\left(\frac{2\pi \cdot 5 \cdot 16}{18}\right) + 310,283 \cdot \sin\left(\frac{2\pi \cdot 5 \cdot 16}{18}\right) \right);$$

$$y_{m16} = 603 \text{ пас};$$

В період часу з 22-00 до 23-00:

$$y_{m17} = 1003,78 + \left(-1148,732 \cdot \cos\left(\frac{2\pi \cdot 5 \cdot 17}{18}\right) + 310,283 \cdot \sin\left(\frac{2\pi \cdot 5 \cdot 17}{18}\right) \right);$$

$$y_{m17} = 450 \text{ пас};$$

В період часу з 23-00 до 24-00:

$$y_{m18} = 1003,78 + \left(-1148,732 \cdot \cos\left(\frac{2\pi \cdot 5 \cdot 18}{18}\right) + 310,283 \cdot \sin\left(\frac{2\pi \cdot 5 \cdot 18}{18}\right) \right);$$

$$y_{m18} = 145 \text{ пас}.$$

Результати розрахунків теоретичних значень годинних пасажиропотоків по всіх маршрутах, які досліджуються, наведені у таблиці 2.3.

Таблиця 2.3 – Теоретичні значення годинних пасажиропотоків на маршрутах

| Час доби | Номер маршруту | | | | | |
|----------|----------------|-----|-----|------|------|------|
| | 16 | 5 | 6 | 14 | 18 | 8 |
| 6-7 | 339 | 585 | 554 | 428 | 339 | 387 |
| 7-8 | 960 | 840 | 742 | 1126 | 1204 | 980 |
| 8-9 | 1006 | 994 | 398 | 940 | 1101 | 1042 |
| 9-10 | 861 | 483 | 317 | 861 | 756 | 633 |
| 10-11 | 600 | 574 | 641 | 687 | 622 | 668 |
| 11-12 | 325 | 571 | 122 | 495 | 920 | 481 |
| 12-13 | 234 | 692 | 283 | 426 | 513 | 46 |
| 13-14 | 214 | 730 | 214 | 324 | 505 | 168 |
| 14-15 | 382 | 432 | 309 | 229 | 366 | 207 |
| 15-16 | 701 | 662 | 622 | 571 | 993 | 602 |
| 16-17 | 861 | 600 | 567 | 907 | 1006 | 972 |
| 17-18 | 1049 | 820 | 660 | 1100 | 900 | 731 |
| 18-19 | 1076 | 999 | 810 | 960 | 801 | 625 |
| 19-20 | 860 | 540 | 416 | 492 | 1012 | 521 |
| 20-21 | 807 | 329 | 261 | 302 | 626 | 332 |
| 21-22 | 603 | 511 | 124 | 198 | 1073 | 110 |
| 22-23 | 450 | 193 | 41 | 80 | 561 | 80 |
| 23-24 | 145 | 59 | 108 | 37 | 81 | 50 |

Шляхом проведення нескладних перетворень можна також розрахувати

теоретичні значення годинних пасажиропотоків по всіх маршрутах міста, так як коливання пасажиропотоків носять випадковий, але закономірний характер. Зміна величини пасажиропотоку по годинах доби, днях тижня і місяцях (сезонам) року являється типовим прикладом динамічного часового ряду Фур'є.

2.2. Формування раціональних режимів руху пасажирського автотранспорту міських автобусних маршрутів

Раціонально сформувані режими руху автобусів на маршрутах значить забезпечити найбільш високий рівень відповідності провідних можливостей маршрутів засвоєних на них пасажиропотоках, що дозволить забезпечити підвищення рівня якості перевезень пасажирів і ефективність використання рухомого складу. Витрати часу пасажирів на поїздки, які визначають рівень якості перевезень і ступінь використання рухомого складу, служать критеріями формування режимів руху автобусів загального користування на міських маршрутах.

Розрізняють три основних режиму руху автобусів на маршрутах: звичайний – автобуси зупиняються на всіх зупиночних пунктах маршруту, швидкісний – зупиняються лише на декотрих (вузлових) пунктах, експресний – автобуси працюють від початкового до кінцевого пункту маршруту без зупинок. Швидкісний і експресний режими відносяться до групи прискорених режимів.

В залежності від структури пасажирських кореспонденцій на маршруті визначається комбінація режимів руху, яка забезпечує перевезення пасажирів з мінімальними витратами часу при ефективному використанні рухомого складу. Наприклад, на одному маршруті сумісні звичайний і швидкісний, або звичайний і експресний режими руху.

Комбінація режимів руху не призводить до зміни кількості поїздок, їх середньої дальності, але суттєво змінює техніко-експлуатаційні показники використання рухомого складу, а саме: кількість автобусів на маршруті, коефіцієнт використання місткості, експлуатаційну швидкість, тощо. При цьому

забезпечується підвищення якості перевезень пасажирів за рахунок зниження витрат часу пасажирів на пересування і зменшення собівартості перевезень за рахунок їх відтворення меншою кількістю рухомого складу.

Формування режимів руху автобусів на маршрутах – це цілий комплекс заходів від збирання інформації до призначення режимів руху автобусів на міських маршрутах регламентує поетапне впровадження цих заходів. Розглянемо їх.

Перший етап – збір необхідної інформації містить наступні дані по кожному маршруту: довжина маршруту, час оборотного рейсу, добова тривалість функціонування маршруту, кількість оборотних рейсів за добу, кількість оборотних рейсів у години пік, тривалість ранкового і вечірнього періодів пік, максимальний пасажиро потік в найбільш завантажений бік за період пік, середня відстань поїздки пасажирів, кількість зупиночних пунктів на маршруті.

Другий етап складається з оптимізації довжини перегонів на маршруті. По складеній на маршруті середній величині довжини перегонів, швидкості сполучення, середній дальності поїздки пасажирів проводиться вибір оптимальної довжини перегонів для даного маршруту. Після цього на схемі, а в подальшому і на місцевості визначається необхідна кількість зупиночних пунктів і їх розташування. Пропонована довжина перегону є оптимальною для ділянок маршруту, які проходять у житлових і промислових забудовах. Кількість і розташування зупиночних пунктів на маршруті повинні забезпечувати зручність підходу до них, пересадок на інший маршрут і безпеку пасажирів.

Після визначення кількості і розташування зупиночних пунктів знаходять середню довжину перегону за рівнянням

$$l_{пер} = \frac{l_m}{(n-1)}, \quad (2.15)$$

де l_m – довжина маршруту;

n – кількість зупиночних пунктів на маршруті, до яких входять і кінцеві зупинки.

Зміна середньої довжини перегону на маршруті викликає зміну швидкості сполучення. Із збільшенням довжини перегону більш ефективно реалізуються швидкісні якості рухомого складу, що передбачає збільшення швидкості сполучення. При зменшенні довжини перегону швидкості якості рухомого складу використовуються менш ефективно, що викликає зниження швидкості сполучення.

Швидкість сполучення при зміні середньої довжини перегону на маршруті визначається за формулою

$$v_c = v_c^{\bar{}} + v_n \cdot l_{пер} \frac{l_{пер}}{l_{пер}^{\bar{}}}, \quad (2.16)$$

де v_c – скореговане значення швидкості сполучення при зміні довжини перегону;

$v_c^{\bar{}}$ – існуюча на маршруті (базова) швидкість сполучення;

v_n – норматив зміни швидкості,

$v_n = 10$ км/год;

$l_{пер}$ – змінена довжина перегону;

$l_{пер}^{\bar{}}$ – існуюча на маршруті (базова) довжина перегону.

В наслідку оптимізації довжини перегонів на маршруті річна економія витрат часу пасажирів визначається за формулою

$$\Delta T_p = \left[1,25 \cdot 10^{-4} (l_{пер}^{\bar{}} - l_{пер}) + \left(\frac{1}{v_c^{\bar{}}} - \frac{1}{v_c} \right) \bar{l}_n \right] \cdot P, \quad (2.17)$$

де \bar{l}_n – середня довжина поїздки пасажирів на маршруті;

P – річний обсяг перевезень на маршруті.

Третій етап полягає в інтенсифікації звичайних режимів руху. З метою максимального підвищення провізних можливостей автобусів в години пік режими їх руху на цей період інтенсифікуються за рахунок скорочення до

мінімуму відстою на проміжних і кінцевих зупиночних пунктів маршрутів для висадки і посадки пасажирів. Для цього проводиться хронометраж режимів руху на маршрутах в періоди пік. Хронометрується величина простоювання рухомого складу на проміжних і кінцевих зупиночних пунктах маршруту фактична і необхідна. Остання визначається з моменту відчинення дверей для висадки і посадки пасажирів до їх зачинення. По кожному маршруту робиться не менше 50 вимірів. Виміри на даному маршруті проводяться по всіх або по декількох графіках виходу автобусів.

Фактичні норми простоювання визначається як середньоарифметичні величини по групі вимірів, яка оброблюється. По отриманих нормативах часу простоювання корегується величина експлуатаційної швидкості, інтервал руху і кількість рейсів для періоду пік.

Найбільш суттєвий резерв підвищення експлуатаційної швидкості спостерігається на автобусних маршрутах довжиною до 5 км (10 – 20%), цьому інтенсифікацію режимів руху автобусів на цих маршрутах найбільш ефективна. Ефективність реалізації резерву підвищення експлуатаційної швидкості автобусів на маршруті (річна економія витрат часу пасажирів) визначається за формулою

$$\Delta T_p = \frac{l_m}{A \left(\frac{1}{v_e} - \frac{1}{v_e^p} \right) \cdot P_{\text{пик}}}, \quad (2.18)$$

де A – кількість автобусів, які працюють на маршруті;

v_e і v_e^p – експлуатаційна швидкість автобусів на маршруті відповідно до і після реалізації резерву;

P – річний обсяг перевезень на маршруті в період реалізації резерву.

Четвертий етап – призначення прискорених режимів руху автобусів на маршрутах. Прискорені (експресний і швидкісний) режими руху автобусів раціонально вводити на маршрутах з незначним пасажиро обміном на проміжних зупинках або з обмеженою кількістю зупиночних пунктів, де є значний пасажирообмін. Практично раціональність організації прискорених режимів руху

визначається наявністю пасажирів, які їздять від початкового до кінцевого зупиночного пунктів маршруту по значній частині його тривалості, тобто структурою пасажирських кореспонденцій по маршруті може бути отримана без проведення трудомістких обстежень на підставі відомої кількості входів і виходів пасажирів на зупиночних пунктах. Для формування комбінації режимів руху автобусів на маршруті необхідно призначити зупиночні пункти для автобусів, які працюють в прискореному режимі, і визначити їх кількість. У даному випадку може бути застосований метод побудовання раціональних швидкісних і експресних режимів.

Коефіцієнт змінності пасажирів на маршруті представляє собою відношення довжини маршруту до середньої дальності поїздки пасажирів на цьому маршруті

$$K_c = \frac{l_m}{l_n}. \quad (2.19)$$

Чим нижче коефіцієнт змінності пасажирів на маршруті, тим більша питома вага пасажирів, які їздять від початкового до кінцевого зупиночного пункту, або по значній частині довжини маршруту.

Необхідна кількість прискорених рейсів уточнюється по фактичному пасажиропотоку. Наповнення автобусів в прискорених рейсах повинно дорівнювати наповненню автобусів в звичайних рейсах або меншим на стільки, на скільки збільшилась швидкість сполучення

$$K'_n \cdot \frac{v'_e}{v''_e} \leq K''_n \leq K'_n, \quad (2.20)$$

де K'_n і K''_n – коефіцієнти наповнення автобусів відповідно працюючих в звичайному і прискореному режимах;

v'_e і v''_e – швидкість сполучення на маршруті при звичайному і прискореному режимах руху.

Коефіцієнт наповнення автобусів на найбільш навантаженому перегоні маршруту визначається за формулою

$$K_n = \frac{P_{пер} \cdot T_{зв}}{T_{пик} \cdot A}, \quad (2.21)$$

де $P_{пер}$ – пасажиропотік на найбільш навантаженому перегоні маршруту за період пік;

$T_{зв}$ – тривалість зворотного рейсу на маршруті;

$T_{пик}$ – тривалість періоду пік, який розглядається;

A – кількість автобусів, які працюють на маршруті.

Якщо після введення прискорених режимів руху на маршруті наповнення працюючих в цих режимах автобусів вище, ніж при звичайному режимі, то кількість прискорених рейсів необхідно збільшити при дотриманні встановлених для звичайного режиму обмежень по максимально припустимому інтервалу руху автобусів. При інтервалі руху автобусів прискореного режиму більше 10 хвилин вводиться рух за відомим пасажиром розкладу, в протилежному випадку – по відомому пасажиром інтервалу.

Річна економія часу всіх пасажирів на маршруті, яка характеризує ефективність позначених режимів руху автобусів, в першому випадку буде визначатися за рівнянням

$$\Delta T_p = \left[l_n'' \left(\frac{1}{v_e'} - \frac{1}{v_e''} \right) + \frac{i'}{2} \right] \cdot P'' - \frac{(i' - i)}{2P'}, \quad (2.22)$$

у другому випадку буде визначитися за рівнянням

$$\Delta T_p = \left[l_n'' \left(\frac{1}{v_e'} - \frac{1}{v_e''} \right) + \frac{(i'' - i)}{2} \right] \cdot P'' - \frac{(i' - i)}{2P'}, \quad (2.23)$$

де l_n'' – середня дальність поїздки пасажирів, які користуються прискореними рейсами на маршруті;

i, i' – інтервали руху автобусів на звичайних рейсах відповідно до i після вводу на маршруті прискорених режимів руху;

P' , P'' – річний обсяг перевезень пасажирів відповідно на звичайних і прискорених рейсах.

2.3. Методи розробки маршрутної мережі роботи міського пасажирського транспорту

2.3.1. Теоретичні основи вибору і обґрунтування автобусних маршрутів

Встановлення автобусних маршрутів – вибір і обґрунтування раціональної траси, напрямків руху, кінцевих пунктів і проміжних зупинок повинно відтворюватися з особливою ретельністю і необхідним техніко-економічним обґрунтуванням, оскільки система автобусних маршрутів чинить значний вплив як на умови і зручності перевезення пасажирів, швидкість і безпеку руху, режим праці автобусних бригад, так і на ефективність використання автобусів. Вибір напрямків руху автобусів, а також кінцевих і проміжних пунктів маршруту відтворюється у відповідності з потребами населення у перевезеннях; при цьому пасажиропотік повинен бути достатньо стійкий на всій довжині маршруту.

При виборі оптимального варіанту і обґрунтуванні раціональної системи автобусних маршрутів враховуються наступні загальні вимоги:

1) кінцеві пункти автобусних маршрутів, як правило, встановлюють в місцях великого скупчення пасажирів, до яких відносяться вокзали, ринки, стадіони, промислові підприємства тощо. На кінцевих пунктах маршруту повинні бути обладнані майданчики для розвороту і відстоювання автобусів;

2) всі найголовніші міські пункти масового скупчення пасажирів при наявності постійного пасажиропотоку повинні мати по можливості транспортний зв'язок по найкоротших напрямках як між собою, так і з усіма районами міста, що забезпечить населенню мінімальні витрати часу на поїздки і збільшить приток пасажирів;

3) система автобусних маршрутів повинна відповідати основним напрямкам слідування пасажирів і забезпечувати їм поїздки по можливості без пересадок;

4) автобусні маршрути встановлюють за наявності достатньо нормального дорожнього покриття, яке відповідає правилам технічної експлуатації автобусного парку, з урахуванням ширини поздовжнього профілю вулиць, а також експлуатаційно-технічної характеристики рухомого складу;

5) автобусні маршрути міських сполучень повинні бути узгоджені між собою і з маршрутами інших видів міського пасажирського транспорту, з приміським автобусним і залізничним сполученням, а також з маршрутами міжміських автобусних сполучень;

б) довжина автобусних маршрутів встановлюють у відповідності з розмірами і плануванням міської території.

При цьому враховується, що затримки автобусів на шляху слідування на протязі рейсу повинні бути мінімальними, а наповнення автобусів повинно бути рівномірним на всій довжині маршруту.

2.3.2. Вибір раціонального варіанту автобусної маршрутної мережі

При формуванні маршрутних мереж враховуються наступні принципи:

– кожний маршрут повинен зв'язувати по можливості за найкоротшими шляхами великі пасажироутворюючі об'єкти – міський центр, підприємства, вокзали, житлові масиви – для забезпечення мінімальних витрат часу пасажирів на поїздки;

– в цілому маршрутна мережа повинна забезпечувати найменшу пересадочність сполучення у межах значення, яке задається у якості критерія на підставі аналізу сучасного стану;

– кількість маршрутів повинно відповідати потребі пасажирів в безпересадочних сполученнях при обов'язковому обліку необхідної кількості автобусів;

– при проектуванні маршрутів необхідно прагнути до можливо більш рівномірної завантаженості їх по всій довжині.

Для формування маршрутної мережі необхідно мати повні дані про пасажиропотоки між окремими транспортними районами міста. Маршрутна мережа повинна відповідати пасажиропотокам як по величині, так і по напрямках. Також при проектуванні маршрутної мережі можуть враховуватися задані обмеження: в систему маршрутів включені раніше задані маршрути; довжина маршруту знаходиться в певних межах, обсяг перевезень на кожному маршруті не менше заданого; відсутність кінцевих пунктів у мікрорайонах, де вони заборонені або небажані.

Корегують маршрутні мережі методом порівняння варіантів по різних техніко-економічних критеріях оптимізації. Порівняння декількох варіантів маршрутної мережі відтворюється на підставі розрахунку сумарних витрат часу на очікування, поїздки і пересадки.

У процесі рішення поставленої задачі необхідно мінімізувати функціонал

$$E = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n (t_{i_{ij}} + t_{n_{ij}}) \cdot \Pi_{ij} + \sum_{k=1}^K t_{o_k} \cdot \Pi_k + \sum_{l=1}^L t_{o_l} \cdot \Pi_l + \sum_{p=1}^s t_{x_p} \cdot \Pi_p \rightarrow \min, \quad (2.24)$$

де i – кількість пунктів початку пересування;

j – кількість пунктів закінчення пересування;

n – кількість мікрорайонів;

k – кількість автобусних маршрутів;

L – кількість сумісних ділянок маршрутної мережі;

$t_{i_{ij}}$ і $t_{n_{ij}}$ – витрати часу на поїздку і пересадку одного пасажиром між

мікрорайонами i і j , год;

Π_{ij} – кількість пересувань між пунктами i і j ;

t_{o_k} – час очікування автобуса пасажиром при поїзді по маршруту k , год;

Π_k – кількість пасажирів, які користуються тільки маршрутом k , пас;

t_{o_l} – час очікування автобуса пасажиром при поїзді в межах сумісної

ділянки l , год;

Π_l – кількість пасажирів, що проїжджають у межах сумісної ділянки l , пас;

t_{x_p} – витрати часу на підхід до найближчої зупинки автобусної мережі від найбільш видаленого району s , год;

Π_p – кількість пасажирів, які проживають у районі s , який не обслуговується автобусами, пас.

Час на поїздку пасажирів між мікрорайонами визначається за формулою

$$t_{ij} = \frac{l_{ij}}{V_c}, \quad (2.25)$$

де l_{ij} – довжина поїздки між мікрорайонами i і j , км.;

V_c – середня швидкість сполучення, км/год.

Час на пересадку пасажирів в транспортному вузлі визначається за формулою

$$t_{n_{ij}} = \frac{L_{n_{id}}^{nep}}{v_{n_{iu}}} + t_{oc}, \quad (2.26)$$

де $L_{n_{id}}^{nep}$ – відстань переходу від одного зупиночного пункту до іншого,

$L_{n_{id}}^{nep} = 0,5$ км.;

$v_{n_{iu}}$ – середня швидкість пішоходу, $v_{n_{iu}} = 4$ км/год;

t_{oc} – час очікування транспорту, год.

Теоретично час очікування автобуса дорівнює 0,6 інтервалу мережі руху автобусів і визначається за формулою.

$$t_{oc} \approx 0,6 I_m, \quad (2.27)$$

де I_m – мережевий інтервал, хв.

$$I_M = \frac{2 \cdot 60 \cdot L_{MM}}{v_e \cdot A_M}, \quad (2.28)$$

де L_{MM} – відстань маршрутної мережі міста, км.;

v_e – експлуатаційна швидкість руху, км/год;

A_M – кількість автобусів, працюючих на маршруті, од.

Витрати часу одного пасажиря на пересадку включають час на підхід до зупиночного пункту пересадки і час очікування транспорту.

При розрахунку другого члену функціоналу враховується, що пасажирі користуються маршрутом лише у випадку, коли він поєднує пункти відправлень і призначення по найкоротшій відстані. В іншому випадку виникає вірогідність поїздки пасажирів з пересадками по іншим маршрутам. Середній інтервал руху на сумісній ділянці маршрутної мережі, по котрій проходять одночасно декілька маршрутів, можна визначити за формулою

$$I_1 = \frac{1}{m \sum_{k=1}^m \frac{1}{I_k}}, \quad (2.29)$$

де m – кількість маршрутів, які проходять на сумісній ділянці l .

Для розрахунку першої складової функціонала (2.24) необхідно визначити витрати часу на поїздку між пунктами маршрутної мережі за найкоротшою відстанню і кількістю пересадок. Витрати часу на поїздку визначаються як сума часу поїздки по кожній окремій ділянці між відповідними пунктами, після чого розраховується час на пересадку пасажиря в транспортному вузлі і час очікування транспорту за формулами (2.26) і (2.27).

РОЗДІЛЗ

УДОСКОНАЛЕННЯ МІСЬКИХ АВТОБУСНИХ МАРШРУТІВ

3.1. Розроблення заходів з підвищення ефективності використання автобусів на маршрутах розвезення

3.1.1. Визначення раціональної місткості автобусів

Прибуток від міських перевезень пасажирів у м. Тернопіль не покриває витрат, які виникають при їх виконанні. Однією з причин такого стану являється низький середній коефіцієнт використання пасажиромісткості транспортних засобів (за офіційними даними). Є інша неофіційна інформація про те, що лише третина пасажирів обліковується (декларується) перевізниками. Таким чином приховується реальний дохід перевізників.

Однією з причин низького наповнення автобусів являється їх неоптимальна місткість. Завищена місткість знижує середній коефіцієнт використання пасажиромісткості або викликає необхідність застосування руху транспортних засобів з великими інтервалами, а занижена місткість – підвищує витрати за рахунок застосування менш ефективних пасажирських транспортних засобів. Рух транспортних засобів з великими інтервалами або досить великий коефіцієнт використання пасажиромісткості знижують якість обслуговування пасажирів. Тому пасажиромісткість одиниці транспортного засобу, який застосовується на міських маршрутах перевезень, підлягає оптимізації.

У якості критерію оптимальності пропонується прийняти мінімум цільової функції Z_2 у вигляді суми витрат S_n , які виникають при виконанні перевезень, і витрат пасажирів від очікування транспортних засобів на зупиночних пунктах за певний період часу Π_n , наприклад за 1 годину:

$$Z_2 = S_n + \Pi_n \Rightarrow \min q, \quad (3.1)$$

де q – значення місткості транспортного засобу, пас.

Величина годинних витрат може бути розрахована за формулою

$$S_n = S_o \cdot n_o, \quad (3.2)$$

де S_o – величина витрат за один оборот автобусу на маршруті перевезення пасажирів;

n_o – кількість оборотів автобусів на маршруті перевезень за 1 годину.

Величина S_o може бути розрахована за формулою

$$S = l_o \cdot S_{км} + t_o S_2, \quad (3.3)$$

де l_o – довжина обороту на маршруті, км.;

$S_{км}$ – витрати на 1 км. пробігу автобусу на маршруті;

t_o – тривалість періоду обороту на маршруті, год;

S_2 – витрати на 1 годину роботи автобуса на маршруті.

Довжина обороту визначається з характеристики маршруту.

Тривалість періоду обороту визначається на підставі характеристик маршруту і працюючих на ньому автобусів, за формулою

$$t_o = \frac{l_o}{v_o} + t_{ок}, \quad (3.4)$$

де v_o – середня технічна швидкість автобуса за оборот на маршруті, км/год;

$t_{ок}$ – сумарний час простою на проміжних і кінцевих зупиночних пунктах на маршруті за оборот.

Величини $S_{км}$ і S_2 можуть бути розраховані за формулами

$$S_{км} = a_{км1} + a_{км2} \cdot q, \quad (3.5)$$

$$S_2 = a_{21} + a_{22} \cdot q, \quad (3.6)$$

де $a_{км1}$, $a_{км2}$, a_{21} , a_{22} – параметри залежностей.

Значення n_o визначається за формулою

$$n_o = n_u = \frac{A_M}{t_o}, \quad (3.7)$$

де n_u – частота руху транспортних засобів на маршруті;

A_M – кількість автобусів, які працюють на маршруті.

З іншого боку, частота руху автобусів, яка вимагається, може бути визначена по найбільш напруженій ділянці маршруту за формулою

$$n_u = \frac{Q_{ng}}{q}, \quad (3.8)$$

де Q_{ng} – максимальний годинний пасажиропотік по ділянцям маршруту в найбільш напруженому напрямку, пас/год,

q – пасажиромісткість автобуса.

Втрати пасажирів від очікування автобусів при роботі їх по інтервалу руху визначається формулою:

$$n = \frac{Q_{zag.g} \cdot C_2 \cdot J}{2} = \frac{Q_{zag.g} \cdot C_2}{2n_u}, \quad (3.9)$$

де $Q_{zag.g}$ – загальний годинний обсяг перевезень пасажирів на маршруті, пас;

C_2 – вартість втрати пасажирів за 1 годину очікування автобуса;

J – інтервал руху автобусів на маршруті ($J = \frac{1}{n_2}$).

В свою чергу значення $Q_{zag.g}$ може бути розраховано за формулою

$$Q_{zag.g} = 2Q_{cp.g} \cdot n_{zm} = \frac{2Q_{ng}}{k_n} \cdot n_{zm}, \quad (3.10)$$

де $Q_{cp.g}$ – середньогодинне загальне завантаження автобусів при русі на маршруті ;

n_{zm} – середній коефіцієнт змінності пасажирів за один рейс автобуса на маршруті;

$k_n = \frac{Q_{n,z}}{Q_{cp,z}}$ – коефіцієнт нерівномірності пасажиропотоку по ділянках

маршруту за оборот автобуса.

Після перетворень рівнянь, отримуємо, що Z_z визначається за виразом

$$Z_z = \frac{Q_{n,z} \cdot q(l_o(a_{км1} + a_{км2}q) + (l_o/v_m + t)(a_{z1} + a_{z2}q))}{qC_{пз} \cdot k_n/n_{зм}} = \min q. \quad (3.11)$$

Похідна від Z_z по q , яка дорівнює нулю і буде визначати оптимальне значення q_{opt} .

$$q_{opt} = \sqrt{\frac{Q_{пз} \cdot k_n \cdot (l_o a_{км1} + a_{z1}(l_o/v_m + t_{ок}))}{C_{пз} \cdot \eta_{зм}}} \quad (3.12)$$

Однак значення $Q_{пз}$ може змінюватися на протязі доби, а місткість автобуса, який працює на маршруті, залишається незмінною. Тому рішення повинно прийматися по мінімуму значення цільової функції

$$Z = \sum_{i=1}^n Z_{zi} = \min q \quad (3.13)$$

де Z_{zi} – значення цільової функції для i -го години доби;

n – кількість годин за період доби, на протязі яких виконуються перевезення пасажирів на маршруті.

З урахуванням добової зміни $Q_{пз}$ оптимальне значення пасажиромісткості одиниці пасажирського транспорту визначається формулою:

$$q_{opt} = \sqrt{\frac{2Q_{пз,ср} \cdot k_n \cdot (l_o a_{км1} + a_{z1}(l_o/v_m + t_{ок}))}{C_{пз} \cdot \eta_{зм}}} \quad (3.14)$$

де $Q_{пз,ср}$ – середньогодинний пасажиропотік на найбільш завантаженій ділянці маршруту по періодам, коли робота транспортних засобів на маршруті організована без інформування пасажирів про розклад руху.

Таким чином, на підставі проведених досліджень отримана залежність, яка дозволяє оптимізувати пасажиромісткість автобусів для роботи на міських маршрутах.

Наведено розрахунок раціональної місткості автобуса на прикладі маршруту №16 Вул. Винниченка – вул. Київська у період годин доби з 6-00 до 7-00:

$$q_{opt} = \sqrt{\frac{2 \cdot 340 \cdot 2,227 \cdot (7,3 \cdot 1153 + 18295 \cdot 0,97)}{1000 \cdot 2,08}} = 138 \text{ пас.}$$

Раціональна місткість автобусів для роботи на маршрутах які досліджувались по періодам доби наведена у таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Раціональна місткість автобусів для роботи на маршрутах по періодам доби

| номер маршрута | раціональна місткість по періодам доби, пас | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|----------------|---|-----|-----|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | 6-7 | 7-8 | 8-9 | 9-10 | 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 |
| 16 | 38 | 331 | 335 | 276 | 259 | 215 | 173 | 133 | 181 | 98 | 276 | 355 | 324 | 220 | 151 | 237 | 159 | 90 |
| 5 | 06 | 314 | 268 | 87 | 04 | 03 | 224 | 230 | 247 | 19 | 208 | 285 | 291 | 198 | 154 | 192 | 18 | 5 |
| 6 | 191 | 286 | 162 | 44 | 05 | 90 | 36 | 19 | 00 | 02 | 93 | 32 | 94 | 165 | 131 | 90 | 0 | 0 |
| 14 | 140 | 227 | 239 | 225 | 177 | 151 | 140 | 22 | 102 | 162 | 226 | 236 | 210 | 186 | 150 | 140 | 123 | 104 |
| 18 | 140 | 323 | 328 | 269 | 263 | 231 | 172 | 171 | 224 | 240 | 294 | 371 | 353 | 242 | 191 | 249 | 180 | 103 |
| 8 | 149 | 274 | 245 | 191 | 196 | 167 | 52 | 98 | 187 | 186 | 237 | 308 | 284 | 173 | 138 | 201 | 127 | 91 |

Маючи значення раціональної розрахункової місткості рухомого складу, підбирається стандартна місткість існуючого парку автобусів.

Значення стандартної місткості автобусів, які визначені виходячи з раціональної, наведені у таблиці 3.2.

3.1.2. Розрахунок раціональної кількості автобусів на маршрутах

Для забезпечення оптимального наповнення рухомого складу, відповідного коливанням пасажиропотоків, повинна змінюватися кількість, місткість і розподіл автобусів по транспортній мережі. Ідеальним було б безперервне корегування

розподілу автобусів по маршрутах у часі і відповідно з безперервно змінюваним попитом на пасажирські перевезення, щоб на будь-якому перегоні любого маршруту постійно витримувати умову щоб попит на перевезення і їх забезпечення дорівнювали один одному.

У якості вхідної величини при визначенні кількості автобусів на конкретному маршруті приймається кількість перевезених пасажирів.

Таблиця 3.2 – Стандартна місткість автобусів для роботи на маршрутах по періодах доби

| номер маршрута | Рациональна місткість по періодах доби, пас | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|----------------|---|-----|-----|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | 6-7 | 7-8 | 8-9 | 9-10 | 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 |
| 16 | 180 | 180 | 180 | 180 | 180 | 180 | 180 | 180 | 180 | 180 | 180 | 180 | 180 | 180 | 180 | 180 | 180 | 75 |
| 5 | 180 | 180 | 180 | 180 | 180 | 180 | 180 | 180 | 180 | 180 | 180 | 180 | 180 | 180 | 180 | 180 | 180 | 75 |
| 6 | 180 | 180 | 180 | 180 | 180 | 75 | 180 | 180 | 180 | 180 | 180 | 180 | 180 | 180 | 75 | 75 | 0 | 75 |
| 14 | 180 | 180 | 180 | 180 | 180 | 180 | 180 | 75 | 75 | 180 | 180 | 180 | 180 | 180 | 180 | 180 | 75 | 75 |
| 18 | 180 | 180 | 180 | 180 | 180 | 180 | 180 | 180 | 180 | 180 | 180 | 180 | 180 | 180 | 180 | 180 | 180 | 75 |
| 8 | 180 | 180 | 180 | 180 | 180 | 180 | 75 | 75 | 180 | 180 | 180 | 180 | 180 | 180 | 180 | 180 | 75 | 75 |

Потреба в автобусах встановлюється по всіх годинах періоду руху. Кількість транспортних засобів, необхідних для перевезення пасажирів, розраховується за формулою

$$A_M = \frac{Q_p \cdot t_o \cdot k}{q \cdot \gamma_H \cdot \eta_{3M}} = \frac{t_o}{I} \quad (3.15)$$

де Q_p – значення пасажиропотоку по розрахунковому часу періоду руху;

t_o – час обороту автобуса на маршруті;

k – коефіцієнт внутрігодинної нерівномірності;

q – місткість автобуса;

γ – коефіцієнт використання пасажиромісткості автобуса;

$\eta_{з.м}$ – коефіцієнт змінності пасажирів;

I – інтервал руху транспортних засобів на маршруті.

В процесі роботи під впливом різних факторів інтервал руху може відхилятися від розрахункового і тоді фактичний інтервал I_{ϕ} розраховується за формулою

$$I_{\phi} = I + \frac{\sigma_I^2}{I}, \quad (3.16)$$

де σ_I^2 – середньоквадратичне відхилення від планового інтервалу руху.

Наведемо приклад розрахунку кількості автобусів і інтервал руху на прикладі маршруту №16 Вул. Винниченка – вул. Київська у період доби з 6-00 до 7-00:

$$A_M = \frac{340 \cdot 0,97 \cdot 2,227}{180 \cdot 0,75 \cdot 2,080} \approx 3 \text{ авто};$$

$$I = \frac{0,97 \cdot 60}{3} = 22 \text{ хв.}$$

Кількість автобусів і інтервал руху по періодах доби для маршрутів котрі досліджувались, наведено у таблицях 3.3 і 3.4.

Таблиця 3.3 – Раціональна кількість автобусів для роботи на маршрутах по періодах доби

| номер маршрута | Раціональна кількість автобусів | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|----------------|---------------------------------|-----|-----|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | 6-7 | 7-8 | 8-9 | 9-10 | 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 |
| 16 | 3 | 11 | 12 | 8 | 7 | 6 | 4 | 2 | 4 | 4 | 8 | 13 | 11 | 5 | 3 | 8 | 3 | 3 |
| 5 | 5 | 10 | | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 5 | 4 | 8 | 8 | 4 | 3 | 5 | 2 | 1 |
| 6 | 5 | 8 | 3 | 2 | 4 | 2 | 2 | 2 | 5 | 4 | 4 | 11 | 8 | 3 | 5 | 3 | | |
| 14 | 3 | 5 | 6 | 5 | 3 | 3 | 3 | 5 | 3 | 3 | 5 | 6 | 4 | 3 | 3 | 3 | 5 | 3 |
| 18 | 3 | 10 | 11 | 7 | 7 | 7 | 4 | 4 | 7 | 6 | 9 | 14 | 12 | 6 | 5 | 8 | 4 | 3 |
| 8 | 3 | 7 | 5 | 3 | 3 | 3 | 1 | 3 | 4 | 3 | 5 | 8 | 7 | 3 | 2 | 5 | 5 | 2 |

3.1.3. Вибір раціонального режиму роботи автобусів на маршрутах

Підвищити ефективність роботи пасажирської транспортної мережі у міжпіковий період можливо шляхом переходу від інтервальної роботи в години пік на роботу за розкладом в моменти спаду пасажиропотоку. Робота автобусів по розкладу при низькій частоті їх руху дає скорочення часу пасажирів в очікуванні посадки, збільшення коефіцієнта наповнення. Проте, до наступного часу відсутня науково-обґрунтована методики визначення моменту переходу з інтервальної форми руху автобусів на маршруті перевезень на організацію руху за розкладом і навпаки.

Таблиця 3.4 – Раціональний інтервал руху автобусів на маршрутах по періодах доби

| номер маршруту | раціональна кількість автобусів | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|----------------|---------------------------------|-----|-----|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | 6-7 | 7-8 | 8-9 | 9-10 | 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 |
| 16 | 22 | 5 | 5 | 7 | 8 | 9 | 14 | 24 | 1 | 14 | 7 | 4 | 5 | 12 | 19 | 8 | 17 | 22 |
| 5 | 13 | 7 | 10 | 21 | 17 | 13 | 11 | 10 | 9 | 15 | 1 | 9 | 9 | 19 | 23 | 15 | 39 | 53 |
| 6 | 17 | 10 | 31 | 39 | 19 | 31 | 33 | 43 | 1 | 20 | 2 | 7 | 9 | 30 | 15 | 31 | | |
| 14 | 44 | 22 | 20 | 23 | 37 | 38 | 45 | 24 | 3 | 44 | 2 | 21 | 2 | 33 | 39 | 44 | 24 | 33 |
| 18 | 34 | 8 | 8 | 12 | 13 | 12 | 22 | 23 | 1 | 15 | 1 | 6 | 7 | 15 | 18 | 11 | 20 | 26 |
| 8 | 25 | 10 | 12 | 20 | 19 | 20 | 86 | 24 | 1 | 21 | 1 | 8 | 9 | 24 | 29 | 14 | 14 | 27 |

Задача складається у визначенні кількості транспортних засобів (інтервалу руху), необхідних для засвоєння існуючого у місті пасажиропотоку, а також виборі форми роботи автобусів (за розкладом або інтервалом). Така задача вирішується при переході від позапікових періодів до пікових і назад. Пропонується у якості цільової функції визначення моменту зміни форми руху прийняти сумарні витрати, які включають транспортні втрати від зниження завантаження транспортної системи, і витрати пасажирів, які пов'язані з очікуванням поїздки і витрат перевізника, обумовлених організацією процесу

перевезення по різним формам роботи.

Залежність, що дозволяє зробити вибір на користь того чи іншого засобу організації роботи автобусів на лінії, виглядає таким чином:

$$\begin{aligned}
 & Q_{\Pi} t_{\text{оч.р}} S_{\text{ч.п}} + \frac{A_p \cdot l_o}{t_o} \cdot S_{\text{пер.а}} + A_p \cdot C_{\text{пв}} + (A_M - A_p) \cdot C_{\text{пв}} \leq \\
 & \leq Q_{\Pi} t_{\text{оч.і}} S_{\text{ч.п}} + \frac{A_i \cdot l_o}{t_o} \cdot S_{\text{пер.а}} + A_i \cdot C_{\text{пв}} + (A_M - A_i) \cdot C_{\text{пв}}
 \end{aligned} \tag{3.17}$$

де Q_{Π} – обсяг попиту на перевезення на найбільш завантаженій ділянці маршруту, пас;

$t_{\text{оч.р}}, t_{\text{оч.і}}$ – відповідно середній час очікування пасажиром посадки при роботі за розкладом і інтервалом, год;

A_p, A_i – відповідно кількість автобусів, які працюють за розкладом і інтервалом;

A_M – розрахункова кількість транспортних засобів, для роботи на маршруті з урахуванням резерву;

l_o – довжина оборотного рейсу, км.;

t_o – час обороту на маршруті, год;

$S_{\text{оп}}$ – вартість однієї пасажиро-години очікування посадки, грн;

$C_{\text{пв}}$ – постійні витрати, які приходяться на годину роботи автобуса, грн/год;

$C_{\text{п.п.}}$ – постійні витрати, які приходяться на годину простоювання автобуса без роботи, грн/год;

$S_{\text{пер.а}}$ – змінні витрати, які приходяться на 1 км. пробігу автобуса при роботі на маршруті, грн/км;

Кількість транспортних засобів, необхідних для перевезення пасажирів, розраховується за формулою

$$A_M = \frac{Q_{\text{п}} \cdot t_o}{q_{\text{н}} \cdot \gamma} = \frac{t_o}{I}, \quad (3.18)$$

де $q_{\text{н}}$ – пасажиромісткість автобуса;

γ – коефіцієнт використання пасажиромісткості;

t_o – час обороту автобуса на маршруті;

I – інтервал руху автобусів на маршруті.

У процесі роботи інтервал руху може відхилятися від розрахункового і тоді фактичний інтервал $I_{\text{ф}}$ розраховується по формулою (3.14)

Час очікування при роботі по інтервалу визначається за формулою

$$t_{\text{оч.і}} = \frac{I_{\text{ф}}}{2} = \frac{I + \sigma_I^2 / I}{2} = \frac{I}{2} + \frac{\sigma_I^2}{2 \cdot I}. \quad (3.19)$$

Підставляючи формулу (3.16) і (3.17) в (3.15) отримуємо вираз

$$\begin{aligned} & Q_{\text{п}} \left(t_{\text{оч.р}} S_{\text{чп}} + \frac{l_o}{q_p \cdot \gamma_p} \cdot S_{\text{пер.а}} + \frac{t_o}{q_p \cdot \gamma_p} \cdot C_{\text{пв}} \right) + \left(A_M - \frac{Q_{\text{п}} \cdot t_o}{q_p \cdot \gamma_p} \right) \cdot C_{\text{пп}} \leq \\ & \leq Q_{\text{п}} \left(\left(\frac{I}{2} + \frac{\sigma_I^2}{2 \cdot I} \right) \cdot S_{\text{оп}} + \frac{l_o}{q_i \cdot \gamma_i} \cdot S_{\text{пер.а}} + \frac{t_o}{q_i \cdot \gamma_i} \cdot C_{\text{пв}} \right) + \left(A_M - \frac{Q_{\text{п}} \cdot t_o}{q_i \cdot \gamma_i} \right) \cdot C_{\text{пп}} \end{aligned} \quad (3.20)$$

де γ_i, γ_p – відповідно коефіцієнт використання пасажиромісткості при роботі по інтервалу і за розкладом;

q_i, q_p – відповідно місткість автобусів, працюючих по інтервалу і за розкладом.

Ліва частина нерівності відображає суму витрат пасажирів, пов'язані з очікуванням посадки, у вартісному вигляді, а також витрати перевізника на організацію руху на маршруті по розкладу, а права частина – по інтервалу. Час очікування посадки при роботі за розкладом на маршруті визначається статистичними методами. Якщо ліва частина нерівності менше правої, то

доцільна форма організації руху автобусів за розкладом, у протилежному випадку ефективна робота автобусів буде по інтервалу. Якщо обидві частини нерівності дорівнюють одна іншій, тоді різниці у формі організації автобусів на маршруті не буде.

Режими роботи автобусів на маршрутах, які досліджуються, по періодах доби, використовуючи дослідні дані і інформацію автоперевізних підприємств, наведені у таблиці 3.5.

Таблиця 3.5 – Режими роботи автобусів на маршрутах по періодах доби

| номер маршруту | раціональна кількість автобусів | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|----------------|---------------------------------|-----|-----|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | 6-7 | 7-8 | 8-9 | 9-10 | 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 |
| 16 | р | і | і | і | і | і | р | р | р | р | і | і | і | р | р | і | р | р |
| 5 | р | і | і | р | р | р | р | і | і | р | р | і | і | р | р | р | р | р |
| 6 | р | і | р | р | р | р | р | р | р | р | р | і | і | р | р | р | | |
| 14 | р | р | р | р | р | р | р | р | р | р | р | р | р | р | р | р | р | р |
| 18 | р | і | і | р | р | р | р | р | р | р | і | і | і | р | р | р | р | р |
| 8 | р | і | р | р | р | р | р | р | р | р | р | і | і | р | р | р | р | р |

р – режим роботи автобусів за розкладом;

і – режим роботи автобусів по інтервалу.

Таким чином, можливо встановити умову для вибору оптимальної форми організації роботи на маршруті. При цьому забезпечується відповідність провізних можливостей пасажирського транспорту попиту, який сформувався.

3.2. Оптимізація рухомого складу для роботи на існуючих маршрутах

3.2.1 Визначення оптимального парку рухомого складу на маршруті за годинами доби

При виборі автобусів необхідної місткості для певного маршруту, враховуються наступні фактори:

- потужність пасажиропотоку в одному напрямку на найбільш завантаженій ділянці в години „пік”;
- нерівномірність розподілення пасажиропотоків за годинами доби і ділянках маршруту;
- доцільний інтервал рух автобусів по годинах доби;
- дорожні умови руху автобуса і пропускна спроможність вулиць;
- провізна можливість, тобто максимальна кількість пасажирів, яка може бути перевезене автобусами за 1 годину в одному напрямку;
- собівартість автобусних перевезень.

Використання автобусів малої місткості при великій потужності пасажиропотоків збільшує необхідну кількість автобусів і водіїв, а також підвищує завантаження вулиць. Навпаки, експлуатація автобусів великої місткості на напрямках з пасажиропотоком малої потужності приводить до дуже великих інтервалів руху, до надмірних витрат часу пасажирями на очікування автобусів і у зв'язку з цим до великих незручностей для населення.

Добуток від міських перевезень пасажирів не покриває витрат на їх виконання. Однією з причин такого стану є низький середній коефіцієнт використання пасажиромісткості автобусів γ_{cp} . Однією з причин низького наповнення пасажирських транспортних засобів являється їх неоптимальна місткість. Завищена місткість знижує середній коефіцієнт використання пасажиромісткості або викликає необхідність застосування руху транспортних засобів з великими інтервалами, занижена пасажиромісткість - підвищує витрати за рахунок застосування менш ефективних пасажирських транспортних засобів. Рух автобусів з великими інтервалами або досить високий коефіцієнт використання пасажиромісткості знижує якість обслуговування пасажирів. Тому пасажиромісткість одиниці транспортного засобу, який застосовується на маршрутах перевезень в регулярному сполученні, необхідно оптимізувати. У якості критерію оптимальності пропонується прийняти мінімум цільової функції Z у вигляді суми витрат S_n , що виникають при виконанні перевезень, і втрат

пасажирів P_o від очікування транспортних засобів на зупиночних пунктах за певний період часу, наприклад за 1 годину, і визначається за формулою (3.1).

Використовуючи формулу (3.14) можна визначити оптимальну пасажиромісткість транспортних засобів. Крім того, при виборі місткості автобусу повинно враховуватися обмежена на мінімально припустимий інтервал руху їх на маршруті I_d . При значеннях інтервалу руху автобусів менш за I_d виникають черги при під'їзді до зупинки, погіршується безпека руху і тим самим знижується якість перевезень і провізна можливість на маршруті. Виходячи з даного обмеження місткість пасажирів $q_{обм}$ розраховується за формулою

$$q_{обм} = Q_{п.пик} \cdot I_d, \quad (3.21)$$

де $Q_{п.пик}$ – максимальний годинний пасажиропотік по ділянцям маршруту у найбільш напруженому напрямку у години пік, пас/год.

Тоді для виконання перевезень на маршруті повинна прийматися місткість автобусів q_m як:

$$q_m = \max\{q_{опт}; q_{обм}\}. \quad (3.22)$$

Якщо значення q_m буде більше максимально можливої місткості пасажирського транспортного засобу, то це вказує на необхідність застосування більш високопродуктивного виду транспорту. Таким чином, висновком всіх вище наведених значень є наступне: основним критерієм для вибору раціональної місткості автобуса для того чи іншого маршруту є доцільний інтервал руху, який може бути визначений при обмеженні пасажиропотоків. Для забезпечення оптимального наповнення автобусів на маршрутах відповідно коливанням пасажиропотоків повинна мінятися кількість, місткість і розподілення рухомого складу на маршрутній мережі. Коефіцієнт змінності визначається за формулою

$$\eta_{з.м} = \frac{l_{м}}{l_{ср}}, \quad (3.23)$$

де $l_{ср}$ – середня дальність поїздки пасажирів.

$$l_{ср} = 5,4 \text{ км.}$$

Розрахунок коефіцієнтів змінності наведено у таблиці 3.6

Таблиця 3.6 – Визначення коефіцієнта змінності

| № маршруту | Середня дальність поїздки, км. | Коефіцієнт змінності |
|------------|--------------------------------|----------------------|
| 16 | 5,4 | 6,79 |
| 5 | | 6,25 |
| 6 | | 6,85 |
| 14 | | 5,7 |
| 18 | | 3,07 |
| 8 | | 4,66 |
| 20 | | 5,59 |

На підставі таблиці 3.6 і використовуючи рівняння (3.14) визначаємо необхідну місткість рухомого складу по годинах доби для маршрутів, які досліджуються і заносимо у таблицю 3.7.

Таблиця 3.7 – Визначення оптимальної місткості автобуса по годинах доби

| Маршрут | Години доби | | | | | | | | |
|---------|-------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | 06-07 | 07-08 | 08-09 | 09-10 | 10-11 | 11-12 | 12-13 | 13-14 | 14-15 |
| 16 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| 5 | 32 | 68 | 62 | 45 | 51 | 59 | 59 | 57 | 51 |

Продовження таблиці 3.7

| | | | | | | | | | |
|---------|-------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| 6 | 24 | 74 | 61 | 45 | 51 | 46 | 56 | 49 | 55 |
| 14 | 0 | 0 | 19 | 0 | 30 | 24 | 33 | 34 | 26 |
| 18 | 38 | 75 | 51 | 46 | 5 | 26 | 24 | 35 | 31 |
| 8 | 73 | 151 | 134 | 102 | 103 | 112 | 84 | 79 | 101 |
| 20 | 113 | 235 | 197 | 192 | 148 | 138 | 150 | 168 | 153 |
| Маршрут | Години доби | | | | | | | | |
| | 15-16 | 16-17 | 17-18 | 18-19 | 19-20 | 20-21 | 21-22 | 22-23 | 23-24 |
| 16 | 36 | 68 | 62 | 45 | 50 | 57 | 58 | 56 | 53 |
| 5 | 24 | 74 | 61 | 45 | 51 | 46 | 56 | 49 | 55 |
| 6 | 30 | 30 | 19 | 20 | 32 | 24 | 38 | 36 | 16 |
| 14 | 48 | 65 | 51 | 46 | 25 | 28 | 24 | 35 | 32 |
| 18 | 73 | 151 | 134 | 102 | 103 | 112 | 84 | 79 | 104 |
| 8 | 123 | 135 | 107 | 196 | 140 | 130 | 156 | 138 | 143 |
| 20 | 69 | 138 | 126 | 100 | 64 | 65 | 79 | 92 | 69 |

У таблиці 3.8 наведені характеристики рухомого складу який може бути залучений у міських пасажирських перевезеннях.

Таблиця 3.8 – Характеристика автобусів за пасажиромісткістю

| Найменування моделей | БАЗ-А079 «ЕТАЛОН» | БОГДАН А 09212 | Scania Citywide A1 | Scania Citywide B2 | МАЗ 104 | МАЗ 103 | МАЗ 105 |
|-----------------------------|-------------------|----------------|--------------------|--------------------|---------|---------|---------|
| Кількість місць для сидіння | 24 | 15-26 | 22 | 35 | 29 | 25 | 37 |
| Номінальна місткість, чол | 40 | 35-43 | 100 | 150 | 89 | 100 | 160 |

Виходячи з номінальної місткості існуючих марок автобусів і розрахованої за формулою (3.14) оптимальної місткості автобусів, можливо підібрати для кожної години автобус, пасажиромісткість якого була б близька до оптимальної. Дані по вибору оптимального рухомого складу наведені у таблиці 3.9.

Таблиця 3.9 – Вибір оптимального рухомого складу по забезпеченню перевезень пасажирів на дослідницьких маршрутах

| Маршрут | Час | | | | | |
|---------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| | 06-07 | 07-08 | 08-09 | 09-10 | 10-11 | 11-12 |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| 16 | БОГДАН А 09212 | МАЗ 103 | МАЗ 103 | БАЗ-А079 «ЕТАЛОН» | БАЗ-А079 «ЕТАЛОН» | МАЗ 103 |
| 5 | БОГДАН А 09212 | МАЗ 103 | МАЗ 103 | БАЗ-А079 «ЕТАЛОН» | БАЗ-А079 «ЕТАЛОН» | БАЗ-А079 «ЕТАЛОН» |
| 6 | - | - | БОГДАН А 09212 | - | БОГДАН А 09212 | БОГДАН А 09212 |
| 14 | БОГДАН А 09212 | МАЗ 103 | БАЗ-А079 «ЕТАЛОН» | БАЗ-А079 «ЕТАЛОН» | Газель 22171 | БОГДАН А 09212 |
| 18 | МАЗ 103 | SCANIA CITYWIDE | Scania Citywide | Scania Citywide | Scania Citywide | Scania Citywide |
| 8 | Scania Citywide | SCANIA CITYWIDE | SCANIA CITYWIDE | SCANIA CITYWIDE | Scania Citywide | Scania Citywide |
| 20 | МАЗ 103 | SCANIA CITYWIDE | Scania Citywide | Ікарус 260 | МАЗ 103 | МАЗ 103 |
| Маршрут | Час | | | | | |
| | 12-13 | 13-14 | 14-15 | 15-16 | 16-17 | 17-18 |
| 16 | МАЗ 103 | МАЗ 103 | МАЗ 103 | БАЗ-А079 «ЕТАЛОН» | БАЗ-А079 «ЕТАЛОН» | МАЗ 103 |
| 5 | БАЗ-А079 «ЕТАЛОН» | БАЗ-А079 «ЕТАЛОН» | БАЗ-А079 «ЕТАЛОН» | БАЗ-А079 «ЕТАЛОН» | МАЗ 103 | МАЗ 103 |
| 6 | БОГДАН А 09212 | БОГДАН А 09212 | БОГДАН А 09212 | - | - | - |
| 14 | БОГДАН А 09212 | БОГДАН А 09212 | БОГДАН А 09212 | БОГДАН А 09212 | БОГДАН А 09212 | МАЗ 103 |
| 18 | МАЗ 103 | МАЗ 103 | МАЗ 103 | Scania Citywide | Scania Citywide | Scania Citywide |
| 8 | Scania Citywide | SCANIA CITYWIDE | SCANIA CITYWIDE | SCANIA CITYWIDE | SCANIA CITYWIDE | SCANIA CITYWIDE |
| 20 | МАЗ 103 | МАЗ 103 | МАЗ 103 | МАЗ 103 | Scania Citywide | SCANIA CITYWIDE |
| Маршрут | Час | | | | | |
| | 18-19 | 19-20 | 20-21 | 21-22 | 22-23 | 23-24 |
| 16 | МАЗ 103 | БАЗ-А079 «ЕТАЛОН» | БОГДАН А 09212 | БОГДАН А 09212 | БОГДАН А 09212 | БОГДАН А 09212 |
| 5 | БАЗ-А079 «ЕТАЛОН» | БАЗ-А079 «ЕТАЛОН» | БОГДАН А 09212 | БОГДАН А 09212 | БОГДАН А 09212 | БОГДАН А 09212 |
| 6 | - | БОГДАН А 09212 | ГАЗ 322133 | ГАЗ 322133 | БОГДАН А 09212 | Газель 22171 |
| 14 | БАЗ-А079 «ЕТАЛОН» | БОГДАН А 09212 | БОГДАН А 09212 | БОГДАН А 09212 | БОГДАН А 09212 | БОГДАН А 09212 |
| 18 | МАЗ 103 | МАЗ 103 | БОГДАН А 09212 | МАЗ 103 | БОГДАН А 09212 | БОГДАН А 09212 |
| 8 | SCANIA CITYWIDE | SCANIA CITYWIDE | Scania Citywide | МАЗ 103 | МАЗ 103 | МАЗ 103 |
| 20 | Scania Citywide | МАЗ 103 | МАЗ 103 | МАЗ 103 | БАЗ-А079 «ЕТАЛОН» | БОГДАН А 09212 |

Прогнозовані моделі автобусів, які можуть бути застосовані на згаданих маршрутах.

МАЗ-103 965 CNG (паливо – газ).

Призначення:

Низькопольні автобуси призначені для перевезення пасажирів на міських та приміських маршрутах

Місць для сидіння 22

Загальна пасажиромісткість 96

Двигун Євро 5, Mercedes-Benz OM 906 LAG EEV Євро-5, чотиритактний,
газовий

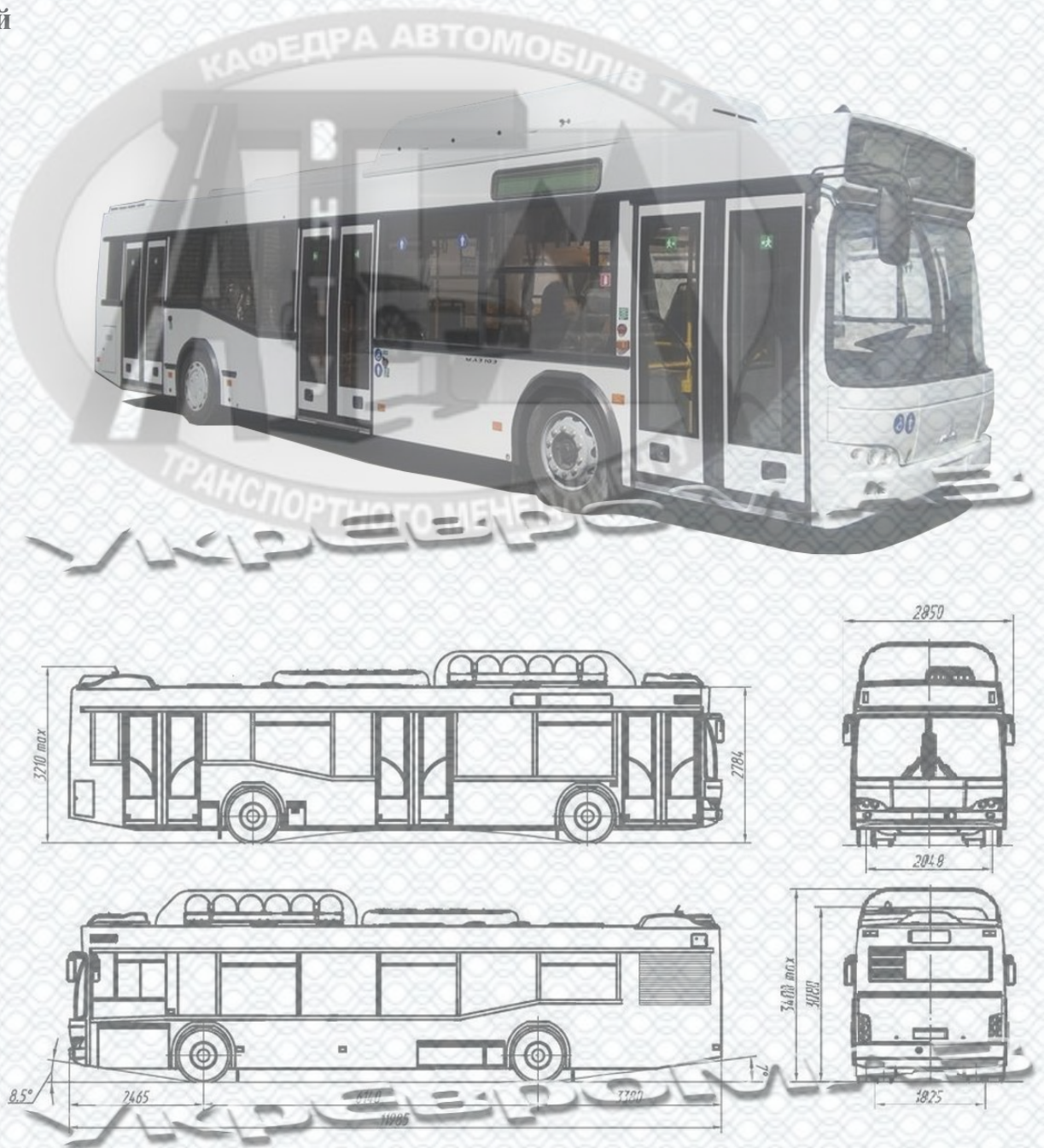


Рисунок 3.1 – Загальний вигляд МАЗ-103 965 CNG

Scania

Scania Citywide з низьким входом і Scania Citywide з низькою підлогою доступні в конфігураціях від 10,9 до 18,1 метрів. Ви можете обрати компоновку і довжину, які найкраще відповідають саме вашим транспортним вимогам.

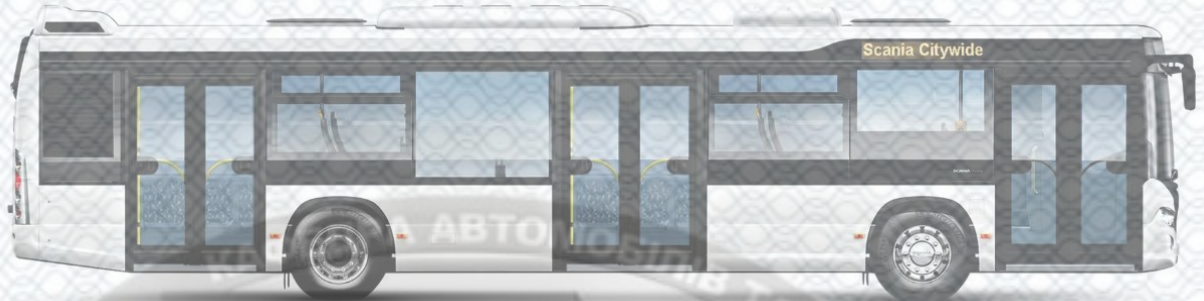


Рисунок 3.2 – Загальний вигляд автобуса Сканія Citywide

Автобуси **Богдан** (Україна)

Міські автобуси БОГДАН А70132



Рисунок 3.3 – Міський автобус БОГДАН А70132

Міські автобуси - БОГДАН А22112 (Євро-5), БОГДАН А22115 CNG (Євро-5, паливо-газ, метан), БОГДАН А70115 CNG (Євро-5, паливо-газ, метан)



Рисунок 3.4 – Загальний вигляд автобуса БОГДАН А22112

БАЗ-А079 «Еталон» — автобус малого класу, призначений для перевезення пасажирів на міських, приміських і міжміських комерційних маршрутах. Автобус з 2002 року випускається на Бориспільському автозаводі (БАЗ), який розташований у селі Проліски Бориспільського району Київської області, частина автобусів випускається на Чернігівському автозаводі. «Еталон» базується на індійському шасі TATA LPT-613 Bus, що є ліцензійним продуктом концерну «Daimler», і оснащений дизельним двигуном, що розвиває потужність 130 к.с.

Автобус БАЗ-А079 розрахований на 30-40 місць (залежно від модифікації)



Рисунок 3.5 – Загальний вигляд автобуса БАЗ-А079

ЗАЗ А07А «І-Ван» (англ. ZAZ A07A «I-VAN») — міський або міжміський автобус українського виробництва, що виробляється серійно на Запорізькому автомобілебудівному заводі з 2005 року. У конструкції автобуса були використані

деталі шасі індійської фірми «GATA Motors LTD». Використання моделі зазвичай комерційне, у більшості випадків автобуси служать як маршрутні таксі міського та міжміського сполучення, часом працюють як шкільні або екскурсійні автобуси.



Рисунок 3.6 – Загальний вигляд автобуса ZAZ A07A «I-VAN»

Салон автобусу розрахований усередньому на 35—43 чоловіка (нормальна місткість), проте загальна пасажиромісткість машини у час «пік» перевищує 45 і 50 чоловік. Сидінь 23—27 штук у залежності від модифікації.

3.2.2. Розрахунок кількості автобусів, які працюють на маршрутах, по годинах доби

Кількість автобусів для роботи на маршрутах визначається за формулою:

$$A_m = \frac{t_{об}}{I}, \quad (3.24)$$

де $t_{об}$ – час обороту на маршруті, год;

I – існуючий інтервал руху на маршруті, год

Результати розрахунків кількості автобусів на маршрутах по годинах доби, використовуючи дані таблиці 3.9 наведені у таблиці 3.10.

При виконанні всіх розрахованих характеристик функціонування маршрутної мережі маршрутів, на яких досліджувались пасажиро потоки, витрати

автопідприємств, які обслуговують ці маршрути, будуть мінімальними. Крім того це повинно підвищити якість виконання перевезення пасажирів.

Таблиця 3.10 – Розрахунок кількості одиниць рухомого складу на досліджуваних маршрутах

| Маршрут | Час | | | | | |
|---------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | 06-07 | 07-08 | 08-09 | 09-10 | 10-11 | 11-12 |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| 16 | 2 | 3 | 3 | 2 | 2 | 2 |
| 5 | 1 | 3 | 3 | 2 | 2 | 2 |
| 6 | 2 | 3 | 1 | 2 | 1 | 1 |
| 14 | 1 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| 18 | 3 | 4 | 4 | 3 | 3 | 3 |
| 8 | 2 | 7 | 7 | 5 | 5 | 5 |
| 20 | 1 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 |
| Маршрут | Час | | | | | |
| | 12-13 | 13-14 | 14-15 | 15-16 | 16-17 | 17-18 |
| 16 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 |
| 5 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 |
| 6 | 1 | 1 | 1 | 2 | 2 | 1 |
| 14 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| 18 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 |
| 8 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 |
| 20 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 |
| Маршрут | Час | | | | | |
| | 18-19 | 19-20 | 20-21 | 21-22 | 22-23 | 23-24 |
| 16 | 3 | 2 | 2 | 2 | 2 | 1 |
| 5 | 3 | 2 | 2 | 2 | 2 | 1 |
| 6 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 14 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 1 |
| 18 | 4 | 3 | 3 | 3 | 3 | 2 |
| 8 | 3 | 4 | 4 | 4 | 4 | 2 |
| 20 | 3 | 3 | 2 | 2 | 2 | 1 |

Висновки до 3 розділу

В розділі розроблено заходи з удосконалення роботи міських автобусних маршрутів, зокрема, з підвищення ефективності використання автобусів на розвізних маршрутах, також визначено раціональну місткість автобусів і

розрахована оптимальна кількість автобусів на всіх маршрутах. Обрано оптимальний режим роботи автобусів, визначено оптимальний парк рухомого складу на маршруті за годинами доби, обраховано рухомий склад для роботи на наявних маршрутах, розраховано кількість автобусів, що працюють на маршрутах.



РОЗДІЛ 4

ОБҐРУНТУВАННЯ ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ

Найявний досвід підготовки, оцінки та відбору проектів свідчить про необхідність застосування сучасної методології та інструментарію, що поширені у міжнародній практиці обґрунтування проектних рішень. Розвиток сучасної теорії й практики нерозривно пов'язаний з необхідністю аналізу та обґрунтування тих чи інших управлінських рішень, зокрема проектних. Виділення проектного аналізу в окремий напрям прикладної науки було зумовлено насамперед необхідністю системного підходу до підготовки та оцінки проектів. Досвід проектування на всіх його стадіях, накопичений за умов адміністративної економіки, базувався на принципах і методах адміністративно-командної системи і був відірваний від сучасної методології й багатющого інструментарію, що застосовується у світовій економічній науці.

Проектний аналіз - це методологія, яка застосовується для визначення, порівняння та обґрунтування альтернативних управлінських рішень і проектів, що дозволяє, в свою чергу, здійснювати вибір і приймати вивірені рішення в умовах обмеженості ресурсів.

Основними складовими проектного аналізу є: концепція проекту, що визначає його основні особливості як об'єкта дослідження; фази та стадії життєвого циклу; принципи, на яких базується проектний аналіз; критерії відбору й оцінки проектів, а також аспекти проектного аналізу, що містять аналіз ринку, технічний, інституційний, екологічний, соціальний, фінансовий та економічний аналіз.

Основними функціями проектного аналізу є:

- розробка впорядкованої структури збирання даних, яка б дала змогу здійснювати ефективну координацію заходів при виконанні проекту;
- оптимізація процесу прийняття рішень на основі аналізу альтернативних варіантів, визначення черговості виконання заходів і вибору оптимальних для даного проекту технологій;

- чітке визначення організаційних, фінансових, технологічних, соціальних та екологічних проблем, що виникають на різних стадіях реалізації проекту;
- сприяння прийняттю компетентних рішень щодо доцільності використання ресурсів для реалізації проекту.

Таблиця 4.1 – Побудова прогнозу прибутків (збитків) за проектом

| Показник | Роки | | | | |
|-----------------------------------|----------|----------|----------|----------|----------|
| | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 |
| 1. Чистий дохід | 480000,0 | 532800,0 | 591408,0 | 656462,9 | 728673,8 |
| 2. Поточні експлуатаційні витрати | 252800,0 | 288192,0 | 328538,9 | 374534,3 | 426969,1 |
| 3. Амортизаційні відрахування | 86909,2 | 68026,2 | 53245,9 | 41677,0 | 32621,7 |
| 4. Виплата відсотків за кредит | 57000,0 | 38000,0 | 19000,0 | 0,0 | 0,0 |
| 5. Прибуток до оподаткування | 83290,8 | 138581,8 | 190623,2 | 240251,5 | 269082,9 |
| 6. Податок на прибуток | 15825,3 | 26330,5 | 36218,4 | 45647,8 | 51125,8 |
| 7. Чистий прибуток | 67465,6 | 112251,3 | 154404,8 | 194603,7 | 217957,2 |

1) Чистий дохід :

- 2019р прогнозується 480000 дол. США і буде зростати на 11% порівняно року, що минув
- за 2020 р становить: $480000 \cdot 1,11 = 532800 \text{ дол.США}$;
- за 2021 р становить: $532800 \cdot 1,11 = 591408 \text{ дол.США}$;
- за 2022р становить: $591408 \cdot 1,11 = 656462,9 \text{ дол.США}$;
- за 2023р становить: $656462,9 \cdot 1,11 = 728673,8 \text{ дол.США}$.

2) Поточні (експлуатаційні) витрати:

- за 2019р складають: $320000 \cdot 0,79 = 252800 \text{ дол.США}$ і будуть зростати на 14% порівняно року, що минув;
- за 2020р складають: $252800 \cdot 1,14 = 288192 \text{ дол.США}$;
- за 2021р складають: $288192 \cdot 1,14 = 328538,9 \text{ дол.США}$;
- за 2022р складають: $328538,9 \cdot 1,14 = 374534,3 \text{ дол.США}$;
- за 2023р складають: $374534,3 \cdot 1,14 = 426969,1 \text{ дол.США}$;

3) Амортизаційні внески:

Амортизація – це поступове перенесення вартості основних засобів у вартість готової продукції або послуги, що надається. Амортизація буде нараховуватися на придбані транспортні засоби.

Амортизація основних засобів нараховується із застосуванням таких методів:

- Прямолінійного
- Зменшення залишкової вартості
- Прискореного зменшення залишкової вартості
- Кумулятивного
- Виробничого

За методом зменшення залишкової вартості річна сума амортизації визначається як добуток залишкової вартості об'єкта на початок звітного року або первісної вартості на дату початку нарахування амортизації та річної норми амортизації.

$$A = B_{з(n)} \cdot PNA$$

Річної норма амортизації у відсотках обчислюється за наступною формулою:

$$PNA = 1 - \sqrt[n]{\frac{B_n}{B_n}}$$

де n - кількість років корисного використання об'єкта амортизації;

B_n - початкова вартість об'єкта амортизації;

B_n - ліквідаційна вартість об'єкта амортизації;

$B_n = 400000 \text{ дол. США}$.

$$B_n = 0,18 \cdot 400000 = 72000 \text{ дол. США}$$

$n = 7$

$$PNA = 1 - \sqrt[7]{\frac{72000}{400000}} = 0,2173$$

- за 2019 р становить: $400000 \cdot 0,2173 = 86909,2 \text{ дол. США}$
 $400000 - 86909,2 = 313090,8 \text{ дол. США}$
- за 2020 р становить: $313090,8 \cdot 0,2173 = 68026,2 \text{ дол. США}$

$$313090,8 - 68026,2 = 245064,6 \text{ дол. США}$$

- за 2021 р становить: $245064,6 \cdot 0,2173 = 53245,9 \text{ дол. США}$

$$245064,6 - 53245,9 = 191818,7 \text{ дол. США}$$

- за 2022 р становить: $191818,7 \cdot 0,2173 = 41677,0 \text{ дол. США}$

$$191818,7 - 41677 = 150141,7 \text{ дол. США}$$

- за 2023 р становить: $150141,7 \cdot 0,2173 = 32621,7 \text{ дол. США}$

$$150141,7 - 32621,7 = 117520 \text{ дол. США}$$

4) Виплата відсотку за кредит:

Оскільки величина кредиту складає 300000 дол. США, а річний відсоток за кредит встановлений на рівні 19% і погашення буде здійснюватись рівними частинами протягом 3-х років, маємо: $300000/3=100000$ (дол.США).

- у 2019р: $300000 \cdot 0,19 = 57000 \text{ дол. США}$;

- у 2020р: $(300000 - 100000) \cdot 0,19 = 38000 \text{ дол. США}$;

- у 2021р: $(200000 - 100000) \cdot 0,19 = 19000 \text{ дол. США}$;

5) Прибуток до оподаткування:

- за 2019р становить: $480000 - 252800 - 86909,2 - 57000 = 83290,8$ (дол. США);

- за 2020р становить: $532800 - 288192 - 68026,2 - 38000 = 138581,8$ (дол. США);

- за 2021р становить: $591408 - 328538,9 - 53245,9 - 19000 = 190623,2$ (дол. США);

- за 2022р становить: $656462,9 - 374534,3 - 41677 = 240251,5$ (дол. США);

- за 2023р становить: $728673,8 - 426969,1 - 32621,7 = 269082,9$ (дол. США).

б) Податок від прибутку становить:

- у 2019р: $83290,8 \cdot 0,19 = 15825,3 \text{ дол. США}$

- у 2020р: $138581,8 \cdot 0,19 = 26330,5 \text{ дол. США}$;

- у 2021р: $190623,2 \cdot 0,19 = 36218,4 \text{ дол. США}$;

- у 2022р: $240251,5 \cdot 0,19 = 45647,8 \text{ дол. США}$;

- у 2023р: $269082,9 \cdot 0,19 = 51125,8 \text{ дол. США}$

7) Чистий прибуток:

- у 2019р: $83290,8 - 15825,3 = 67465,6$ (дол. США);
- у 2020р: $138581,8 - 26330,5 = 112251,3$ (дол. США);
- у 2021р: $190623,2 - 36218,4 = 154404,8$ (дол. США);
- у 2022р: $240251,5 - 45647,8 = 194603,7$ (дол. США);
- у 2023р: $269083,9 - 51125,8 = 217957,2$ (дол. США).

Таблиця 4.2 – Прогноз руху грошових коштів за інвестиційним проектом

| Показник | Роки | | | | | |
|--|------------|------------|------------|------------|-----------|----------|
| | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 |
| I. Операційна діяльність | | | | | | |
| 1. Чистий прибуток | 0,0 | 67465,6 | 112251,3 | 154404,8 | 194603,7 | 217957,2 |
| 2. Амортизаційні нарахування | 0,0 | 86909,2 | 68026,2 | 53245,9 | 41677,0 | 32621,7 |
| 3. Поточні витрати, які не було враховано при визначенні прибутку до оподаткування | 0,0 | 67200,0 | 76608,0 | 87333,1 | 99559,8 | 113498,1 |
| 4. Грошовий потік за операційною діяльністю | 0,0 | 87174,7 | 103669,5 | 120317,6 | 136721,0 | 137080,8 |
| II. Фінансова діяльність | | | | | | |
| 5. Отримання кредиту | 300000,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| 6. Погашення кредиту | 0,0 | 100000,0 | 100000,0 | 100000,0 | 0,0 | 0,0 |
| 7. Грошовий потік за фінансовою діяльністю | 300000,0 | (100000,0) | (100000,0) | (100000,0) | 0,0 | 0,0 |
| III. Інвестиційна діяльність | | | | | | |
| 8. Придбання основних засобів | 405000,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
| 9. Продаж основних засобів | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 117520,0 |
| 10. Приріст оборотного капіталу | 62400,0 | 6864,0 | 7619,0 | 8457,1 | 9387,4 | 0,0 |
| 11. Вивільнення оборотного капіталу | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 94727,6 |
| 12. Грошовий потік за інвестиційною діяльністю | (467400,0) | (6864,0) | (7619,0) | (8457,1) | (9387,4) | 212247,6 |
| 13. Чистий грошовий потік | (167400,0) | (19689,3) | (3949,6) | 11860,5 | 127333,6 | 349328,4 |
| 14. Чистий грошовий потік накопиченим підсумком | (167400,0) | (187089,3) | (191038,8) | (179178,4) | (51844,8) | 297483,6 |

8) Поточні витрати, які не були враховані при визначенні прибутку до оподаткування:

за 2019р складають: $320000 \cdot 0,21 = 67200 \text{ дол. США}$;

за 2020р складають: $67200 \cdot 1,14 = 76608 \text{ дол. США}$;

за 2021р складають: $76608 \cdot 1,14 = 87333,1 \text{ дол. США}$;

за 2022р складають: $87333,1 \cdot 1,14 = 99559,8 \text{ дол. США}$;

за 2023р складають: $99559,8 \cdot 1,14 = 113498,1 \text{ дол. США}$;

9) Грошовий потік за операційною діяльністю:

- у 2019р становить: $67465,6 + 86909,2 - 67200 = 87174,7 \text{дол.США}$;
у 2020р становить: $112251,3 + 68026,2 - 76608 = 103669,5 \text{дол.США}$;
у 2021р становить: $154404,8 + 53245,9 - 87333,1 = 120317,6 \text{дол.США}$;
у 2022р становить: $194603,7 + 41677 - 99559,9 = 136721,0 \text{дол.США}$;
у 2023р становить: $217957,2 + 32621,7 - 113498,1 = 137080,8 \text{дол.США}$.

10) Грошовий потік за фінансовою діяльністю:

- у 2018р становить: $300000 - 0 = 300000 \text{дол.США}$;
у 2019р становить: $0 - 100000 = -100000 \text{дол.США}$;
у 2020р становить: $0 - 100000 = -100000 \text{дол.США}$;
у 2021р становить: $0 - 100000 = -100000 \text{дол.США}$;

11) Придбання основних засобів:

Оскільки вартість автомобілів складає 400000 дол. США, а вартість приміщення і обладнання відповідно 5000 дол. США, маємо: $400000 + 5000 = 405000$ (дол. США).

12) Продаж основних засобів на 2023р становить:

$$400000 - 282480 = 117520 \text{дол.США} .$$

13) Приріст оборотного капіталу:

- у 2018р становить: $(480000 - 0) \cdot 0,13 = 62400 \text{дол.США}$
у 2019р становить: $(532800 - 480000) \cdot 0,13 = 6864 \text{дол.США}$;
у 2020р становить: $(591408 - 532800) \cdot 0,13 = 7619 \text{дол.США}$;
у 2021р становить: $(656462,9 - 591408) \cdot 0,13 = 8457,1 \text{дол.США}$;
у 2022р становить: $(728673,8 - 5656462,9) \cdot 0,13 = 9387,4 \text{дол.США}$;

14) Вивільнення оборотного капіталу у 2023р складає:

$$62400 + 6864 + 7619 + 8457,1 + 9387,4 + 0 = 94727,6 \text{дол.США}$$

15) Грошовий потік за інвестиційною діяльністю:

- у 2018р становить: $-400000 + 0 - 62400 + 0 = -467400 \text{дол.США}$;
у 2019р становить: $-0 + 0 - 6864 + 0 = -6864 \text{дол.США}$;
у 2020р становить: $-0 + 0 - 7619 + 0 = -7619 \text{дол.США}$;

у 2021р становить: $-0 + 0 - 8457,1 + 0 = -8457,1 \text{дол.США}$;

у 2022р становить: $-0 + 0 - 9387,1 + 0 = -9387,4 \text{дол.США}$;

у 2023р становить: $-0 + 117520 - 0 + 94727,6 = 212247,6 \text{дол.США}$;

16) Чистий грошовий потік:

у 2014р становить: $0 + 300000 + (-467400) = -167400 \text{дол.США}$;

у 2019р становить: $87174,7 + (-100000) + (-6864) = -19689,3 \text{дол.США}$;

у 2020р становить: $103669,5 + (-100000) + (-7619) = -3949,6 \text{дол.США}$;

у 2021р становить: $120317,6 + (-100000) + (-8457,1) = 11860,5 \text{дол.США}$;

у 2022р становить: $136721 + 0 + (-9387,4) = 127333,6 \text{дол.США}$;

у 2023р становить: $137080,8 + 0 + 212247,6 = 349328,4 \text{дол.США}$;

17) Чистий грошовий потік накопиченим підсумком:

у 2019р становить: $-167400 - 19689,3 = -187089,3 \text{дол.США}$;

у 2020р становить: $-187089,3 - 3949,6 = -191038,8 \text{дол.США}$;

у 2021р становить: $-191038,8 + 11860,5 = -179178,4 \text{дол.США}$;

у 2022р становить: $-179178,4 + 127333,6 = -51844,8 \text{дол.США}$;

у 2023р становить: $-51844,8 + 349328,4 = 297483,6 \text{дол.США}$;

Отже термін окупності становить:

$$4 + \frac{51844,8}{349328,4} = 4,4 \text{ роки.}$$

РОЗДІЛ 5

ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

В даному розділі розглядаються умови роботи по підвищенню ефективності роботи міського пасажирського транспорту (на прикладі міста Тернопіль).

Енергетичні витрати робітника незначні -до 100 ккал/год.

Освітлення природне бокове та штучне комбіноване.

Обладнання живиться напругою 220 В від однофазної мережі з заземленою нейтраллю.

Використовується природна вентиляція та механічна приточно-витяжна система.

5.1. Аналіз умов праці

На робітників можуть діяти небезпечні та шкідливі виробничі фактори:

- підвищена напруга в електричній мережі;
- підвищена концентрація пилу.

Виробнича санітарія

Показники мікроклімату в виробничих приміщеннях нормуються для теплого та холодного періодів року згідно категорій робіт. Роботи, які виконуються на дільниці відносяться до категорії Пб

Таблиця 5.1. Оптимальні та допустимі норми температури, відносна вологість та швидкість руху повітря в робочій зоні виробничого приміщення.

| Період року | Категорія | Температура, °С | | | Відносна вологість, % | | Швидкість руху повітря, м/хв | |
|-------------|-----------|-----------------|--------------|-------------|-----------------------|-------------------|------------------------------|-------------------|
| | | Оптим. | Допустима | | Оптим. | Допуст. не більше | Оптим. більше | Допуст. не більше |
| | | | Верхня гран. | Нижня гран. | | | | |
| Холод | Пб | 17-19 | 21 | 15 | 40-60 | 75 | 0,3 | 0,4 |
| тепл | Пб | 20-22 | 27 | 16 | 40-60 | 70 | 0,4 | 0,5 |

Інтенсивність теплового опромінення працюючих від нагрітих поверхонь не повинна перевищувати 100 Вт/м^2 при опроміненні не більше 25% поверхні тіла.

Температура повітря коливається в межах $16...18^\circ\text{C}$ в холодний період року та $18...22^\circ\text{C}$ в теплий період року з вологістю 50...70% . Швидкість руху повітря в межах 0,2...0,4 м/с. Теплове опромінення в межах $20...40 \text{ Вт/м}$ при опроміненні не більше 15% поверхні тіла.

Отже, всі показники мікроклімату знаходяться в оптимально-допустимих межах.

Освітлення

Освітлення робочої зони дільниці має наступні параметри:

штучне освітлення: освітленість 150лк;

природне освітлення: освітленість 300 лк.

Таблиця 5.2. Нормування освітленості

| Характер зорової роботи | Найменший розмір об'єкту розрізнення | Розряд зорової роботи | Підрозряд зорової роботи | Контраст об'єкту розрізнення | Характер фону | Штучне, лм | Природне, % |
|-------------------------|--------------------------------------|-----------------------|--------------------------|------------------------------|---------------|------------|-------------|
| | | | | | | Комбіне | Комбіне |
| Високоточн. | Більше 0,15 до 0,3 | 2 | в | Середн. | Середн. | 750 | 2,5 |

Стосовно природного освітлення:

- бічне освітлення;
- географічна широта 48° ;
- орієнтація вікон - на захід.

Так як маємо одностороннє бічне природне освітлення, то мінім значення КЕО нормується в точці, розміщеній на відстані 1 м від стіни, найбільш віддаленої від світлових проїомів, на перетині вертикальної площини характерного перерізу приміщення та умовної робочої поверхні (пола).

Нормоване значення КЕО, e_n для будівлі, що знаходиться в IV поясі світлового клімата, знаходимо по формулі: $e_n^{IV} = e_n^{III} \cdot m \cdot c$,

де $e_n^{III} = 2,5$ для природнього освітлення;

$e_n^{III} = 4,5$ для суміщеного освітлення;

$m=0,9$; $c=0,75$

$e_n^{IV} = 2,5 * 0,9 * 0,75 = 1,6875 = 1,7\%$ $e_n^{IV} = 4,5 * 0,9 * 0,75 = 3,075 = 3,0\%$

Таблиця 5.3 Коефіцієнт світлового клімату та сонячності

| Пояс світлового клімату | Коефіцієнт світлового клімату, m | Коефіцієнт сонячності клімату, C |
|----------------------------|------------------------------------|--|
| | | при світлових пройомах, орієнтовних в боки горизонту (азимут, град) 226.. 315 |
| II б) 50° пш та південніше | 0,9 | 0,75 |

$e_n^{IV} = 0,5 - 0,9 - 0,75 = 0,3375 \sim 0,4\%$

Отже, освітленість робочої зони дільниці відповідає нормам.

Шум

Основним джерелом шуму на дільниці є:

- привод пристрою ;
- процес обробки.

Таблиця 5.4. Допустимі рівні звукового тиску

| Рівні звукового тиску в дБ в октавних смугах з середньо геометричними частотами, Гц | | | | | | | | | рівні звуку і еквівалентні рівнів звуку, дБ(А) |
|---|----|-----|-----|-----|------|------|------|------|--|
| 31,5 | 63 | 125 | 250 | 500 | 1000 | 2000 | 4000 | 8000 | 80 |
| 107 | 95 | 87 | 82 | 78 | 75 | 73 | 71 | 69 | |

Вібрація

На дільниці діє вібрація. Напрямок дії: X_l, Y_l, Z_l . Нормовані значення наведені в таблиці 5.5 для локальної вібрації X_l, Y_l, Z_l - напрямках.

Таблиця 5.5 Рівень вібрації

| Середньо геометрична частота октавних смуг, Гц | Нормативні значення | | | |
|--|---------------------|-----|-----------------|-----|
| | віброприскорення | | віброшвидкість | |
| | m/c^2 | дБ | $m/c * 10^{-2}$ | дБ |
| 8 | 1,4 | 123 | 2,8 | 115 |
| 16 | 1,4 | 123 | 1,4 | 109 |
| 31,5 | 2,7 | 129 | 1,4 | 109 |
| 63 | 5,4 | 136 | 1,4 | 109 |
| 125 | 10,7 | 141 | 1,4 | 109 |
| 250 | 21,3 | 147 | 1,4 | 109 |
| 500 | 42,5 | 153 | 1,4 | 109 |
| 1000 | 85 | 150 | 1,4 | 109 |

Статична електрика

По ступеню електростатичної іскробезпеки об'єкти підрозділяються на три класи: 31, 32, 33.

Приміщення відноситься до класу 33 - об'єкти, в яких виникають статичні електричні розряди, здібні запалити об'єкт міні енергією запалення більше 10 Дж. Електрична іскробезпека об'єкта досягається при виконанні співвідношення:

$$W \leq k \times W_{\min},$$

де W - мах енергія розрядів, що можуть виникнути на поверхні об'єкта, Дж;
 $W = 1,5$ Дж;

k - коефіцієнт безпеки, $k = 0,4$;

W_{\min} - міні енергія запалення речовини та матеріалів; $W_{\min} = 20$ Дж.

$$1,5 \leq 0,4 \times 20 = 8$$

5.2. Техніка безпеки

Розглянемо заходи, що необхідно провести для захисту від небезпечних та шкідливих виробничих факторів.

Розглянемо питання електробезпеки та захисту від ураження електричним струмом. Для цього визначимо клас приміщення по ступеню небезпеки

ураження електричним струмом. Згідно ПУЕ, приміщення відноситься до особливо небезпечних приміщень, що характеризуються наявністю наступних умов, що чинять особливу небезпеку:

- а) струмопровідні поли;
- б) можливість одночасного дотику людини до маючих з'єднання з землею механізмів з одного боку та металевим корпусом електрообладнання з іншого.

В електроустановках змінного струму в мережах з заземленою нейтраллю повинно бути застосоване занулення та повторне заземлення нульового провідника.

5.3 Пожежна безпека

В повітря робочої зони виділяється значна кількість тепла від працюючого обладнання. Тому категорія приміщення по вибухонебезпечності Г.

Визначаємо ступінь вогнестійкості будівлі.

Таблиця 5.6. Ступінь вогнестійкості будівлі

| Категорія будівлі | Допустима кількість поверхів | Ступінь вогнестійкості | Площа поверху в межах пожежного відсіку, м ² будівлі |
|-------------------|------------------------------|------------------------|---|
| | | | одноповерхових |
| Г | 1 | Шб | 20000 |

Таблиця 5.7. Межі вогнестійкості

| Ступінь вогнестійкості | Стіни | | | | Колони | Сходи | Плити, інші несучі конструкції |
|------------------------|--------|------------|-----------------------|------------------|--------|-------|--------------------------------|
| | Несучі | Самонесучі | Зовнішні несучі | Внутрішні несучі | | | |
| II | 2/0 | 1/0 | (0,25..0,5) / (0..40) | 25/0,40 | 2/0 | 1/0 | 0,75/0 |

В дужках наведені границі розповсюдження вогню по вертикальним та похилим ділянкам конструкції.

Нормоване значення площі поверху 20000 м^2 , що значно менше площі ділянки $S_d = 140 \text{ м}^2$.

Таблиця 5.8. Відстань до евако-виходу

| Об'єм приміщення, тис. м^2 | Категорія приміщення | Ступінь вогнестійкості будівлі | Відстань м при щільності людського |
|-------------------------------------|----------------------|--------------------------------|------------------------------------|
| | | | До 1 |
| незалежно від об'єму | Г | ІПБ | 160 |

Визначаємо ширину евакуаційного виходу.

Таблиця 5.9. Ширина евакуаційного виходу

| Категорія приміщення | Ступінь вогнестійкості будівлі | Кількість людей на 1 м ширини евакуаційного виходу, чол. |
|----------------------|--------------------------------|--|
| Г | ІПБ | 180 |

Так як працюють 2 чоловіка, а ширина евакуаційного виходу 3 м, то це відповідає нормам.

Засоби попередження пожеж та пожежегасіння

Для запобігання пожеж проводять слідуючі заходи:

- 1) легкозаймісті матеріали зберігають в окремій кімнаті;
- 2) захист несучих конструкцій та стін спеціальними покриттями;
- 3) проведення інструктажу;
- 4) установка пожежної сигналізації.

В якості засобів пожежегасіння використовуються вуглекислотні вогнегасники, що призначені саме для гасіння пожеж на установках з напругою до 1000 В. Тому використовуються вогнегасники ОУ-8, що закріплюються на стіні.

Розрахункове завдання

Задача: розрахувати віброізоляцію компресора кондиціонера від робочих місць з використанням металевих пружин для забезпечення допустимих параметрів вібрації, **Вихідні дані:**

амплітуда до робочого місця (X_M) - 1,8 мм; віброшвидкість робочого місця (V_M) - 0,038 м/с; тривалість виконання роботи (t) - 480 хв.; маса робочого місця (Q) - 1850 кг; кількість віброізоляторів (n_i) - 4 шт. Рішення. Знаходимо частоту вимушених коливань робочого місця:

$$f = \frac{V_m}{2\pi \cdot X_m} = \frac{0.038 \cdot 10^3}{2 \cdot 3.14 \cdot 1.8} = 8.3 \text{ Гц},$$

Знайдемо діюче віброприскорення:

$$a_m = 4\pi^2 f^2 \cdot X_m = 4 \cdot 3.14^2 \cdot 8.3^2 \cdot 1.8 \cdot 10^{-3} = 5.01 \text{ М/С}^2.$$

Визначаємо середньгеометричну частоту октавних полос f_{c2} , до якої входить частота вимушених коливань f робочого місця. Вирішуємо рівняння:

$$f_{c2} = \sqrt{f_b + f_m}; \quad f_b / f_m = 2.$$

Задаючись частотами f_{c2} близькими до f :

$$f_{c2} = 8 \text{ Гц}; \quad f_b = f_{c2} \cdot \sqrt{2} = 8 \cdot \sqrt{2} = 11.2$$

$$f_m = \frac{f_{c2}}{\sqrt{2}} = \frac{8}{\sqrt{2}} = 5.8 \text{ Гц}.$$

Так як $f_M < f < f_b$, то частота вимушених коливань входить в октаву з середньгеометричною частотою $f_{c2} = 8 \text{ Гц}$.

Проводимо санітарне нормування віброприскорення як переважного параметра, при тривалості впливу вібрації 8 год. (480 хв.) – a_{480}

При нормуванні враховується спосіб передачі на людину, направлення дії. Так як оператор працює в зміну на протязі часу не менше 480 хв., то норма вібраційного навантаження визначається за формулою:

$$a_0 = a_t = a_{480} \cdot \sqrt{\frac{480}{t}} = 0.45 \cdot \sqrt{\frac{480}{480}} = 0.45$$

Визначасмо коефіцієнт передачі КП для розрахункової віброізоляції:

$$КП = \frac{a_0}{a_m} = \frac{0.45}{5.01} = 0.09$$

Визначасмо частоту власних коливань робочого місця оператора:

$$f_0 = \frac{f}{\sqrt{\frac{1}{K\Pi} + 1}} = \frac{8,3}{\sqrt{\frac{1}{0,09} + 1}} = 2,39 \text{ Гц.}$$

Визначаємо статичну деформацію пружини віброізоляторів:

$$X_{ст} = \left(\frac{0,5}{f_0}\right)^2 = \left(\frac{0,5}{2,39}\right)^2 = 0,044 \text{ м}$$

Визначаємо необхідну сумарну жорсткість пружини віброізоляторів:

$$q_c = \frac{Q_t}{X_{ст}} = \frac{7850}{0,044} = 178410 \text{ Н / м}$$

де $Q_t = Q + F = 1850 + 6000 = 7850 \text{ кг}$,

Визначаємо розрахункове навантаження на одну пружину:

$$P_2 = \frac{Q_t}{n_{bi}} = \frac{78500}{4} = 19625 \text{ Н.}$$

Визначаємо зусилля пружини при макс. деформації рз. Навантаження пружини -циклічне, інерційне співбиття витків відсутнє. Приймаємо пружину II класу, 3 розряду.

$$P = \frac{P_2}{1 - \delta}$$

де δ - коефіцієнт, $\delta = 0,2$. Тоді:

$$P_3 = \frac{19625}{1 - 0,2} = \frac{19625}{0,8} = 24530 \text{ Н}$$

Визначаємо критичну швидкість пружини:

$$V = \frac{[\tau] \cdot \delta}{\sqrt{2 \cdot G \cdot \rho}}$$

де $[\tau]$ - допустима крутна напруга, $[\tau] = 9,6 \cdot 10^8 \text{ Н/м}^2$; G - модуль зсуву, для сталі $G = 8 \cdot 10^{10} \text{ Н/м}^2$; ρ - густина матеріалу, $\rho = 8 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$.

$$V = \frac{9,6 \cdot 10^8 \cdot 0,2}{\sqrt{2 \cdot 8 \cdot 10^{10} \cdot 8 \cdot 10^3}} = 6,67 \text{ м/с}$$

Найбільша швидкість переміщення кінцівки пружини при завантаженні і розвантаженні по вимогам не перевищує 0,1 м/с, отже $V_0/V_{кр} < 1$. Розраховуємо діаметр проволочки для виготовлення пружини:

$$d = 1,6 \sqrt{\frac{K \cdot P_3 \cdot c}{\tau}}$$

де c - індекс пружини, що дорівнює відношенню:

$$c = \frac{D_0}{d}$$

Приймаємо c в межах 4... 10, тобто $c = 8$;

K - коефіцієнт, що залежить від форми перетину і кривизни витка пружини.

При малому куті підйому для пружини з круглої проволочки:

$$K = 1 + \frac{1.5}{c} = 1 + \frac{1.5}{8} = 1.19$$

Тоді:

$$d = 1.6 \cdot \sqrt{\frac{1.19 \cdot 24530 \cdot 8}{9.6 \cdot 10^8}} = 0.02495 \text{ м} = 24,95 \text{ мм},$$

Приймаємо $d = 25$ мм. Кількість робочих витків пружини: $n = \frac{G \cdot d^4}{8 \cdot D^3 \cdot q}$,

де q - жорсткість пружини.

$$D_c = c \cdot d = 8 \cdot 25 = 200 \text{ мм} = 200 \cdot 10^{-3} \text{ м}.$$

$$n = \frac{8 \cdot 10^{10} \cdot (25 \cdot 10^{-3})^4}{8 \cdot (200 \cdot 10^{-3})^3 \cdot 25000} = 19.53$$

Приймаємо $n = 20$.

Число опорних витків пружини приймаємо $n_2 = 4$.

Тоді повне число витків:

$$n, = n_1 + n_2 = 20 + 4 = 24.$$

Висота пружини при мах деформації:

$H, = (n_1 + 1 - n_3) \cdot d = (24 + 1 - 1,5) \cdot 25 = 587,5 \text{ мм}$. де n_3 - число зашліфованих витків.

Приймаємо, що защемлена 3/4 витка дуги з кожної сторони. Опорний виток пружини стискання, у якого піджятий цілий виток і зашліфована 3/4 дуги кола.

$$S_k = 0,25 \cdot d = 0,25 \cdot 25 = 6,25 \text{ мм}.$$

Робоча деформація пружини, що відповідає силі пружини P_2 :

$$F_2 = \frac{P_2}{q} = \frac{19625}{25000} = 0.785 \text{ м}$$

Максимальна деформація при стисканні витків:

$$F_3 = \frac{P_3}{q} = \frac{24530}{25000} = 0.981 \text{ м}$$

Висота пружини в вільному стані:

$$H_0 = H_3 + F_3 = 587,5 + 981,2 = 1568,7 \text{ мм.}$$

Жорсткість одного витка пружини:

$$q_1 = q \cdot n = 25000 \cdot 20 = 500000 \text{ Н/м. Найбільший прогин одного витка:}$$

$$f_3 = \frac{P_3}{q_1} = \frac{24530}{500000} = 0.049 \text{ м.}$$

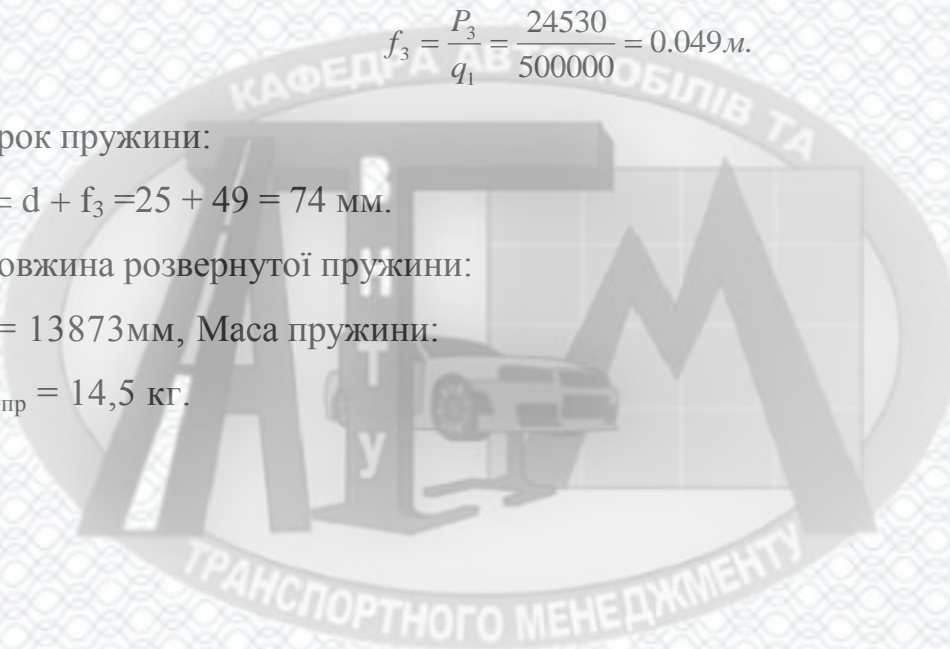
Крок пружини:

$$t = d + f_3 = 25 + 49 = 74 \text{ мм.}$$

Довжина розвернутої пружини:

$$L = 13873 \text{ мм, Маса пружини:}$$

$$m_{\text{пр}} = 14,5 \text{ кг.}$$



ВИСНОВКИ

Для підвищення ефективності використання автобусів при виконанні пасажирських перевезень були оптимізовані пасажиромісткість одиниці транспортного засобу, який застосовано на міських маршрутах перевезень.

У якості критерію оптимальності прийнято мінімум умовної функції Z_2 у вигляді суми витрат, виникаючих при виконанні перевезень і витрат пасажирів від очікування транспортних засобів на зупиночних пунктах за певний період часу.

Також, для забезпечення оптимального наповнення рухомого складу, який відповідає коливанням пасажиропотоків, розрахувати кількість і розподілення рухомого складу за маршрутами, по яким були виконанні дослідження пасажиропотоків (маршрут №16, №5, №6, №14, №18, №8). Потреба у автобусах на цих маршрутах була встановлена за всіма годинами періоду руху.

Підвищити ефективність роботи пасажирської транспортної мережі в міжпіковий період можливо шляхом переходу від інтервальної роботи у години пік на роботу за розкладом у моменти спаду пасажиропотоку. В якості цільової функції визначення моменту зміни форми руху були прийняті сумарні витрати, які містять транспортні витрати від зниження завантаження транспортної мережі, і витрати пасажирів, пов'язані з очікуванням поїздки і витрат перевізника, обумовлених організацією процесу перевезення по різним формам роботи.

У роботі були проведені розрахунки річної економії часу пасажирів за умовами введення автобусів для виконання швидкісних рейсів на маршрутах міста, на яких досліджувались пасажиропотоки.

Таким чином, у дипломній роботі була визначена умова для вибору оптимальної форми організації роботи автобусів на маршрутах. При цьому була забезпечена відповідність перевізних можливостей автобусів попиту, який сформувався на пасажирських маршрутах м. Тернопіль.

Були розглянуті основні вимоги і принципи побудування раціонального формування автобусної маршрутної мережі, виходячи з існуючих пасажиропотоків як за величиною, так і за напрямками.

Розроблено заходи з охорони праці та техніки безпеки, розглянуто питання з безпеки в надзвичайних ситуаціях.



СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Біліченко В.В. Методичні підходи до вибору раціонального варіанту автобусної маршрутної мережі / В.В. Біліченко, О.В. Цимбал, Ю.Г. Обертинський // Всеукраїнська науково-практична інтернет-конференція «Молодь в науці: дослідження, проблеми, перспективи», – Вінниця: ВНТУ, 2020, Режим доступу: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/mn/mn2021/schedConf/presentations>.
2. Анисимов А.П., Юфин В.К. Экономика, организация и планирование работы автомобильного транспорта: Учебник для техникумов автомобильного транспорта, – М.: Транспорт, 1980.
3. Аррак А.О. Развитие и эффективность пассажирских перевозок, -Таллин, 1981.
4. Бакутис В.Э., Овечников Е.В. Городские улицы, дороги и транспорт, -М.: Высшая школа, 1971
5. Блатнов М.Д. Пассажирские автомобильные перевозки, -М.: Транспорт, 1981.
6. Болоненков Г.Б. Комплексные транспортные системы крупных городов, - М.: Знание, 1978.
7. Болоненков Г.Б. Моделирование развития и функционирование систем городского пассажирского транспорта, -Ташкент: Узбекистан, 1983.
8. Брайловский М.О. Моделирование транспортных систем, -М.: Транспорт, 1978.
9. Булычева Н.В., Федоров В.П. Расчет пассажиропотоков и оптимизация маршрутных схем. В кн.: Математические методы в управлении городскими транспортными системами, - Л.: Наука, 1979.
10. Варелопуло Г.А.. Организация движения и перевозок (на городском пассажирском транспорте), -М.: Транспорт, 1981.
11. СН 245-71 Санитарные нормы проектирования промышленных предприятий.
12. СНиП II-89-80 Генеральные планы промышленных предприятий.

13. СНиП 2.08.02-89 Проектирование учебных комплексов и центров.
14. СНиП 2.01.02-85* Противопожарные нормы.
15. СНиП 2.04.01-2000 Внутренний водопровод и канализация зданий.
16. СНиП 2.04.03-2000 Отопление, вентиляция и кондиционирование.
17. СНиП 2.04.04-86 Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха.

Нормы проектирования.

18. ДСанПіН 3.3.2.007-98 Державні санітарні правила і норми роботи з візуальними дисплейними терміналами електронно-обчислювальних машин.
19. ДБН В.2.5.28-2006 Природне і штучне освітлення.
20. ГОСТ 12.0.003-74* ССБТ. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация.
21. ПУЕ. Правила улаштування електроустановок. Розділ 1 Загальні правила. Гл.1.7 Заземлення і захисні заходи електробезпеки. – К.:ОЕП "ГРІФЕ", 2006.– 77с.
22. ДБН В 2.5-13-98 „Інженерне обладнання будинків і споруд. Пожежна автоматика будинків.”
23. ДБН В.2.2-9-99 Державні будівельні норми України.
24. НАПБ А.01.001-2004. Правила пожежної безпеки в Україні.
25. СНиП 2.04.02-84* «Водоснабжение. Наружные сети и сооружения».
26. СНиП 2.01.02-85. Противопожарные нормы проектирования зданий и сооружений.
27. ДБН В.1.1.– 7– 2002 Збірник 7. Захист від пожежі. Пожежна безпека об'єкта.
28. Жидецький В.Ц., Джигирей В.С., Сторожук В.М., Туряб Л.В., Лико Х.В. Практикум з охорони праці. Навчальний посібник / За ред.. В.Ц. Жидецького. – Львів: Афіша, 2000. – 352 с.
29. Щербина Я.Я., Щербина И.Я. Основы противопожарной защиты. – К.: Выща школа, 1985. – 255 с.
30. Глик Ф.Г. Развитие системы пассажирского транспорта в крупных городах, -М.: Стройиздат, 1970.

31. Гмурман В.Е. Теория вероятностей и математическая статистика: Учебное пособие для вузов. – 8-е изд., стер., – М.: Высшая школа, 2002.
32. Гудков В.А., Миротин Л.Б. Технология, организация и управление пассажирскими автомобильными перевозками, – М.: Транспорт, 1997.
33. Дармоян П.А.. Методы прогнозирования пассажирских перевозок, - М.: Транспорт, 1976.
34. Дрю Д.Р. Теория транспортных потоков и управление ими, -М.: Транспорт, 1972.
35. Елизаров В.А.. Автоматизированные системы управления на автомобильном транспорте, - М.: Транспорт, 1983.
36. Ефремов И.С. Городской пассажирский транспорт и АСУ транспорта, - М.: Транспорт, 1985.
37. Ефремов И.С. Теория городских пассажирских перевозок, -М.: Высшая школа, 1980.
38. Заболоцкий Т.А. Методы расчета потока пассажиров и транспорта в городах, -М.: Транспорт, 1968.
39. Зенгбуш М.В. Пассажиропотоки в городах, -М.: Транспорт, 1981.
40. Итоги науки и техники. Сер. Автомобильный и городской транспорт, т.2, 1986.
41. Луканин В.Н., Трофименко Ю.В. Промышленно транспортная экология: учебник для ВУЗов / под редакцией В.Н. Луканина, – М.: Высшая школа, 2001.
42. Марченко В.А. Транспортное обслуживание трудящихся крупных предприятий. М.: Транспорт, 1981.
43. Моделирование пассажиропотока в транспортной системе, -М.: Транспорт, 1981.
44. Островский Н.Б. Пассажирские автомобильные перевозки, -М.: Транспорт, 1986.
45. Поляков А.А. Организация движения на улицах и дорогах, -М.: Транспорт, 1965.



ДОДАТОКИ

ДОДАТОК А

Діаграми потреби у рухомому складі на маршрутах

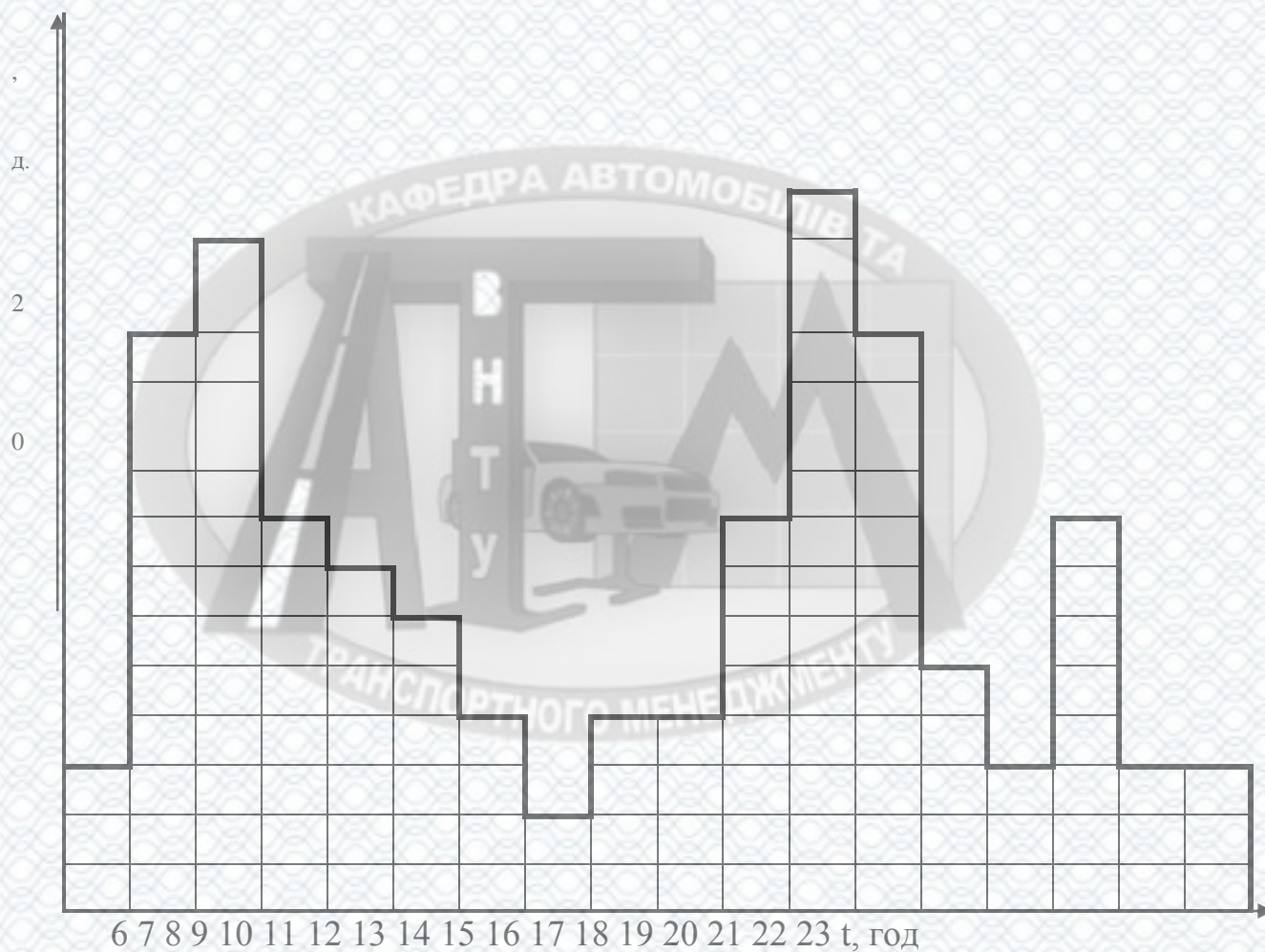


Рисунок А.1 - Діаграма потреби у рухомому складі на маршруті №16

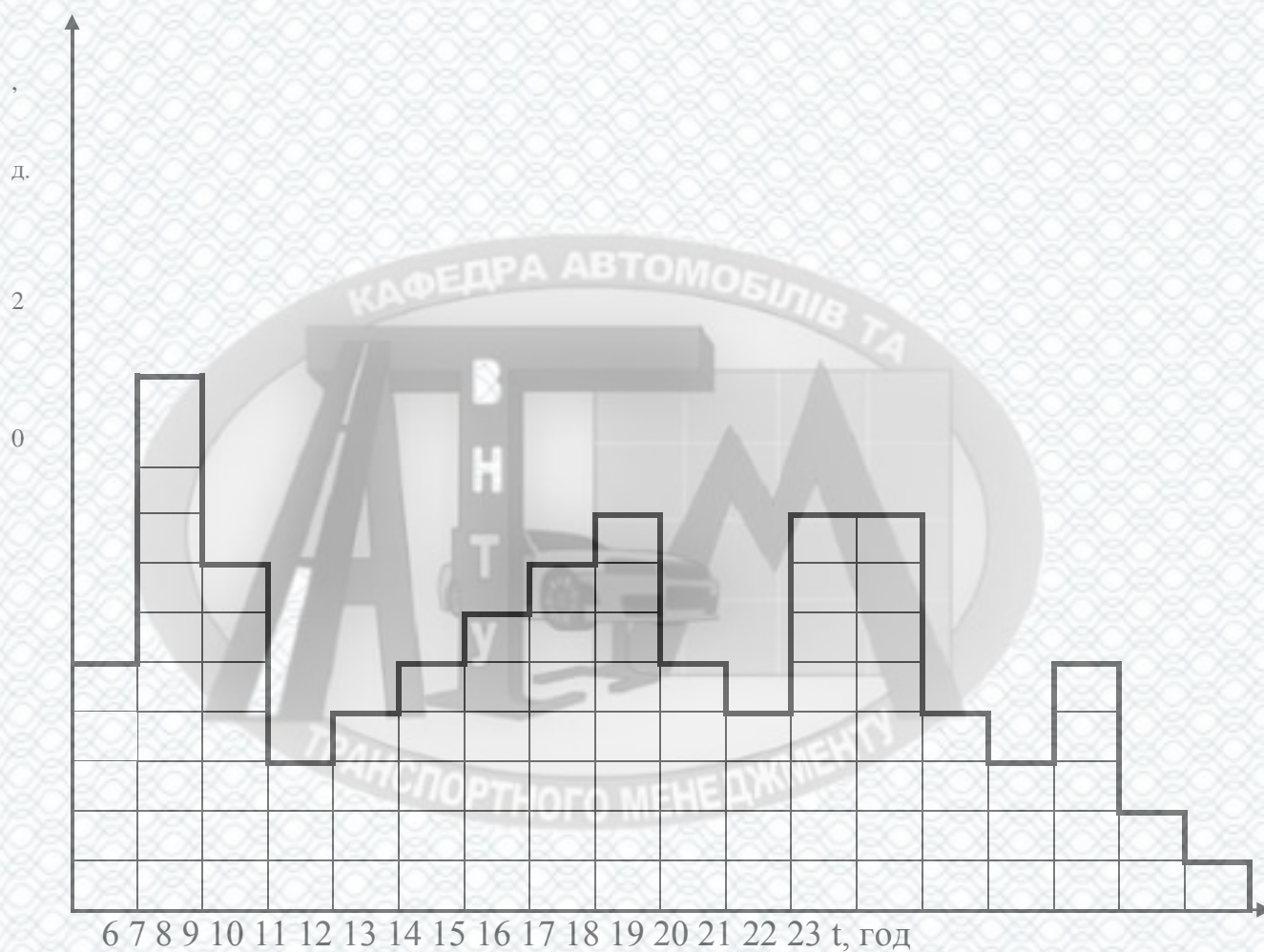


Рисунок А.2 – Діаграма потреби у рухомому складі на маршруті №5

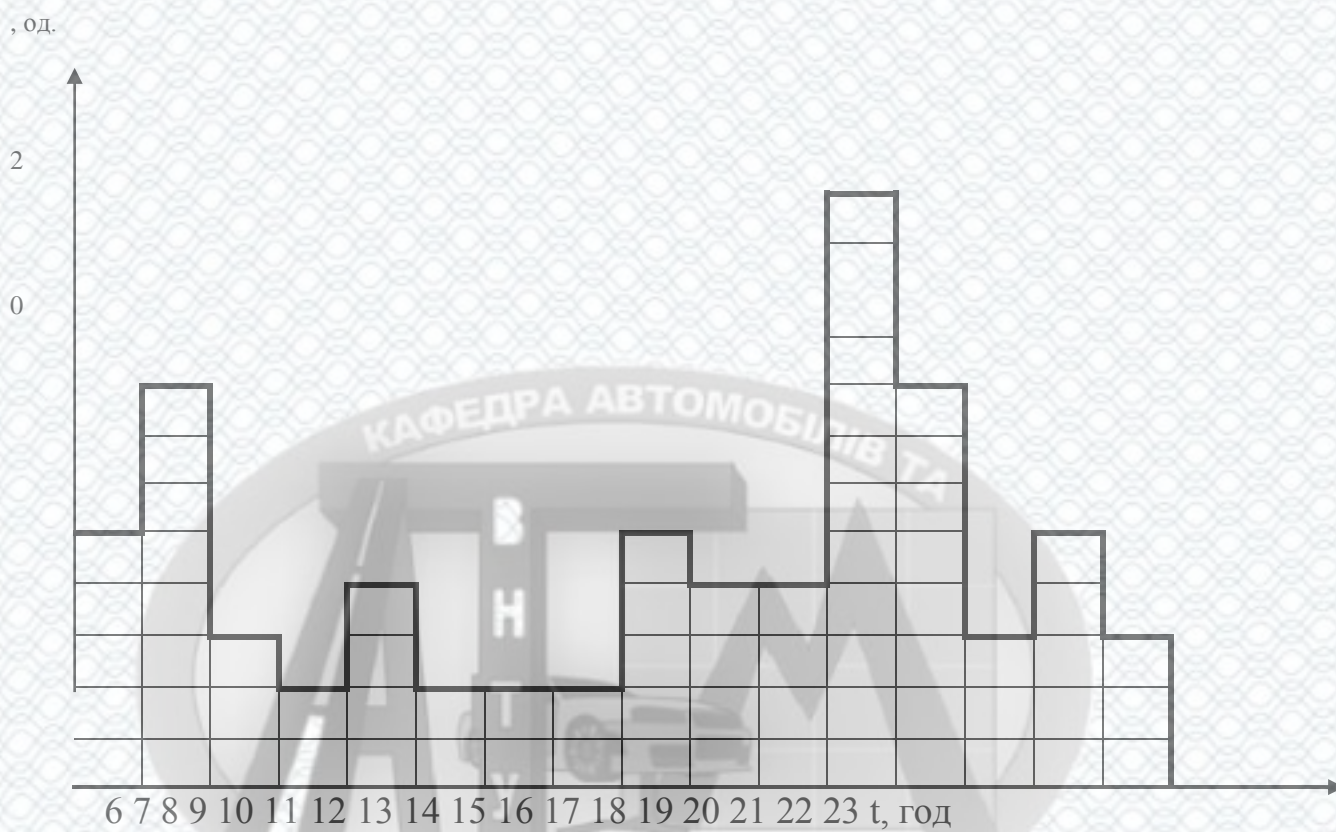


Рисунок А.3 - Діаграма потреби у рухомому складі на маршруті №6



Рисунок А.4 – Діаграма потреби у рухомому складі на маршруті №14

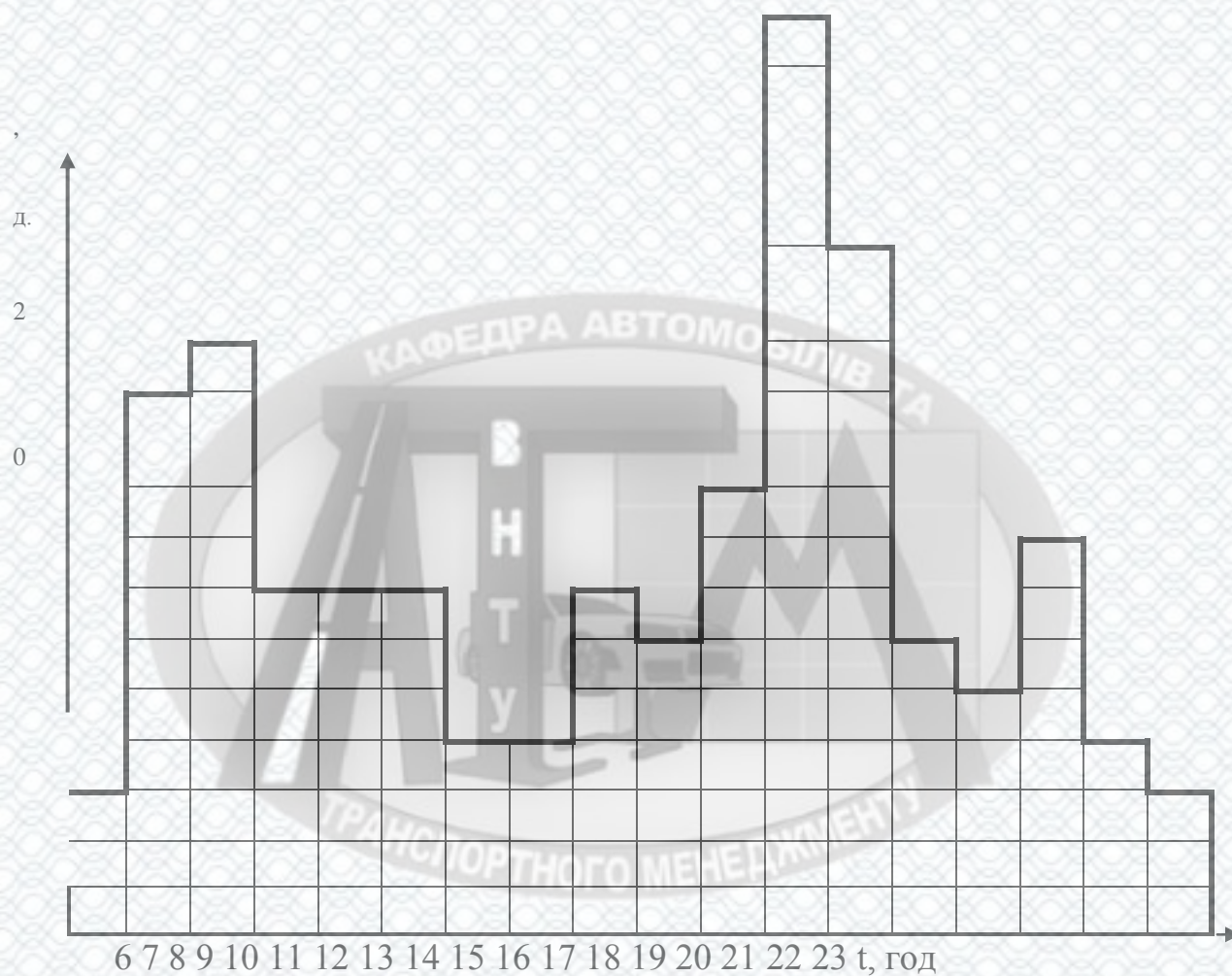


Рисунок А.5 – Діаграма потреби у рухомому складі на маршруті №18



Рисунок А.6 - Діаграма потреби у рухомому складі на маршруті №8