

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Машинобудівний інститут, транспортний факультет
(повне найменування інституту, назва факультету)

Кафедра транспортних технологій
(повна назва кафедри)

Пояснювальна записка

до дипломного проекту (роботи)

магістра
(ступінь вищої освіти (освітній ступінь))

на тему

МОДЕЛЮВАННЯ ПАСАЖИРОПОТОКІВ ТА ОПТИМАЛЬНЕ
РЕЗЕРВУВАННЯ РУХОМОГО СКЛАДУ ПАСАЖИРСЬКОГО
АВТОТРАНСПОРТНОГО ПІДПРИЄМСТВА

Виконав: студент II курсу, групи Т-313м
спеціальності (напряму підготовки)

275 «Транспортні технології

(на автомобільному транспорті)»

(код і назва напряму підготовки, спеціальності)

Арсененко М.В.

(прізвище та ініціали)

Керівник

Кузькін О.Ф.

(прізвище та ініціали)

Рецензент

Артюх О.М.

(прізвище та ініціали)

м. Запоріжжя
2018 рік

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Запорізький національний технічний університет
 (повне найменування вищого навчального закладу)

Інститут, факультет машинобудівний інститут, транспортний факультет
 Кафедра транспортних технологій
 Ступінь вищої освіти (освітній ступінь) магістр
 Спеціальність 275 «Транспортні технології (на автомобільному транспорті)»
 (код і назва)
 Напрямок підготовки 27 «Транспорт»
 (код і назва)

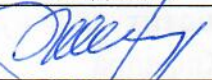
ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри
 транспортних технологій
проф. С.М. Турпак
23 11 2018 року

З А В Д А Н Н Я
НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЕКТ (РОБОТУ) СТУДЕНТУ

- Арсененко Микита Валентинович
 (прізвище, ім'я, по батькові)
1. Тема проекту (роботи) Моделювання пасажиропотоків та оптимальне резервування рухомого складу пасажирського автотранспортного підприємства
- керівник проекту (роботи) Кузьмич О.Ф., к.т.н. доцент
 (прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)
- затверджені наказом вищого навчального закладу від 23 11 2018 року № 361
2. Строк подання студентом проекту (роботи) 03.12.2018р.
3. Вихідні дані до проекту (роботи) існуюча маршрутна система громадського транспорту м. Запоріжжя; статистичні дані про кіль-ть мешканців; існуючі техніко-економічні показники роботи міського транспорту
4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) 1. Аналіз методів розрахунку кількісної та якісної структури парку рухомого складу пасажирського автотранспортного підприємства. Характеристика та умови виконання парку пасажирського рухомого складу ТОВ «АЛФА-ТРАНС»; розрахунок кількісного складу парку автобусів; економічне обґрунтування рішень; охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях
5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)
Моделювання пасажиропотоків та оптимальне резервування рухомого складу пасажирського автотранспортного підприємства; аналіз пасажиропотоків на міському автобусному маршруті №2; модель зміни пасажиропотоків; аналіз існуючих способів перевезень пасажирів на міст. міському маршрутах; моделювання станів парку рухомого складу малої місткості; моделювання станів складу середньої місткості; моделювання станів парку рух. складу великої місткості; техніко-економічні показники

6. Консультанти розділів проекту (роботи)

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	прийняв виконане завдання
Аналітична частина	Кузькін О.Ф.		
Основна частина	Кузькін О.Ф.		
Економічна частина	Харченко Т.В., ст. викл.		
Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях	Лазуткін М.І., доц.		

7. Дата видачі завдання 03.09.2018 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

[illegible]

Студент

(підпис)

Керівник проекту (роботи)

(підпис)

Арсененко М.В..
(прізвище та ініціали)

(прізвище та ініціали)

(прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Магістерська робота: 79 с., 17 рис., 41 табл., 14 джерел.

Об'єкт дослідження — парк автомобільного пасажирського рухомого складу автотранспортного підприємства ТОВ «Альфа-Транс».

Мета дослідження — оптимальне управління кількісним складом парку рухомого складу з врахуванням виходів автобусів з ладу шляхом впровадження ненавантаженого резервування.

Методи дослідження — аналітичні, імовірісно-статистичні, теорія марківських випадкових процесів, методи прогнозування, методи гармонічного аналізу.

У магістерській роботі виконано моделювання пасажиропотоків за допомогою методів гармонічного аналізу на міських та приміських маршрутах, що обслуговуються автотранспортним підприємством ТОВ «Альфа-Транс». На підставі модельованих значень пасажиропотоків проведений аналіз станів парків рухомого складу за пасажиромісткістю і розрахована номінальна кількість автобусів на маршрутах. Виконано моделювання форм використання автобусів методами теорії марківських випадкових процесів і обґрунтовано необхідну кількість резервного рухомого складу. Здійснено економічне обґрунтування запропонованих проектних рішень.

ПАРК РУХОМОГО СКЛАДУ, ПАСАЖИРОПОТІК, ФОРМИ ВИКОРИСТАННЯ АВТОБУСІВ, ОПТИМАЛЬНЕ РЕЗЕРВУВАННЯ РУХОМОГО СКЛАДУ, ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНІ ПОКАЗНИКИ

ЗМІСТ

ЗАВДАННЯ НА МАГІСТЕРСЬКУ РОБОТУ	2
РЕФЕРАТ	4
ВСТУП.....	7
1 АНАЛІЗ МЕТОДІВ РОЗРАХУНКУ КІЛЬКІСНОЇ ТА ЯКІСНОЇ СТРУКТУРИ ПАРКУ РУХОМОГО СКЛАДУ ПАСАЖИРСЬКОГО АВТОТРАНСПОРТНОГО ПІДПРИЄМСТВА.....	8
1.1 Форми використання автобусів за видами перевезень	8
1.2 Методи розрахунку необхідної кількості та типів рухомого складу на маршрутах міських перевезень.....	11
1.3 Методи розрахунку необхідної кількості та типів рухомого складу на маршрутах приміських та міжміських перевезень	14
1.4 Визначення оптимальної кількості резервних автобусів з урахуванням дії випадкових факторів	16
1.5 Висновки та постановка задач дослідження.....	21
2 ХАРАКТЕРИСТИКА ТА УМОВИ ВИКОРИСТАННЯ ПАРКУ ПАСАЖИРСЬКОГО РУХОМОГО СКЛАДУ ТОВ «АЛЬФА- ТРАНС»	23
2.1 Загальна характеристика підприємства	23
2.2 Маршрути перевезень пасажирів та їх характеристика	24
2.3 Характеристика рухомого складу	25
2.4 Постановка задач роботи.....	32
3 РОЗРАХУНОК КІЛЬКІСНОГО СКЛАДУ ПАРКУ АВТОБУСІВ..	33
3.1 Розрахунок і моделювання пасажиропотоків на маршрутах	33
3.1.1 Аналіз і моделювання пасажиропотоку на маршруті №62.....	33
3.1.2 Аналіз і моделювання пасажиропотоку на приміських маршрутах	39
3.2 Моделювання станів парку автобусів підприємства	43
3.2.1 Опис стану парку рухомого складу за допомогою апарату теорії марківських випадкових процесів	43
3.2.2 Парк рухомого складу особливо малої місткості.....	46
3.2.3 Парк рухомого складу малої місткості.....	50
3.2.4 Парк рухомого складу середньої місткості	54
4 ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ РІШЕНЬ.....	58
4.1 Розрахунок собівартості перевезень.....	58
4.2 Розрахунок експлуатаційних витрат, доходів, прибутку та рентабельності перевезень за існуючим варіантом.....	64
4.3 Додаткові капітальні вкладення	66

4.4 Розрахунок витрат і доходів за пропонованим варіантом	66
4.5 Розрахунок чистої поточної вартості проекту	66
5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА У НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ	68
5.1 Аналіз потенційних небезпек	68
5.2 Заходи по забезпеченню безпеки.....	69
5.3 Заходи по забезпеченню виробничої санітарії та гігієни праці.....	72
5.4 Заходи з пожежної безпеки.....	74
5.5 Дії виробничого персоналу у надзвичайних ситуаціях	75
ВИСНОВКИ	77
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ	78

ВСТУП

Важко уявити сучасне життя без пасажирського автомобільного транспорту. Останній виконує важливу функцію у суспільстві, забезпечуючи мобільність людини. Мобільність є однією з найважливіших свобод людини у сучасному динамічному світі. Автомобілі та автобуси дозволяють змінювати положення людини у просторі згідно його побажань. Через те, що не кожна людина з різних міркувань (фізичних, економічних, особистісних) не може дозволити собі використання власного автомобіля, масовий пасажирський автомобільний транспорт загального користування є об'єктивною необхідністю, існування якої диктується потребами мешканців країни.

Основними вимогами до масового пасажирського транспорту загального користування є швидкість, надійність, доступна вартість і безпека перевезень. Всі ці функції виконують спеціалізовані автотранспортні підприємства різних форм власності, які надають послуги з перевезень пасажирів і багажу на маршрутах регулярних і нерегулярних перевезень.

Надійність перевезень визначається, у першу чергу, здатністю парку рухомого складу автотранспортного підприємства, забезпечити роботу його на маршруті у кількості, яка задовольняє попит на перевезення з дотриманням вимог щодо якості перевезень. Оскільки будь-який автобус є технічним пристроєм і здатний виходити з ладу у випадкові моменти часу важливою є задача визначення оптимальної кількості рухомого складу з урахуванням можливості його застосування на одному чи декількох маршрутах.

У даній магістерській роботі розглянуті питання оптимального використання парку власного парку автомобільних пасажирських транспортних засобів підприємства ТОВ «Альфа-Транс» (м. Запоріжжя). Ключовими моментами роботи є опис і прогнозування стану парку транспортних засобів з використанням методів випадкових процесів, а підставі якого визначається оптимальна кількість резервного рухомого складу. Це, у свою чергу, підвищує надійність і регулярність перевезень, а також збільшує прибуток підприємства від надання послуг з перевезення пасажирів на маршрутах.

1 АНАЛІЗ МЕТОДІВ РОЗРАХУНКУ КІЛЬКІСНОЇ ТА ЯКІСНОЇ СТРУКТУРИ ПАРКУ РУХОМОГО СКЛАДУ ПАСАЖИРСЬКОГО АВТОТРАНСПОРТНОГО ПІДПРИЄМСТВА

1.1 Форми використання автобусів за видами перевезень

Парк рухомого складу будь-якого пасажирського автотранспортного підприємства визначається у відповідності до мети його основної господарської діяльності призначений для надання транспортних послуг пасажирам на всіх видах перевезень (регулярних і нерегулярних, міських, приміських, міжміських) з встановленим рівнем якості.

Сфери використання автобусів за видами сполучень та режимами руху встановлені Наказом міністерства транспорту і зв'язку України №285 від 12.04.2007 року «Про затвердження порядку визначення класу комфортності автобусів, сфери їхнього використання за видами сполучень і режимами руху». Класифікація автобусів за комфортністю є добровільною процедурою для виробників автобусів та автомобільних перевізників, які використовують автобуси для перевезення пасажирів, а вимоги щодо сфери використання автобусів за видами сполучень та режимами руху є обов'язковими при організації пасажирських перевезень на автобусних маршрутах загального користування.

Основною ознакою використання автобусів за режимами руху і видами сполучень є конструкція автобуса та його комфортність для пасажирів. Класифікація автобусів за конструкцією виконується на підставі Женевської угоди 1958 року та Правил ЄЕК ООН, що до неї додаються.

Автобуси за максимальною масою поділяються на дві категорії:

а) категорія М2 — автобуси, які призначені для перевезення пасажирів і мають більше ніж 8 місць, не враховуючи місце водія і максимальну масу не більше 5 тонн;

б) категорія М3 — автобуси, які призначені для перевезення пасажирів і мають більше ніж 8 місць, не враховуючи місце водія і максимальну масу більше 5 тонн.

Автобуси місткістю не більше 22 пасажирів, не включаючи водія, поділяються, у свою чергу, на два класи:

а) клас А — автобуси, які призначені для перевезення пасажирів сидячи та мають місця для пасажирів, що перевозяться стоячи;

б) клас В — автобуси, призначені для перевезення виключно стоячих пасажирів.

Автобуси місткістю понад 22 пасажирів, не рахуючи водія, поділяються на три класи:

а) клас I — автобуси, призначені для перевезення сидячих і стоячих пасажирів, конструкція яких дає можливість пасажирам безперешкодно пересуватися по салону;

б) клас II — автобуси, призначені для перевезення головним чином сидячих пасажирів а також стоячих пасажирів у проході проміж рядами та (або) на площадці для стоячих пасажирів, розмір якої не перевищує $1,5 \text{ м}^2$;

в) клас III — автобуси, призначені для перевезення виключно сидячих пасажирів.

Сфера використання автобусів різних класів та категорій за видами сполучень та протяжністю маршрутів визначається з урахуванням особливостей конструкції автобусів щодо безпечності та комфортності перевезення пасажирів і багажу і забезпечення належних умов поїздки наведена у таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 — Сфера використання автобусів за видами сполучень

Категорія	Клас	Маршрути за видами сполучень та видами перевезень				
		міські	приміські	міжміські		міжнародні
				протяжністю до 150 км	протяжністю понад 150 км	
М2	A	+	+	+	—	—
	B	+	+	+	—	—
М3	A	+	+	+	—	—
	B	+	+	+	+	+
М3	I	+	+	—	—	—
	II	+	+	+	+	+
	III	+	+	+	+	+

Види і режими перевезень пасажирів автобусами регламентуються Постановою Кабінету Міністрів України №176 від 18.02.1997 р. «Про затвердження Правил надання послуг пасажирського автомобільного транспорту». Згідно цієї постанови, перевезення пасажирів автобусами можуть бути *регулярними, регулярними спеціальними та нерегулярними*. Тлумачення відповідних видів перевезень подано у Законі України «Про автомобільний транспорт»:

– *регулярні пасажирські перевезення* — перевезення пасажирів на автобусному маршруті загального користування за умовами, визначеними паспортом маршруту, затвердженим в установленому порядку органами виконавчої влади та органами місцевого самоврядування або уповноваженими органами Договірних Сторін у разі міжнародних перевезень;

– *регулярні спеціальні пасажирські перевезення* — перевезення певних категорій пасажирів (працівників підприємств, школярів, студентів, туристів, екскурсантів та інших), на автобусному маршруті за умовами, визначеними паспортом маршруту, затвердженим в установленому порядку замовником транспортних послуг або уповноваженими органами Договірних Сторін у разі міжнародних перевезень;

– *нерегулярні пасажирські перевезення* — перевезення пасажирів автобусом, замовленим юридичною або фізичною особою, з укладаннями письмового договору на кожну послугу, в якому визначають маршрут руху, дату та час перевезень, інші умови перевезень та форму оплати послуги або перевезення за власний кошт.

Тим же законодавчим актом встановлені режими руху автобусів на маршрутах:

– *звичайний режим руху* передбачає рух автобуса на маршруті загального користування з дотриманням всіх зупинок, передбачених розкладом руху;

– *експресний режим руху* передбачає рух автобуса на маршруті загального користування, на якому є звичайний режим руху, з дотриманням зупинок, кількість яких за розкладом руху не перевищує 25% кількості зупинок у звичайному режимі руху;

– *режим маршрутного таксі* передбачає рух автобуса на міському чи приміському маршруті згідно з розкладом руху, в якому визначається час відправлення автобусів з початкового і кінцевого пунктів маршруту з висадкою і посадкою пасажирів чи громадян на їхню вимогу на шляху прямування у місцях, де це не заборонено правилами дорожнього руху.

Режими руху автобусів, які можуть застосовуватись на міських маршрутах, визначаються з урахуванням можливості забезпечувати виконання затвердженого розкладу руху, не створення перешкод руху для інших транспортних засобів та створення максимально сприятливих умов для пасажирів і наведені у таблиці 1.2.

Як показує досвід пасажирських автотранспортних підприємств, доцільним є закріплення кожного автобуса парку за певним видом перевезень. Це спрощує організацію роботи водіїв автобуса, підтримання його

у належному стані у відповідності до вимог нормативних актів для виконання визначеного виду перевезень. Доцільним є також закріплення автобусів за певним маршрутом у разі виконання регулярних перевезень, оскільки це дає змогу пасажирському автотранспортному підприємству більш раціонально планувати використання парку автобусів та плановий технічний огляд і ремонт.

Таблиця 1.2 — Режими руху автобусів, які можуть застосовуватись на міських маршрутах

Клас автобуса	Дозволений режим руху
А	звичайний, експресний, маршрутне таксі
В	звичайний, експресний, маршрутне таксі
І	звичайний
ІІ	звичайний, експресний
ІІІ	звичайний, експресний

1.2 Методи розрахунку необхідної кількості та типів рухомого складу на маршрутах міських перевезень

Пасажирське автотранспортне підприємство виконує перевезення зазвичай на декількох міських маршрутах. На кожному з маршрутів можуть використовуватись автобуси різної місткості в залежності від величини пасажиропотоку. На одному й тому ж маршруті, в залежності від розподілу пасажиропотоку по періодах доби, можуть використовуватись автобуси різної місткості. Вибір необхідної місткості автобусів для підвищення якості обслуговування пасажирів, більш раціонального і ефективного використання автобусів, впливає як на якість перевезень, так і їх собівартість [1]. При виборі місткості автобусів на міських маршрутах враховують низку показників, серед яких: нерівномірність пасажиропотоків за напрямками маршруту, максимальний і мінімальний інтервали руху на маршруті, пропускну спроможність ділянок вулично-дорожньої мережі та зупиночних пунктів.

Основним критерієм для вибору раціональної місткості автобусів є *інтервал руху* на маршруті, який визначається за формулою

$$I = \frac{T_{об}}{A_m}, \quad (1.1)$$

де $T_{об}$ — тривалість обороту автобуса на маршруті, *хв.*;
 A_m — кількість автобусів, які обслуговують маршрут.
 Інтервал руху I є величиною, оберненою до частоти руху h

$$I = \frac{60}{h}. \quad (1.2)$$

Частоту руху вимірюють кількістю відправлень на годину у одному напрямку маршруту. Вона визначається потужністю пасажиропотоку та місткістю автобуса і розраховується за формулою

$$h = \frac{60A_m}{T_{об}}. \quad (1.3)$$

По загальній частоті руху автобусів на мережі визначають мережевий інтервал руху за формулою

$$I_m = \frac{60}{\sum_{i=1}^n \frac{60}{I_i}}, \quad (1.4)$$

де n — кількість маршрутів на маршрутній мережі;
 I_i — інтервал руху на i -му маршруті, *хв.*

В кожному окремому випадку інтервал руху визначається характером розподілу потужності пасажиропотоку на маршруті. Необхідну по умовам перевезень частоту руху автобусів визначають діленням потужності пасажиропотоку на допустиме наповнення автобуса

$$h = \frac{Q_{\max}}{q_n}, \quad (1.5)$$

де $Q_{\max}$ — годинна потужність пасажиропотоку на маршруті, ін-
 акше кажучи, годинний пасажиропотік на максимально завантаженому
 перегоні маршруту у одному напрямі, *пас/год*;

q_n — номінальна пасажиромісткість автобуса, *пас.*

Виходячи з цього, інтервал руху на маршруті залежить від потужності пасажиропотоку на маршруті і пасажиромісткості автобуса

$$I = \frac{60q_n}{Q_{\max}}. \quad (1.6)$$

Як показує практика організації перевезень пасажирів у містах, найбільшим значенням інтервалу руху, при якому у пасажирів не виникає необхідності у знанні розкладу руху, є $I_{\max} = 10 \dots 20$ хвилин. Таким чином,

необхідна місткість автобусів у граничному випадку забезпечення максимального допустимого інтервалу може бути розрахована за формулою

$$q_{\text{н}}^{\text{max}} = \frac{IQ_{\text{max}}}{60} = \frac{20 \cdot Q_{\text{max}}}{60} = \frac{Q_{\text{max}}}{3}. \quad (1.7)$$

Таким чином, на підставі потужності пасажиропотоку на маршруті можна визначити максимальну граничну місткість рухомого складу. Очевидно, зі зменшенням пасажиромісткості використовуваних автобусів, розрахунковий інтервал руху буде зменшуватись, що підвищує якість надання транспортних послуг на маршруті.

Після визначення максимально можливої пасажиромісткості рухомого складу з ряду наявних (або можливих) для використання для перевезень автобусів вибирається, бажано, однотипний рухомий склад. Кількість рухомого складу повинна бути достатньою для освоєння пасажиропотоку на маршруті, який визначається за величиною його потужності.

Якщо визначена пасажиромісткість рухомого складу для роботи на маршруті $q_{\text{н}}$, потрібна кількість автобусів розраховується за формулою

$$A = \frac{Q_{\text{max}} t_{\text{об}} k_t k_{\text{д}}}{q_{\text{н}} \gamma_{\text{н}}}, \quad (1.8)$$

де $t_{\text{об}}$ — тривалість обороту автобуса на маршруті, год;

k_t — коефіцієнт внутрішнього динної нерівномірності пасажиропотоку на маршруті. Визначається безпосереднім заміром інтенсивності пасажиропотоку, наприклад, за кожні 10 хвилин години. За відсутності фактичних даних рекомендується приймати $k_t = 1,1$;

$k_{\text{д}}$ — коефіцієнт дефіциту рухомого складу у даному автотранспортному підприємстві. Визначається як відношення кількості автобусів, які фактично можуть вийти на маршрут до спискової кількості автобусів даного підприємства, які відповідають вимогам для роботи на маршруті;

$\gamma_{\text{н}}$ — розрахунковий коефіцієнт використання пасажиромісткості рухомого складу.

У свою чергу, тривалість обороту автобуса на маршруті визначається за формулою

$$t_{\text{об}} = \frac{2l_{\text{м}}}{v_{\text{т}}} + 2nt_{\text{з}} + t_{\text{к}}, \quad (1.9)$$

де $l_{\text{м}}$ — довжина маршруту, км;

$v_{\text{т}}$ — технічна швидкість руху автобусів на маршруті, яка визначається з урахування витрат часу на зупинки, пов'язані з організацією дорожнього руху, км/год;

n — кількість зупинок на маршруті. Визначається як сума кількості зупинок в прямому і зворотному напрямі;

t_3 — середня тривалість простою автобуса на зупинці для здійснення пасажирообміну (посадка і висадка пасажирів), год;

t_k — середня тривалість простою автобусів на кінцевих зупинках маршруту за оборот, год.

Таким чином, фактична кількість рухомого складу, яка необхідна для обслуговування міського маршруту, визначається в залежності від таких основних показників:

- а) довжини маршруту і кількості зупинок на ньому;
- б) тривалості простою автобусів на проміжних і кінцевих зупинках;
- в) технічної швидкості руху автобусів на вулично-дорожній мережі, на якій прокладено трасу маршруту;
- г) номінальної місткості і коефіцієнту наповнення рухомого складу, який використовується на маршруті;
- д) пасажиропотоку на найбільш завантаженому перегоні маршруту і коефіцієнта його нерівномірності;
- е) коефіцієнту дефіциту рухомого складу у автотранспортному підприємстві.

Зауважимо, що серед цих показників є як керовані, так і некеровані. Наприклад, якщо довжина маршруту і кількість зупинок на ньому є величинами відомими (або змінюваними за необхідності), коефіцієнти використання пасажиромісткості, дефіциту та нерівномірності пасажиропотоку визначаються з урахуванням випадкових некерованих чи слабокерованих чинників. Особливістю цих факторів є те, що вони не можуть бути обчислені до початку обслуговування маршруту, між тим необхідна номінальна кількість автобусів встановлюється саме до відкриття маршруту.

1.3 Методи розрахунку необхідної кількості та типів рухомого складу на маршрутах приміських та міжміських перевезень

До приміських автобусних маршрутів загального користування належать такі, що з'єднують населені пункти та мають довжину, яка не перевищує 50 км.

Приміські маршрути поділяються на *чотири* групи:

група 1: приміські маршрути зі сталими пасажиропотоками та режимами роботи рухомого складу, наближеними до міських маршрутів.

Такі маршрути мають довжину перегонів 0,7–0,9 км і інтервал руху 15–20 хвилин;

група 2: приміські маршрути, які обслуговують переважно сільське населення. На цих маршрутах здійснюються переважно культурно-побутові поїздки, а зупинки розташовані у означених населених пунктах. Найбільше завантаження на маршруті спостерігається у вихідні та святкові дні;

група 3: приміські маршрути, які з'єднують місто з аеропортами, розташованими, як правило, у приміській зоні. На таких маршрутах доцільно встановлення швидкісних та експресних режимів руху та забезпечення їх автобусами підвищеної комфортності (у тому числі для комфортного перевезення багажу пасажирів авіаційного транспорту);

група 4: приміські маршрути, створені для обслуговування працівників промислових підприємств і будівельних організацій. Їх основне призначення — перевезення робітників до промислових об'єктів та у зворотному напрямі.

Для визначення необхідної кількості рухомого складу на приміському маршруті необхідно більш ретельне обстеження пасажирських потоків, яке доцільно проводити *талонним* методом. Це дає можливість більш точно розрахувати величину середньої дальності поїздки пасажира на маршруті і, таким чином, встановити більш обґрунтовану величину тарифу на проїзд, особливо при використанні зональної форми оплати проїзду. Тип автобусів на приміському маршруті визначається з урахуванням вимог до їх комфортності і конструкції, а необхідна кількість автобусів на приміському маршруті — в залежності від обсягу пасажироперевезень і їх нерівномірності у часі за формулою

$$A = \frac{Q_p l_{\text{сер}} \eta_p \eta_m \alpha_T}{365 \bar{q}_n \alpha_v \gamma_c v_e T_n \beta}, \quad (1.10)$$

де Q_p — обсяг перевезень пасажирів на маршруті за рік, *пас.*;

$l_{\text{сер}}$ — середня дальність поїздки пасажира, *км*;

η_p — коефіцієнт добової нерівномірності пасажиропотоку;

η_m — коефіцієнт місячної нерівномірності пасажиропотоку;

α_T — коефіцієнт технічної готовності парку рухомого складу автотранспортного підприємства;

$\bar{q}_n$ — середньозважена номінальна місткість автобусів, які використовуються на маршруті, *пас.*;

α_v — коефіцієнт випуску автобусів на лінію;

v_e — експлуатаційна швидкість на маршруті, *км/год*;

T_n — середньодобовий час перебування автобуса у наряді, *год.*;

β — коефіцієнт використання пробігу.

Міжміські маршрути можуть бути постійними і тимчасовими. В залежності від величини та розподілу пасажиропотоків на маршруті автобуси можуть працювати у звичайному, швидкісному та експресному режимах руху.

Швидкісним режимом руху у міжміському сполученні вважається такий, який забезпечує швидкість сполучення не менш ніж 50 км/год . Експресним режимом вважається режим, за якого забезпечується швидкість сполучення не менш ніж 55 км/год та відсутні зупинки на проміжних пунктах маршруту. Для ефективної організації роботи автобусів на маршруті, визначення їх типу та необхідної кількості необхідно знати величини та розподіл пасажиропотоків, а також кореспонденції пасажирів.

Міжміські перевезення характеризуються значною нерівномірністю по сезонах року — кварталних, місячних. Коефіцієнт квартальної нерівномірності для умов України сягає $1,15\text{--}1,20$ [1]. Ще більшою ніж по кварталах є нерівномірність по місяцях року. Максимальний обсяг перевезень здійснюється у серпні, а мінімальний — у лютому. Коефіцієнт місячної нерівномірності знаходиться у межах $1,45\text{--}1,6$.

Вибір типу рухомого складу на міжміському маршруті виконують на підставі аналізу розподілу пасажиропотоку по періодах доби. Для таких маршрутів тип автобуса визначають за формулою

$$q_n = \frac{Q_j \cdot I \cdot k_{\text{вг}}}{60}, \quad (1.11)$$

де Q_j — значення пасажиропотоку у i -у годин, пас/год ;

I — інтервал руху автобусів, хв. ;

$k_{\text{вг}}$ — коефіцієнт внутрішньогодинної нерівномірності пасажиропотоку на маршруті.

Необхідна кількість автобусів визначається після встановлення їх типу за формулою

$$A = \frac{Q_{\text{п}}^{\text{р}} \cdot l_{\text{сер}} \cdot k_{\text{м}}}{365 \cdot q_n \cdot \gamma_{\text{с}} \cdot v_{\text{е}} \cdot T_{\text{н}} \cdot \beta \cdot \alpha_{\text{в}}}, \quad (1.12)$$

де $Q_{\text{п}}^{\text{р}}$ — очікуваний річний пасажирообіг, пас/рік ;

$k_{\text{м}}$ — коефіцієнт внутрішньомісячної нерівномірності пасажиропотоку на маршруті.

1.4 Визначення оптимальної кількості резервних автобусів з урахуванням дії випадкових факторів

Найважливішою умовою високої якості обслуговування пасажирів є забезпечення надійності перевізного процесу, тобто забезпечення перевезень згідно встановлених планів, графіків і розкладів руху. Основу надійності перевізного процесу складає виконання заданої кількості рейсів на кожному з маршрутів. На практиці через вплив різноманітних випадкових факторів планова кількість рейсів нерідко не виконується. Таке недовиконання рейсів називають збоями перевізного процесу [2].

Недовипуск автобусів — це випуск на маршрут кількості автобусів, менше ніж передбачено розкладом руху. Недовипуск може тривати всю зміну або її частину.

Схід автобуса — це відмова у роботі та вибуття автобуса з руху з деякої причини.

Ефективним способом підвищення надійності перевізного процесу є використання резервних автобусів. Резервування як метод управління широко застосовується у різних галузях техніки у тих випадках, коли показники надійності роботи керованих систем беруться до уваги.

Першочерговим питанням, яке слід розглянути при організації резерву автобусів, є визначення кількості резервних автобусів. При плануванні резерву вирішують такі основні задачі:

- а) визначають необхідну кількість резервних автобусів;
- б) розробляють розміщення резерву на транспортній мережі;
- в) встановлюють технологію використання резерву і методи роботи з ним;
- г) визначають схему оплати та стимулювання водіїв резервних автобусів.

Задача резервування автобусів у загальному випадку може бути описана у термінах теорії масового обслуговування та надійності. Схід автобуса з лінії еквівалентний відмові елемента системи. Автобус, який очікує виходу на маршрут для підміни автобуса, який зійшов, знаходиться у ненавантаженому резерві. Послідовно виникаючі недовипуски та сходи автобусів з лінії утворюють потік вимог на заміну тощо.

Приймаючи імовірність сходу (недовипуску) одного автобуса рівною p_1 при A працюючих автобусах, маємо

$$P_c = 1 - (1 - p_1)^A, \quad (1.13)$$

де P_c — імовірність виникнення збою процесу перевезень.

З точки зору теорії масового обслуговування можливі *три* ситуації:

а) резерву не вистачає і утворюється черга на поповнення маршрутів резервними автобусами замість автобусів, які зійшли з лінії;

б) резерв (частина резерву) простоє внаслідок повної укомплектованості маршрутів рухомим складом;

в) резерв повністю використаний, а маршрути також повністю укомплектовані рухомим складом.

Третя ситуація є переважною, ніж дві перші, однак в силу випадковості та динамічності процесу є малоімовірною. Тому доцільно розглядати першу та другу ситуації.

Перша ситуація супроводжується втратами *першого* роду, які виникають через появу кратних інтервалів руху, що призводить до підвищення сумарних витрат часу пасажирів на пересування.

Друга ситуація супроводжується втратами *другого* роду, наявність яких пояснюється простоем деякої кількості автобусів у резерві через відсутність потреби у них на даний момент часу.

Якщо імовірність недовипуску резервних та лінійних автобусів є однаковою, то імовірність P_u недовипуску u автобусів з A запланованих до випуску на лінію можна знайти за формулою розподілу Бернуллі

$$P_u = C_A^u p_1^u (1 - p_1)^{A-u}. \quad (1.14)$$

Якщо при цьому імовірність недовипуску резервного автобуса є дуже малою, то

$$P_u = C_{A-R}^u p_1^u (1 - p_1)^{A-u-R}, \quad (1.15)$$

де R — кількість резервних автобусів.

Величина C_A^u представляє собою кількість сполук, тобто

$$C_A^u = \frac{A(A-1)(A-2)\dots(A-(u-1))}{1 \cdot 2 \cdot 3 \cdot u}. \quad (1.16)$$

Резерву буде не вистачати, якщо недовипуск u автобусів на лінію перевищить кількість резервних автобусів. Імовірність того, що недовипуск буде рівним чи менше прийнятої кількості резервних автобусів

$$P(0 \leq u \leq R) = \sum_{u=0}^R P_u. \quad (1.17)$$

Таким чином, накопичуючи суму імовірностей при різних значеннях u розрахунок припиняється у тому випадку, коли додавання чергового доданку призведе до перевищення цією сумою значення $1 - P_R$. Поточне

значення u , при якому настане така ситуація, і є шуканою кількістю резервних автобусів.

Тривалість очікування пасажиром автобуса можна представити таким, що складається з двох компонент: основного часу очікування $t_{\text{оч}}^{\text{осн}}$, який визначається інтервалом і регулярністю руху автобусів на маршруті, і додаткового часу, який залежить від відмов у посадці пасажирів у автобус через переповнення останнього. Будемо з достатньою точністю вважати, що

$$\bar{t}_{\text{оч}} \approx t_{\text{оч}}^{\text{осн}} = \frac{1}{2} \left(I + \frac{\bar{\sigma}^2}{I} \right) = \frac{\bar{I}_e}{2}, \quad (1.18)$$

де I — плановий інтервал руху автобусів на маршруті, $xв.$;

$\bar{\sigma}$ — стандартне відхилення фактичного прибуття автобусів на зупинки від планового, $xв.$;

$\bar{I}_e$ — так званий, *ефективний* інтервал руху автобусів на маршруті.

При практичних розрахунках, пов'язаних з оцінкою надійності перевізного процесу, зазвичай невідомо заздалегідь, у якому місці маршруту виникла «вакансія» (рис. 1.1).

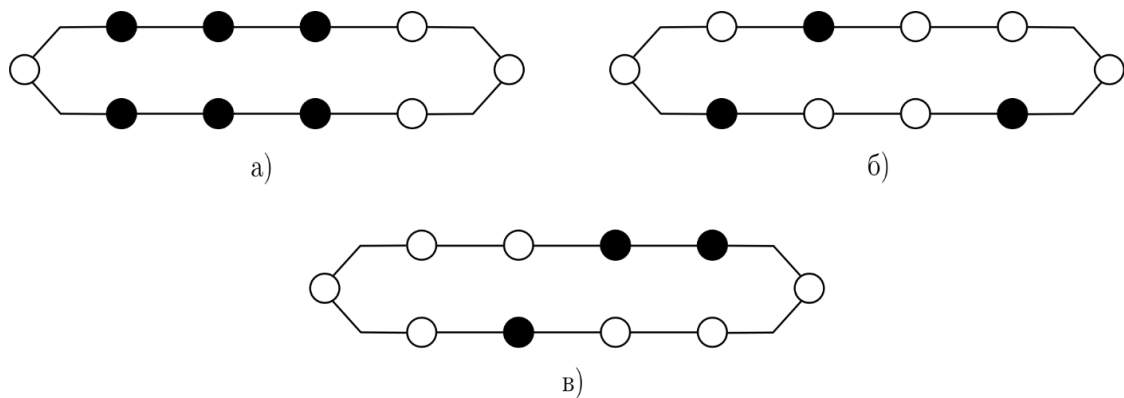


Рисунок 1.1 — Варіанти сходження автобусів з маршруту: а) три автобуси зійшли підряд; б) два автобуси зійшли підряд, а третій у іншому місці; в) усі три автобуси зійшли не підряд

Введемо коефіцієнт K_{Au} , який показуватиме на скільки зміниться тривалість очікування пасажиром посадки при сході (недовипуску) u автобусів з A . Тоді

$$t_{\text{оч}}^{\text{осн}} = K_{Au} \frac{\bar{I}_e}{2}. \quad (1.19)$$

Значення даного коефіцієнта можна знайти таким чином. Якщо всі автобуси, які відсутні, утворювали б вакансії у різних місцях, то можна отримати таку залежність

$$K_{Au} = \frac{A + 2u}{A}, \quad (1.20)$$

а якщо б усі автобуси зійшли підряд

$$K_{Au} = \frac{A + u^2 + u}{A}. \quad (1.21)$$

Оскільки конкретна комбінація сходів заздалегідь невідома, можна скористатися математичним очікуванням цього коефіцієнта $E(K_{Au})$, причому

$$\frac{A + 2u}{A} < E(K_{Au}) < \frac{A + u^2 + u}{A}. \quad (1.22)$$

Аналіз варіантів комбінацій та ймовірностей їх появи на ЕОМ дозволив показати, що шуканий коефіцієнт дорівнює $K_{Au} = 1$ при $u = 0$, $K_{Au} = +\infty$ при $u = A$, а у всіх інших випадках дорівнює

$$K_{Av} = \frac{A + u + 1}{A - u - 1}. \quad (1.23)$$

Отримані залежності дозволяють визначити втрати часу на очікування автобуса одним пасажиром на конкретному маршруті. Враховуючи, що відсутні u автобусів можуть у різних комбінаціях розподілятися між маршрутами, залежність для визначення середніх по розглядуваних маршрутах витрат часу пасажирів на очікування запишеться таким чином

$$\bar{T}_{\text{оч}} = \frac{\bar{I}_e}{2} K_{A'u'} \quad (1.24)$$

при

$$\bar{I}_e = \frac{\sum_{k=1}^n \bar{I}_{ek} Q_k}{\sum_{h=1}^n Q_h}; \quad (1.25)$$

$$A' = \sum_{h=1}^n A_k n, \quad u' = \frac{u}{n}, \quad (1.26)$$

де $\bar{I}_e$ — середній маршрутний інтервал руху, $xв$.

Виходячи з цього, вираз для оцінки витрат другого роду з урахуванням того, що інтервали на маршрутах і середній маршрутний інтервал збільшуються пропорційно надлишку автобусів

$$T_{\text{оч}} = \frac{\bar{I}_e A_{\text{л}} + R + u}{2 A_{\text{л}}} \quad \text{при } R > u. \quad (1.27)$$

Для знаходження оптимальної кількості резервних автобусів слід розрахувати очікувані втрати часу, послідовно збільшуючи кількість резервних автобусів, якщо витрати часу при цьому скорочуються. Кількість резервних автобусів, при якій досягається мінімальне значення сумарних втрат часу приймається у якості оптимальної.

1.5 Висновки та постановка задач дослідження

В результаті проведеного аналізу методик розрахунку необхідної кількості рухомого складу на міських, приміських і міжміських автобусних маршрутах можна зробити такі висновки:

а) необхідна кількість рухомого складу визначається на підставі даних про пасажиропотік на маршруті. Для міських перевезень для розрахунку приймається максимальний годинний пасажиропотік на найбільш завантаженому перегоні маршруту, для приміських та міжміських перевезень — річний пасажиропотік на маршруті;

б) постійними параметрами при розрахунку потреби у рухомому складі на маршрутах є їх техніко-експлуатаційні характеристики: *довжина, величина нульових пробігів і пов'язаного з ними коефіцієнту використання пробігу, експлуатаційна швидкість, тривалість обороту на маршруті*;

в) при розрахунку необхідної кількості рухомого складу враховується низка коефіцієнтів, які відбивають нерівномірність перевезень по часовим відріzkам часу (*година, місяць*) і надійність парку рухомого складу;

г) необхідна кількість резервного рухомого складу для забезпечення безперебійного транспортного обслуговування на маршрутах може бути виконана за допомогою методів імовірісно-статистичного аналізу і імітаційного моделювання на ЕОМ зокрема.

Таким чином, розрахунок необхідної кількості автобусів у парку рухомого складу пасажирського автотранспортного підприємства може бути виконаний у такій послідовності.

1. Проведення статистичного аналізу пасажиропотоків з виявленням їх змінюваності і потужності на протязі доби (для міських маршрутів) чи місяців (для приміських та міжміських маршрутів). В результаті буде отримано найбільш завантажені перегони маршрутів і коефіцієнти нерівномірності обсягів перевезень.

2. На підставі визначених пасажиропотоків і показників їх нерівномірності аналітично за формулами (1.8), (1.10) та (1.12) визначення номінальної кількості рухомого складу у парку для забезпечення перевезень пасажирів у «нормальних» умовах. Під останніми розуміється безвідмовна робота автобусів.

3. Провести імовірісно-статистичний аналіз потоків відмов при експлуатації автобусів і визначити необхідну кількість резервного рухомого складу для забезпечення перевезень з встановленим рівнем надійності з урахуванням можливості використання того чи іншого типу автобусів на видах перевезень згідно вимог, встановлених на рівні законодавства України у галузі пасажирських перевезень автомобільним транспортом.

2 ХАРАКТЕРИСТИКА ТА УМОВИ ВИКОРИСТАННЯ ПАРКУ ПАСАЖИРСЬКОГО РУХОМОГО СКЛАДУ ТОВ «АЛЬФА-ТРАНС»

2.1 Загальна характеристика підприємства

Товариство з обмеженою відповідальністю «Альфа-Транс» є юридичною особою з місцезнаходженням за адресою: м. Запоріжжя, Хортицький район, проспект Ювілейний, буд. 20-А кв. 204. Керівником підприємства є Ставнистий Віталій Андрійович.

Згідно Класифікатора видів економічної діяльності підприємство надає такі види послуг:

- з перевезення вантажів і пасажирів наземним транспортом міського та приміського сполучення;
- з технічного обслуговування і ремонту автомобільних транспортних засобів;
- з роздрібної торгівлі деталями та приладдям для автомобільних транспортних засобів;
- з надання послуг з перевезення пасажирів автомобільними таксомоторами.

Підприємство первинно зареєстроване у квітні 2004 року Виконавчим комітетом Запорізької міської ради. Останні дані щодо реєстрації підприємства внесені до Єдиного державного реєстру підприємств і організацій України 20.07.2012 р.

Територія зберігання автомобільних транспортних засобів, яка знаходиться за адресою: м. Запоріжжя, вул. Дачна, 23а, має огорожу по периметру, охороняється, представляє собою майданчик, вкритий асфальтобетоном з розміщеними на ньому адміністративними будівлями. Територія орендована у підприємства ПАТ «Запоріжавтотранс».

На території підприємства виконується перевірка технічного стану автомобільних транспортних засобів, для чого на підприємстві є в наявності контрольно-технічний пункт, оглядові ями, сертифіковане технічне контрольно-вимірювальне обладнання. Для підтримання технічного стану автомобілів і автобусів та виконання всіх видів ремонтів кваліфікованими слюсарями, ТОВ «Альфа-Транс» укладений договір на проведення технічного огляду та ремонту з ПАТ «Таксопарк».

Підприємство має медичний кабінет, у якому є в наявності контрольне обладнання для аналізу водіїв на стан сп'яніння. Використовуються також контрольні експрес-тести для встановлення наявності наркотичних речовин у крові водіїв. Все медичне обладнання є сертифікованим.

Медичні працівники, які включені до штату ТОВ «Альфа-Транс» мають сертифікати про проходження курсів спеціальної підготовки щодо випуску водіїв на лінію та особові печатки для проставляння на первинних перевізних документах.

Інженерно-технічні працівники підприємства постійно проходять курси підвищення кваліфікації згідно встановленого на підприємстві графіка на підставі договору, укладеного з підприємством ПАТ «Запоріжжя-втотранс».

Підприємство надає транспортні послуги з перевезення пасажирів на таких маршрутах:

а) міський діаметральний маршрут №62 «4-й Південний мкрн. — БК ЗалК» (звичайний режим руху і режим маршрутного таксі). Замовником цих регулярних перевезень є Запорізька міська рада;

б) міжміський маршрут «Запоріжжя — Приморськ». Замовник регулярних перевезень — Запорізька обласна державна адміністрація;

в) міжобласний маршрут «Запоріжжя — Курахове». Замовник регулярних перевезень — Державна адміністрація автомобільного транспорту Міністерства інфраструктури України;

г) міжобласний маршрут «Запоріжжя — Херсон». Замовник регулярних перевезень — Державна адміністрація автомобільного транспорту Міністерства інфраструктури України;

Крім того, підприємство виконує маятникові рейси на міжнародних автобусних перевезеннях пасажирів.

2.2 Маршрути перевезень пасажирів та їх характеристика

Підприємство ТОВ «Альфа-Транс» виконує міські, та міжміські перевезення пасажирів. Характеристика міського автобусного маршруту №62 «4-й Південний мкрн — БК «ЗалК» наведена у таблиці 2.1, а його схема наведена на рисунку 2.1. Вартість проїзду на маршруті за одну разову поїздку з 01.11.2018 р. складає 7,00 грн. незалежно від її довжини.

Підприємство ТОВ «Альфа-Транс» виконує міжміські перевезення на маршрутах Запоріжжя — Курахове, Запоріжжя — Херсон. Характеристика маршруту Запоріжжя — Херсон (через Енергодар, Кам'янку-Дніпровку) наведена у таблиці 2.2.

Таблиця 2.1 — Характеристика міського автобусного маршруту №62 «4-й Південний мкрн — БК ЗалК»

Найменування показників	Кількісні показники по напрямках	
	прямий	напрямок
1. Довжина маршруту, км	13,8	13,7
2. Тривалість рейсу, хв.	33	33
3. Зупинки тарифні	23	23
4. Контрольні пункти	2	2
5. Наявність обладнаних майданчиків для розвороту автобусів у кінцевих пунктах маршруту	—	1
6. Кількість та клас використовуваних транспортних засобів	28 одиниць класу В	

Таблиця 2.2 — Характеристика міжобласного автобусного маршруту «Запоріжжя (АС-1) — Херсон»

Найменування показників	Кількісні показники по напрямках	
	прямий	напрямок
1. Довжина маршруту, км	361	361
2. Тривалість рейсу, год:хв.	9:30	9:30
3. Зупинки тарифні	15	15
4. Автостанції	10	10
5. Диспетчерські та контрольні пункти	Запоріжжя АС-1, Василівка АС, Дніпрорудне АС, Кам'янка-Дніпровка АС, Велика Лепетиха АС, Горностаївка АС, Каховка АС, Нова Каховка АС, Тягинка АС, Херсон АС	

2.3 Характеристика рухомого складу

Парк рухомого складу ТОВ «Альфа-Транс» згідно ліцензійних карток налічує 53 автобуси. У парку представлені:

– автобуси класів А, В (типу Mercedes Sprinter, Volkswagen LT та їх модифікацій, Рута-22, Daimler-Chrysler) пасажиромісткістю 18–22 місця;

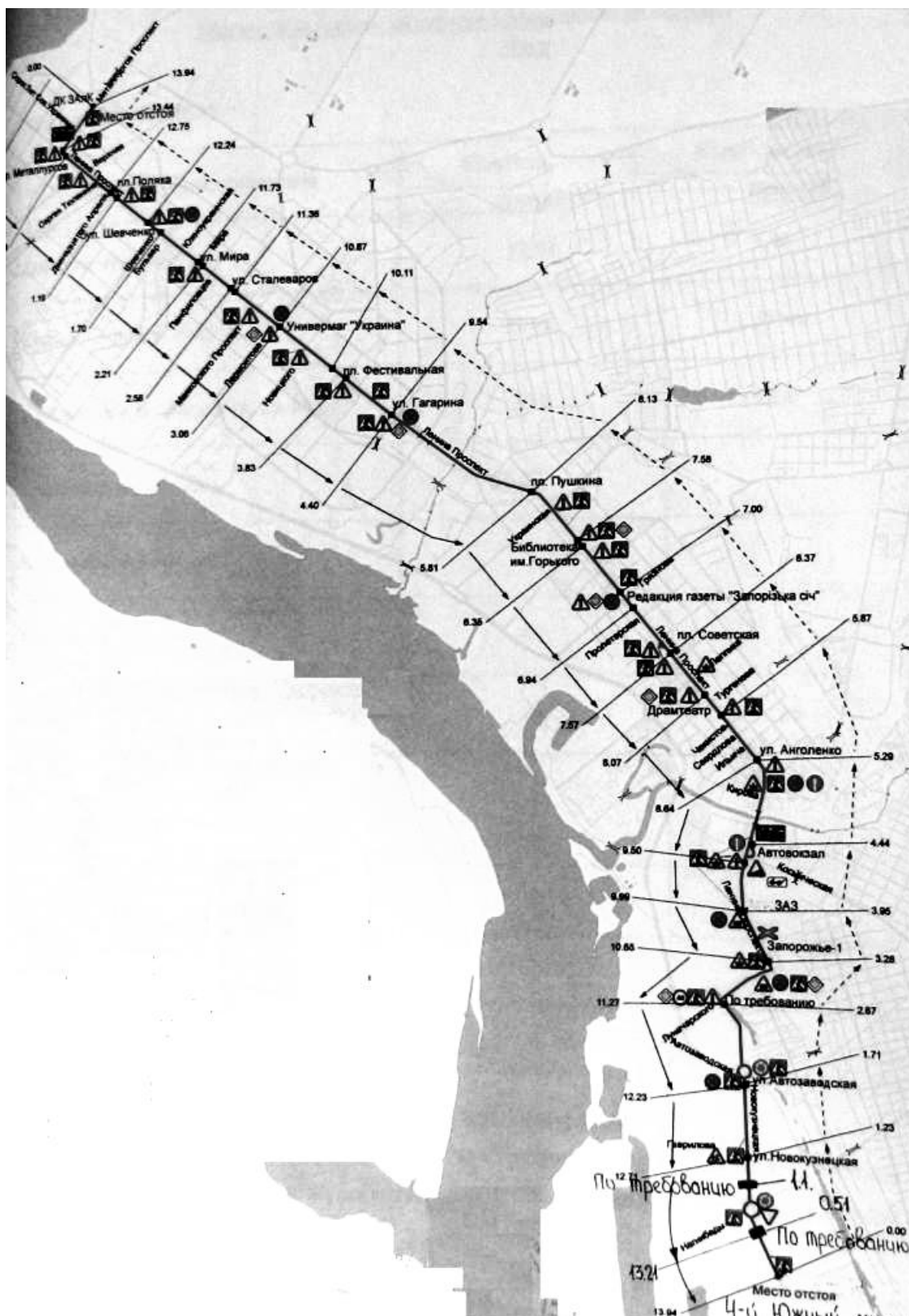


Рисунок 2.1 — Схема міського маршруту №62

- автобуси класу І (Богдан А091, А092, БАЗ А079 Еталон) пасажиромісткістю 21 (для проїзду сидячи) – 40 (для проїзду стоячи) місця;
- автобуси класу ІІІ (Ікарус–250, 256, Рено, Ман, Івеко, Сканія К113) пасажиромісткістю 40–55 місць.

Всі автобуси сертифіковані у відповідності до чинного законодавства України для виконання певного виду перевезень (міських, приміських, міжобласних) пасажирів та багажу. З усього парку рухомого складу 15 автобусів є власністю підприємства, інші — є орендованими.

Структура парку рухомого складу за типами наведена у таблиці 2.3.

Таблиця 2.3 — Структура парку рухомого складу ТОВ «Альфа-Транс» за типами

Тип рухомого складу	Кількість автобусів	
	орендованих	власних
1. Volkswagen LT 35	5	2
2. Mercedes Benz Sprinter 310D	3	–
3. Mercedes Benz Sprinter 311 CDI	2	2
3. Mercedes Benz Sprinter 308 D	2	2
3. Mercedes Benz Sprinter 313 CDI	5	1
4. Mercedes Benz Sprinter 312	3	–
5. Mercedes Benz Sprinter 612 D	1	–
6. Daimler Chrysler 903.6KA	1	–
7. Mercedes Benz Sprinter 413	1	–
8. Богдан А092	3	2
9. Богдан А091	2	–
10. БАЗ А079	2	3
11. Рута-22 ИНВА СПГ	–	1
12. Mercedes Benz 0303	–	2
13. Ikarus 250, 255, 256	3	–
14. Renault SFR 110	1	–
15. MAN 11.190 HOCL	1	–
16. Iveco 370E	1	–
17. SCANIA K113	1	–
Разом	38	15

Автобуси малого класу Mercedes Sprinter та Volkswagen LT-35 складають більшу частину парку маршрутних таксі міста. У більшості це переобладнані у пасажирські автобуси вантажопасажирські автомобілі, тому вони відносяться до спеціальних транспортних засобів. Кількість місць для сидіння в автобусах – 18 пасажирів (6 рядів сидінь, два ряди

сидінь по лівому борту автобуса та один ряд сидінь по правому борту автобуса). У пікові періоди доби, що відповідають максимальному пасажиропотоку, максимальна наповненість салону складає 32-34 пасажирів за рахунок пасажирів, що стоять у проходах між рядами сидінь та на підніжці передньої пасажирської двері.

Виробники автобусів — виробничі підприємства Volkswagen AG, D-38436, Wolfsburg, Німеччина (заводи по складанню розташовані також у Гановері та Познані (Польща) та Daimler-Chrysler AG, D-70546, Штутгарт, Німеччина (складальне виробництво розташоване також у Дюссельдорфі).

Габаритні креслення автобусів Mercedes Sprinter та Volkswagen LT-35 наведені на рисунках 2.2 – 2.3. Технічні характеристики автобусів Mercedes Sprinter та Volkswagen LT-35 наведені у таблиці 2.4.

Таблиця 2.4 — Технічні характеристики автобусів класу В

Характеристика	Значення для автобуса	
	Mercedes Sprinter	Volkswagen LT-35
1. Габаритні розміри, мм:		
довжина	6590	6535
ширина	1994	1933
висота	2570	2570
2. Колісна база, мм	4025	4025
4. Маса спорядженого автобуса, кг	2200	2085
5. Кількість місць для сидіння	18	18
6. Загальна кількість місць	32	32

Автобус БАЗ-А079.14 — перша модель автобусного виробництва Бориспільського автозаводу, створеного у смт Проліски Бориспільського району Київської області на базі автоскладального підприємства «Укр-ВолгаТехСервіс». Останнє займалося збиранням автомобілів «Волга», «Газель» та «Соболь» з нижегородських машинокомплектів з кінця 90-х років минулого століття.

Шасі для нового автобуса виготовили індійські партнери — корпорація TATA Engineering. Ця компанія, заснована у 1868 році, є одним з найкрупніших у Південно-Східній Азії виробників та продавців вантажівок. З 1954 року TATA співпрацює з концерном Daimler-Benz (тепер Daimler Chrysler), займаючись випуском вантажівок-середньотонажників Mercedes-Benz за ліцензією.

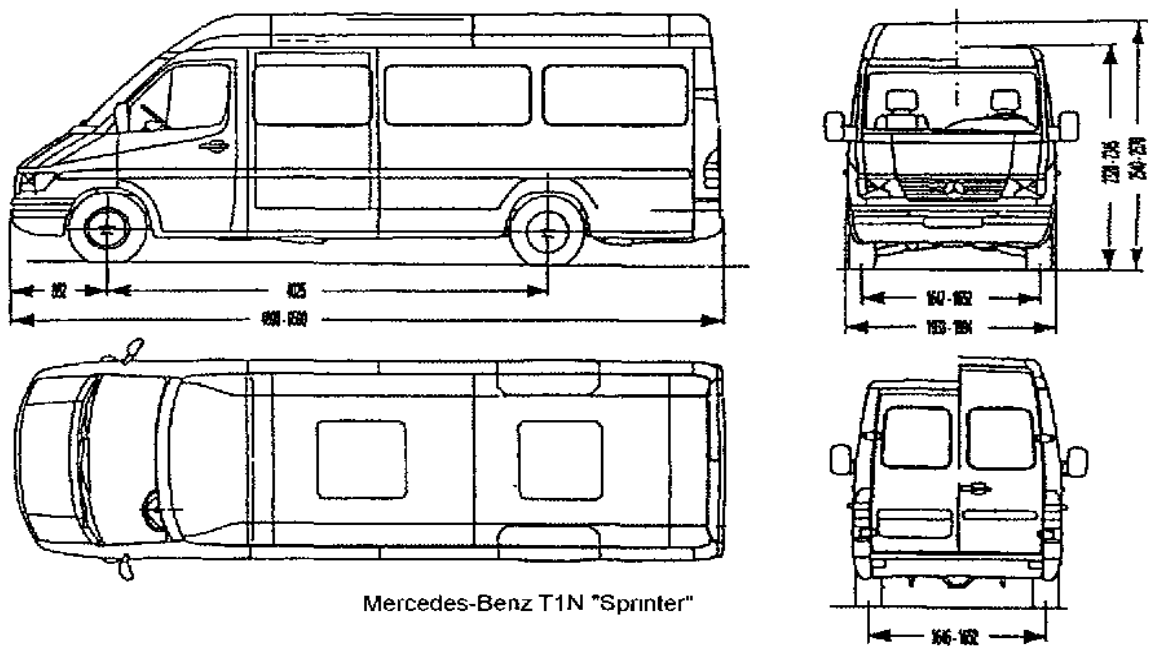


Рисунок 2.2 — Габаритне креслення автобуса Mercedes Sprinter

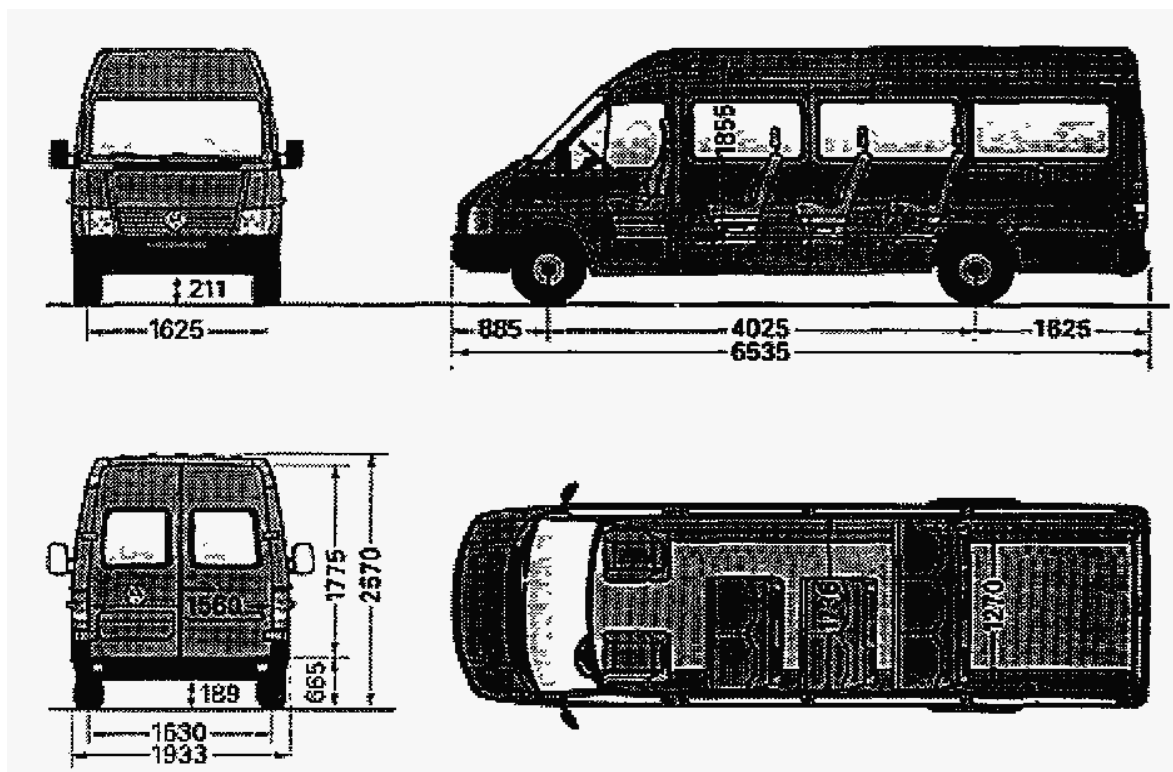


Рисунок 2.3 — Габаритне креслення автобуса Volkswagen LT-35

БАЗ-А079 — автобус малого класу, розрахований на 50 пасажирів (у тому числі для стояння). Автобус був створений на базі шасі ТАТА-LP-613/38 BUS, яке є ліцензованим продуктом концерну Daimler-Chrysler. Автобус оснащений 130-сильним дизельним двигуном ТАТА-697 та

спроможний розвивати швидкість до 100 км/год. Двигун знаходиться у передньому зв'язі машини та зсунутий праворуч по відношенню до центру. Коробка передач механічна, п'ятиступенева, рульовий привід з гідро підсилювачем. Автобус оснащений ресорною підвіскою та пневматичною гальмівною системою.

Салон автобуса відділений від кабіни неповною перегородкою та поручнем. Кількість пасажирських дверей варіюється в залежності від модифікації. Кількість та тип сидінь у салоні також різне у різних модифікаціях моделі. Міські модифікації мають трьохрядне компонування сидінь, приміські та міжміські — чотирьохрядну. Салон автобуса оббитий пластиком «під дерево». У міжнародних автобусах сидіння встановлені на подіумі, а у задньому зв'язі є багажник, а над сидіннями у салоні — багажні полиці. Стеля та багажні полиці у міжнародних автобусах оббиті тканиною. Технічна характеристика автобуса наведена у таблиці 2.5.

Таблиця 2.5 — Технічна характеристика автобуса БАЗ-А079.14 «Еталон»

Характеристика	Значення
1. Кузов	рамний
2. Габаритні розміри, мм	
довжина	7150
ширина	2260
висота	2880
3. Колісна база, мм	3800
4. Маса спорядженого автобуса, кг	4750
5. Повна маса автобуса, кг	7730
6. Кількість місць для сидіння	20
7. Загальна кількість місць	40
8. Тип коробки передач	механічна
9. Робочий об'єм двигуна, л	5,7
10. Максимальна потужність, кВт (к.с)	95,7 (130)
11. Витрати палива, л/100 км	15,0
12. Тип і розміри шин	215/75 R17,5

Технічна характеристика автобуса РУТА-22 наведена у таблиці 2.6.

Таблиця 2.6 — Технічна характеристика автобуса РУТА-22

Характеристика	Значення
1. Кількість пасажирських місць для проїзду сидячи для проїзду стоячи	19 3
2. Габаритні розміри, мм довжина ширина висота	6800 2050 2730
3. Двигун	УМЗ-4216
4. Витрати палива при повному завантаженні, л/100 км	11,0
5. Шини	185/175 R16

Всі автобуси підприємства спеціалізовані по видах перевезень (міські, приміські, міжміські, міжнародні, регулярні, нерегулярні). Спеціалізація автобусів за видами перевезень наведена на рисунку 2.4.

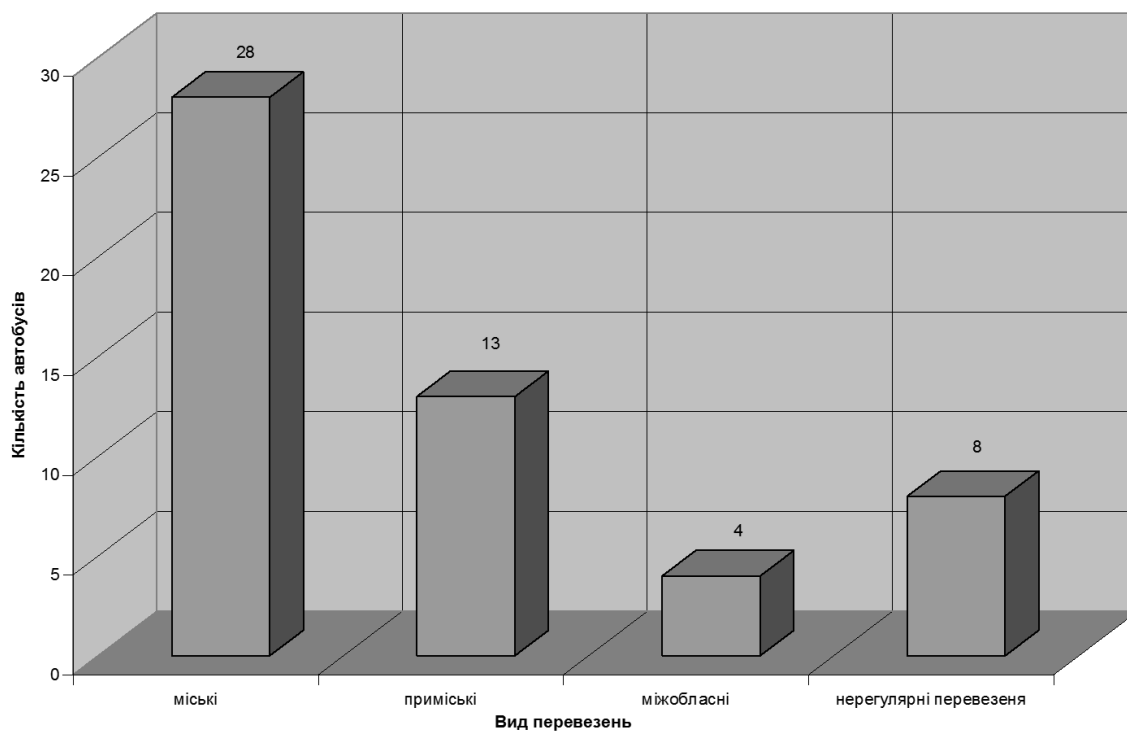


Рисунок 2.4 — Розподіл рухомого складу підприємства за видами перевезень

2.4 Постановка задач роботи

Як видно з проведеного аналізу, рухомий склад підприємства є досить різномарочним. Крім того, не всі автобуси є взаємозамінними, тобто наприклад, автобуси, які виконують міські перевезення, не можуть бути використані на приміських та міжміських перевезеннях пасажирів.

Будь-якому технічному пристрою є властивим вихід з ладу. Вихід з ладу автобусів на пасажирських перевезеннях пов'язаний з додатковими витратами підприємства внаслідок невиконаних зобов'язань з перевезення пасажирів, недоотримання прибутку внаслідок зменшення обсягу перевезень. У той же час, як показує досвід, навантаження на один автобус є достатньо великим (до 100 тис. км. пробігу на рік). За таких умов, навіть при дотриманні періодичності виконань технічного обслуговування та поточного ремонту, відмови транспортних засобів є достатньо частими.

Вимогами, встановленими законодавством, є резервування рухомого складу на міських та приміських маршрутах у обсязі 10%, а на міжміських маршрутах — 20% від необхідної кількості рухомого складу. Однак, ця цифра є недостатньо обґрунтованою і не враховує конкретну специфіку функціонування рухомого складу, кваліфікації водіїв та ремонтного персоналу тощо.

У даній магістерській роботі ставляться такі задачі:

1) змоделювати пасажиропотік на міських та приміських маршрутах та визначити номінальну потребу у рухомому складі на кожному з них у відповідності до типів автобусів;

2) проаналізувати потік відмов рухомого складу та перебування його на операціях, пов'язаних з технічним обслуговуванням імовірісно-статистичними методами та методами теорії випадкових процесів і встановити обґрунтовану кількість резервних автобусів;

3) виконати економічні розрахунки і обґрунтувати доцільність придбання додаткових автобусів для забезпечення навантаженого резерву парку рухомого складу.

3 РОЗРАХУНОК КІЛЬКІСНОГО СКЛАДУ ПАРКУ АВТОБУСІВ НА МАРШРУТАХ ТОВ «АЛЬФА-ТРАНС»

3.1 Розрахунок і моделювання пасажиропотоків на маршрутах

3.1.1 Аналіз і моделювання пасажиропотоку на маршруті №62

Для отримання даних про пасажиропотоки використовують декілька методів, основними з яких є *табличний* та *візуальний*.

При табличному методі обліковці із заздалегідь підготовленими бланками розташовуються у салоні рухомого складу або на зупинках. Вони відзначають номер рейсу, час його початку, час проходження контрольних пунктів, кількість пасажирів, які увійшли та вийшли з автобуса на кожній зупинці маршруту. Такий метод є достатньо трудомістким, але дозволяє отримати повну інформацію про найбільш завантаження перегонів по періодах доби, пасажирообіг зупинок та добовий обсяг перевезень пасажирів на маршруті. Існує програмне забезпечення для обробки результатів обстеження пасажиропотоку табличним методом у містах.

Візуальний метод передбачає окомірне оцінювання наповнення салону за бальною шкалою (0 — салон вільний; 1 — зайнято до половини місць для сидіння; 2 — зайняті всі місця для сидіння; 3 — зайняті всі місця для сидіння та до половини місць для проїзду стоячи; 4 — салон автобуса заповнений повністю, але увійти до нього ще можна; 5 — салон автобуса переповнений, увійти до нього не можна) водієм автобуса або обліковцями, які розташовуються на найбільш завантаженому перегоні маршруту. Отримані бали переводяться у кількість пасажирів згідно кількості місць для сидіння (згідно технічної характеристики автобуса) та завантаження у 8 пасажирів на 1 м² вільної площі підлоги салону для пасажирів, що їдуть стоячи [3–5].

У нашому випадку, враховуючи особливості перевезень на маршруті, застосовано візуальний метод. Обстеження проводилось у на протязі декількох будніх днів вересня 2018 року. У якості найбільш завантаженого перегону маршруту було обрано перегін «Автовокзал — вул. Базарна». Цей перегін було обрано з огляду на те, що основна частка пасажирів, які користуються маршрутом у ранкові та вечірні години «пік» є мешканці південного житлового масиву Комунарського району Запоріжжя.

Результати обстеження пасажиропотоків візуальним методом наведені у таблицях 3.1 та 3.2. Ці ж результати більш наочно представлені у вигляді погодинної епюри пасажиропотоку на рисунку 3.1.

Таблиця 3.1 — Результати обстеження пасажиропотоків на маршруті № 62 візуальним методом (прямий напрямок)

Години доби	Пасажиропотік, <i>пас./год</i>	Години доби	Пасажиропотік, <i>пас./год</i>
6:00 — 7:00	181	15:00 — 16:00	170
7:00 — 8:00	253	16:00 — 17:00	161
8:00 — 9:00	220	17:00 — 18:00	190
9:00 — 10:00	180	18:00 — 19:00	210
10:00 — 11:00	154	19:00 — 20:00	155
11:00 — 12:00	101	20:00 — 21:00	109
12:00 — 13:00	90	21:00 — 22:00	70
13:00 — 14:00	124	22:00 — 23:00	42
14:00 — 15:00	136	23:00 — 24:00	16

Таблиця 3.2 — Результати обстеження пасажиропотоків на маршруті № 62 візуальним методом (зворотний напрямок)

Години доби	Пасажиропотік, <i>пас./год</i>	Години доби	Пасажиропотік, <i>пас./год</i>
6:00 — 7:00	140	15:00 — 16:00	95
7:00 — 8:00	199	16:00 — 17:00	133
8:00 — 9:00	185	17:00 — 18:00	174
9:00 — 10:00	132	18:00 — 19:00	221
10:00 — 11:00	144	19:00 — 20:00	190
11:00 — 12:00	101	20:00 — 21:00	132
12:00 — 13:00	98	21:00 — 22:00	89
13:00 — 14:00	71	22:00 — 23:00	50
14:00 — 15:00	86	23:00 — 24:00	31

Аналіз годинних пасажиропотоків показує, що пікове навантаження рухомого складу досягається у прямому напрямі з 7:00 до 8:00 години ранку і дорівнює $P_{\text{год. max}} = 253$ пасажирів/годину. На пасажиропотоках явно виражені ранкові (з 7:00 до 9:00) та вечірні (з 17:00 до 20:00) години «пік».

Оскільки величина пасажиропотоку на найбільш завантаженому перегоні маршруту є величиною, яка відноситься тільки до періоду обстеження, виконаємо моделювання пасажиропотоку з використанням методу гармонічного аналізу [6–8].

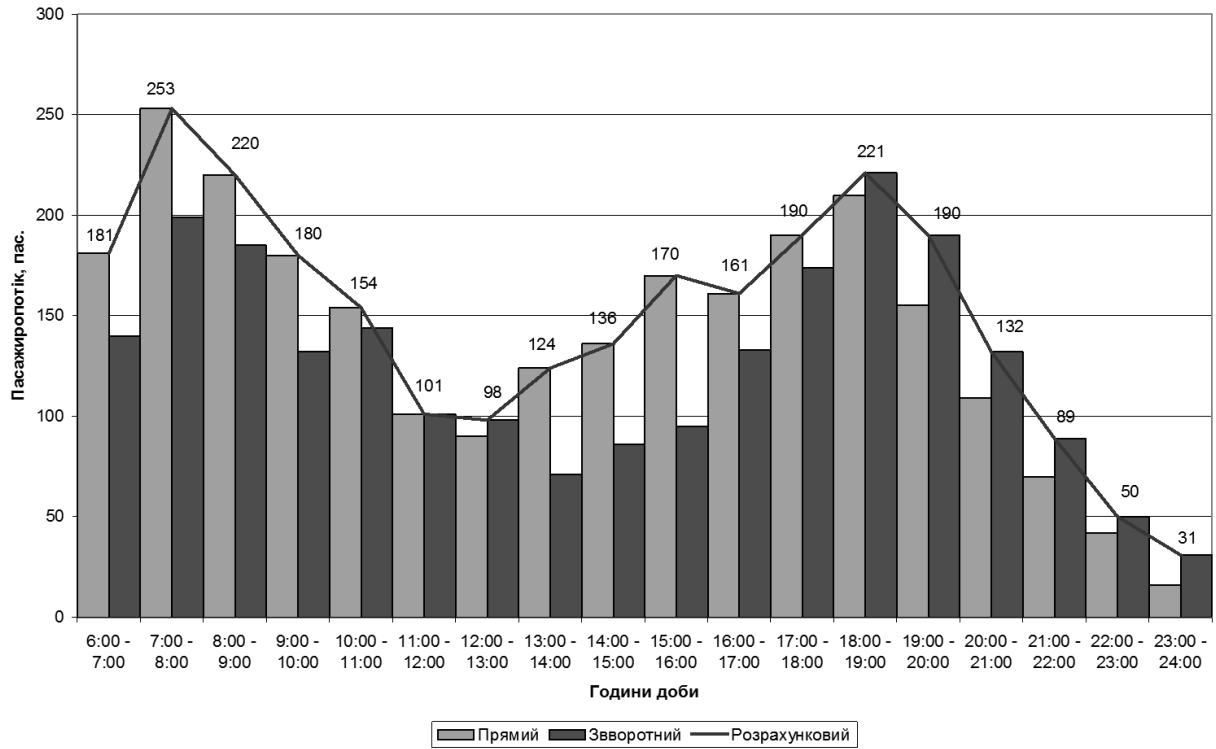


Рисунок 3.1 — Погодинні епюри пасажиропотоків на найбільш завантажених перегонах маршруту №62

Модельоване значення пасажиропотоку визначається за формулою

$$Q_t = a_0 + \sum_{k=1}^{m=n/2} \left[a_k \sin \left(\frac{2\pi}{n} kt \right) + b_k \cos \left(\frac{2\pi}{n} kt \right) \right], \quad (3.1)$$

де n — повний період часу (кількість спостережень), у нашому випадку $n = 18$;

k — номер гармоніки.

Коефіцієнти Фур'є визначаються методом найменших квадратів за формулами

$$a_0 = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n y_t, \quad (3.2)$$

$$a_k = \frac{2}{n} \sum_{t=1}^n y_t \sin \left(\frac{2\pi}{n} kt \right), \quad (3.3)$$

$$b_k = \frac{2}{n} \sum_{t=1}^n y_t \cos \left(\frac{2\pi}{n} kt \right). \quad (3.4)$$

Оскільки $n = 18$, розрахуємо для зручності значення $z = \frac{2\pi}{n} t$ та зведемо їх до таблиці 3.3.

Таблиця 3.3 — Значення $z = \frac{2\pi}{n}t$

t	1	2	3	4	5	6	7	8	9
z	$\frac{\pi}{9}$	$\frac{2\pi}{9}$	$\frac{\pi}{3}$	$\frac{4\pi}{9}$	$\frac{5\pi}{9}$	$\frac{2\pi}{3}$	$\frac{7\pi}{9}$	$\frac{8\pi}{9}$	π
t	10	11	12	13	14	15	16	17	18
z	$\frac{10\pi}{9}$	$\frac{11\pi}{9}$	$\frac{4\pi}{3}$	$\frac{13\pi}{9}$	$\frac{14\pi}{9}$	$\frac{5\pi}{3}$	$\frac{16\pi}{9}$	$\frac{17\pi}{9}$	2π

Приймаючи максимальну кількість гармонік $m = 3$, визначаємо всі значення $\sin(kz)$ та $\cos(kz)$ (таблиця 3.4).

Таблиця 3.4 — Значення $\sin(kz)$ та $\cos(kz)$ для $m = 3$ гармонік

t	$\sin(kz)$			$\cos(kz)$		
	1	2	3	1	2	3
1	0,342	0,643	0,866	0,940	0,766	0,500
2	0,643	0,985	0,866	0,766	0,174	-0,500
3	0,866	0,866	0,000	0,500	-0,500	-1,000
4	0,985	0,342	-0,866	0,174	-0,940	-0,500
5	0,985	-0,342	-0,866	-0,174	-0,940	0,500
6	0,866	-0,866	0,000	-0,500	-0,500	1,000
7	0,643	-0,985	0,866	-0,766	0,174	0,500
8	0,342	-0,643	0,866	-0,940	0,766	-0,500
9	0,000	0,000	0,000	-1,000	1,000	-1,000
10	-0,342	0,643	-0,866	-0,940	0,766	-0,500
11	-0,643	0,985	-0,866	-0,766	0,174	0,500
12	-0,866	0,866	0,000	-0,500	-0,500	1,000
13	-0,985	0,342	0,866	-0,174	-0,940	0,500
14	-0,985	-0,342	0,866	0,174	-0,940	-0,500
15	-0,866	-0,866	0,000	0,500	-0,500	-1,000
16	-0,643	-0,985	-0,866	0,766	0,174	-0,500
17	-0,342	-0,643	-0,866	0,940	0,766	0,500
18	0,000	0,000	0,000	1,000	1,000	1,000

На підставі проведених розрахунків при $m = 3$ гармоніках отримуємо таку модель зміни пасажиропотоку на протязі доби

$$Q = 148,94 + 1,92 \sin z - 7,88 \cos z + 56,57 \sin 2z - 38,67 \cos 2z + \\ + 25,31 \sin 3z - 26,28 \cos 3z,$$

$$\text{де } a_0 = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n Q_i = 148,94.$$

Таблиця 3.5 — Побудова математичної моделі пасажиропотоку

k		Періоди часу t																		a_k	b_k
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18		
1	$y_t \sin kt$	61,9	162,6	190,5	177,3	151,7	87,5	63,0	42,4	0,0	-58,1	-103,5	-164,5	-217,6	-187,1	-114,3	-57,2	-17,1	0,0	1,92	-7,89
	$y_t \cos kt$	170,1	193,8	110,0	31,3	-26,7	-50,5	-75,1	-116,5	-136,0	-159,7	-123,3	-95,0	-38,4	33,0	66,0	68,2	47,0	31,0		
	$a_1 \sin kt$	0,7	1,2	1,7	1,9	1,9	1,7	1,2	0,7	0,0	-0,7	-1,2	-1,7	-1,9	-1,9	-1,7	-1,2	-0,7	0,0		
	$b_1 \sin kt$	-7,4	-6,0	-3,9	-1,4	1,4	3,9	6,0	7,4	7,9	7,4	6,0	3,9	1,4	-1,4	-3,9	-6,0	-7,4	-7,9		
	$\tilde{y}_t$	142,2	144,1	146,7	149,5	152,2	154,6	156,2	157,0	156,8	155,7	153,8	151,2	148,4	145,7	143,3	141,7	140,9	141,1		
2	$y_t \sin kt$	116,34	249,16	190,53	61,56	-52,67	-87,47	-96,51	-79,71	0,00	109,27	158,55	164,54	75,59	-64,98	-114,3	-87,65	-32,14	0,00	56,68	-38,67
	$y_t \cos kt$	138,65	43,93	-110,0	-169,1	-144,7	-50,50	17,02	94,99	136,00	130,23	27,96	-95,00	-207,6	-178,5	-66,00	15,45	38,30	31,00		
	$a_1 \sin kt$	36,43	55,82	49,09	19,39	-19,39	-49,09	-55,82	-36,43	0,00	36,43	55,82	49,09	19,39	-19,39	-49,09	-55,82	-36,43	0,00		
	$b_1 \sin kt$	-29,62	-6,72	19,34	36,34	36,34	19,34	-6,72	-29,62	-38,67	-29,62	-6,72	19,34	36,34	36,34	19,34	-6,72	-29,62	-38,67		
	$\tilde{y}_t$	149,00	193,24	215,09	205,19	169,16	124,80	93,69	90,96	118,16	162,51	202,85	219,64	204,15	162,64	113,59	79,13	74,82	102,39		
3	$y_t \sin kt$	156,8	219,1	0,0	-155,9	-133,4	0,0	84,9	107,4	0,0	-147,2	-139,4	0,0	191,4	164,5	0,0	-77,1	-43,3	0,0	25,31	-26,28
	$y_t \cos kt$	90,5	-126,5	-220,0	-90,0	77,0	101,0	49,0	-62,0	-136,0	-85,0	80,5	190,0	110,5	-95,0	-132,0	-44,5	25,0	31,0		
	$a_1 \sin kt$	21,9	21,9	0,0	-21,9	-21,9	0,0	21,9	21,9	0,0	-21,9	-21,9	0,0	21,9	21,9	0,0	-21,9	-21,9	0,0		
	$b_1 \sin kt$	-13,1	13,1	26,3	13,1	-13,1	-26,3	-13,1	13,1	26,3	13,1	-13,1	-26,3	-13,1	13,1	26,3	13,1	-13,1	-26,3		
	$\tilde{y}_t$	157,8	228,3	241,4	196,4	134,1	98,5	102,5	126,0	144,4	153,7	167,8	193,4	212,9	197,7	139,9	70,4	39,8	76,1		

Графік модельованого пасажиропотоку на маршруті №62 наведений на рисунку 3.2.

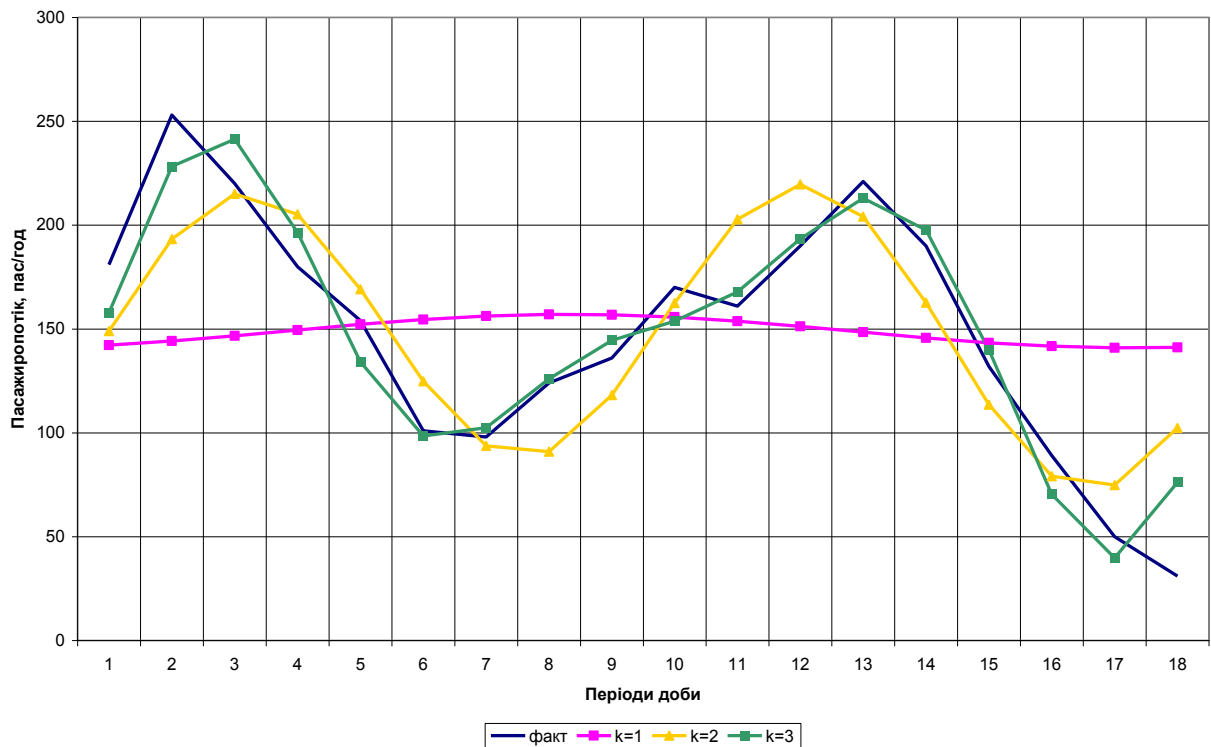


Рисунок 3.2 — Модель зміни пасажиропотоку на маршруті №62 по періодах доби

Максимальне значення пасажиропотоку згідно побудованої моделі складає $Q_{\max} = Q_3 = 241,4$ пасажирів на годину.

Відповідно до розрахунків, необхідна кількість рухомого складу для забезпечення перевезень на маршруті за формулою (1.8) складає

$$A = \frac{241,4 \cdot 66 \cdot 1,1 \cdot 1,0}{60 \cdot 18 \cdot 1,0} = 16 \text{ автобусів.}$$

При цьому згідно Порядку проведення конкурсу з перевезення пасажирів на автобусному маршруті загального користування (Постанова Кабінету Міністрів України від 29 червня 2011 року №953) кількість резервного рухомого складу на міському маршруті повинна дорівнювати не менш ніж 10% від кількості автобусів. Таким чином, парк рухомого складу особливо малої місткості для обслуговування міського маршруту № 62 повинен складати $A = 16 \cdot 1,1 = 17,6 \approx 18$ автобусів.

3.1.2 Аналіз і моделювання пасажиропотоку на міжміських маршрутах

Організація перевезень пасажирів на міжміських маршрутах «Запоріжжя — Приморськ», «Запоріжжя — Курахове» та «Запоріжжя — Херсон» мають певну специфіку, яка полягає у наступному:

а) маршрути мають усталений пасажиропотік, який суттєво коливається по періодах та сезонах року;

б) обсяги перевезень пасажирів суттєво підвищуються у літню пору року, особливо у напрямку Приморська та Херсона.

З огляду на останнє, дослідження пасажиропотоків будемо виконувати на підставі облікових даних підприємства. У таблиці 3.6 наведені дані про обсяг перевезень пасажирів на маршрутах сумарно по місяцях років за 2017–2018 роки. Графічно ці дані показані на рисунку 3.3.

Таблиця 3.6 — Обсяги перевезень пасажирів на міжміських маршрутах

Місяці року	Обсяг перевезень, <i>пас.</i>	Місяці року	Обсяг перевезень, <i>пас.</i>
січень	38160	липень	77950
лютий	46020	серпень	75600
березень	46889	вересень	64480
квітень	52160	жовтень	52140
травень	65501	листопад	41018
червень	75390	грудень	35125

Виконаємо моделювання пасажиропотоку на маршрутах з використанням методу гармонічного аналізу, враховуючи, що період часу містить $m = 12$ відрізків у відповідності до кількості місяців у році.

Розраховані допоміжні значення параметра $z = \frac{2\pi}{n}t$ зведені до таблиці 3.7.

Таблиця 3.7 — Значення $z = \frac{2\pi}{n}t$

t	1	2	3	4	5	6	7	8	9
z	$\frac{\pi}{6}$	$\frac{\pi}{3}$	$\frac{\pi}{2}$	$\frac{2\pi}{3}$	$\frac{5\pi}{6}$	π	$\frac{7\pi}{6}$	$\frac{4\pi}{3}$	$\frac{3\pi}{2}$
t	10	11	12						
z	$\frac{5\pi}{3}$	$\frac{11\pi}{6}$	2π						

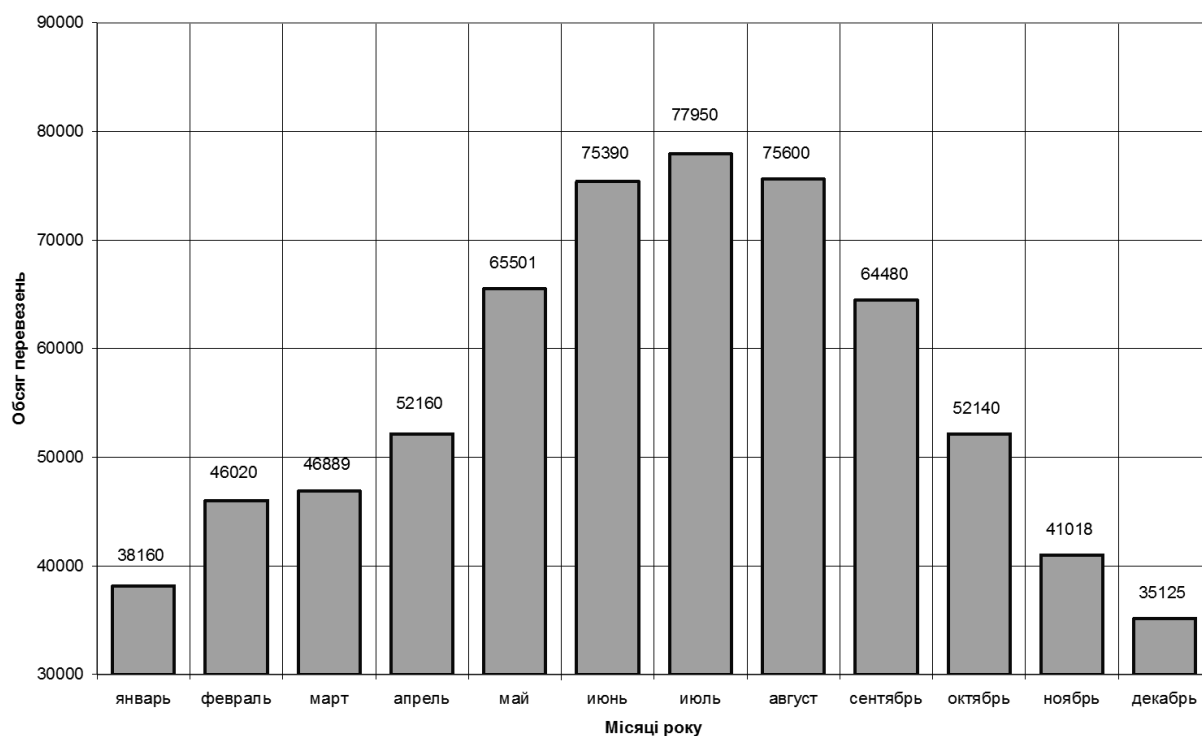


Рисунок 3.3 — Дані про сумарні помісячні обсяги перевезень пасажирів на міжміських маршрутах

Приймаючи максимальну кількість гармонік $m = 3$, визначаємо всі значення $\sin(kz)$ та $\cos(kz)$ (таблиця 3.8).

Таблиця 3.8 — Значення $\sin(kz)$ та $\cos(kz)$ для $m = 3$ гармонік

t	$\sin(kz)$			$\cos(kz)$		
	1	2	3	1	2	3
1	0,500	0,866	1,000	0,866	0,500	0,000
2	0,866	0,866	0,000	0,500	-0,500	-1,000
3	1,000	0,000	-1,000	0,000	-1,000	0,000
4	0,866	-0,866	0,000	-0,500	-0,500	1,000
5	0,500	-0,866	1,000	-0,866	0,500	0,000
6	0,000	0,000	0,000	-1,000	1,000	-1,000
7	-0,500	0,866	-1,000	-0,866	0,500	0,000
8	-0,866	0,866	0,000	-0,500	-0,500	1,000
9	-1,000	0,000	1,000	0,000	-1,000	0,000
10	-0,866	-0,866	0,000	0,500	-0,500	-1,000
11	-0,500	-0,866	-1,000	0,866	0,500	0,000
12	0,000	0,000	0,000	1,000	1,000	1,000

Побудову моделі зміни місячного обсягу пасажирських перевезень на міжміських маршрутах виконуємо у табличному вигляді. Результати розрахунків наведені у таблиці 3.9.

На підставі проведених розрахунків при $m = 3$ гармоніках отримуємо таку модель зміни місячного обсягу пасажироперевезень на міжміських маршрутах

$$Q = 55869 - 8474 \sin z - 18455 \cos z + 3884 \sin 2z - 417 \cos 2z + \\ + 381 \sin 3z - 1778 \cos 3z,$$

$$\text{де } a_0 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n Q_i = 55869.$$

Графік модельованих обсягів перевезень на міжміських маршрутах наведені на рисунку 3.4.

Коефіцієнт нерівномірності обсягів пасажироперевезень по місяцях року знайдемо за формулою

$$\eta_m = \frac{Q_{\max}}{\bar{Q}}, \quad (3.5)$$

де $Q_{\max}$ — максимальне значення місячного обсягу перевезень, *пас.* Згідно побудованої моделі $Q_{\max} = 78863$ пасажирів;

$\bar{Q}$ — середньомісячний обсяг перевезень пасажирів на міжміських маршрутах, *пас.* У нашому випадку $\bar{Q} = a_0 = 55869$ *пас.*

$$\text{Таким чином } \eta_m = \frac{78863}{55869} = 1,41.$$

Необхідну кількість рухомого складу на приміських маршрутах визначаємо за формулою (1.10), приймаючи середню дальність поїздки пасажирів $l_{\text{сер}} = 12,3$ км, коефіцієнт добової нерівномірності перевезень $\eta_m = 1,5$, коефіцієнт випуску парку $\alpha_b = 0,9$, середньозважену пасажиромісткість рухомого складу $\bar{q}_n = 21$ пасажир, експлуатаційну швидкість руху $v_e = 26,7$ км/год, середній час перебування автобуса у наряді $T_n = 12,6$ год., коефіцієнт використання пасажиромісткості $\gamma_c = 0,75$ та коефіцієнт використання пробігу $\beta = 0,92$

$$A = \frac{670433 \cdot 12,3 \cdot 1,5 \cdot 1,41 \cdot 1}{365 \cdot 21 \cdot 0,9 \cdot 0,75 \cdot 26,7 \cdot 12,6 \cdot 0,92} = 10,89 \approx 11 \text{ автобусів.}$$

Таблиця 3.9 — Побудова математичної моделі зміни обсягів перевезень пасажирів на міжміських маршрутах

k		Періоди часу t												a_k	b_k
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		
1	$y_t \sin kt$	19080	39854	46889	45172	32751	0	-38975	-65472	-64480	-45155	-20509	0	-8474	-18455
	$y_t \cos kt$	33048	23010	0	-26080	-56726	-75390	-67507	-37800	0	26070	35523	35125		
	$a_1 \sin kt$	-4237	-7339	-8474	-7339	-4237	0	4237	7339	8474	7339	4237	0		
	$b_1 \sin kt$	-15982	-9227	0	9227	15982	18455	15982	9227	0	-9227	-15982	-18455		
	$\tilde{y}_t$	35650	39303	47395	57758	67614	74324	76089	72435	64343	53981	44124	37415		
2	$y_t \sin kt$	33048	39854	0	-45172	-56726	0	67507	65472	0	-45155	-35523	0	3884	-416
	$y_t \cos kt$	19080	-23010	-46889	-26080	32751	75390	38975	-37800	-64480	-26070	20509	35125		
	$a_1 \sin kt$	3364	3364	0	-3364	-3364	0	3364	3364	0	-3364	-3364	0		
	$b_1 \sin kt$	-208	208	417	208	-208	-417	-208	208	417	208	-208	-417		
	$\tilde{y}_t$	38806	42876	47812	54602	64042	73907	79244	76008	64760	50825	40552	36998		
3	$y_t \sin kt$	38160	0	-46889	0	65501	0	-77950	0	64480	0	-41018	0	381	-1778
	$y_t \cos kt$	0	-46020	0	52160	0	-75390	0	75600	0	-52140	0	35125		
	$a_1 \sin kt$	381	0	-381	0	381	0	-381	0	381	0	-381	0		
	$b_1 \sin kt$	0	1778	0	-1778	0	1778	0	-1778	0	1778	0	-1778		
	$\tilde{y}_t$	39187	44653	47431	52825	64423	75685	78863	74230	65141	52603	40172	35221		

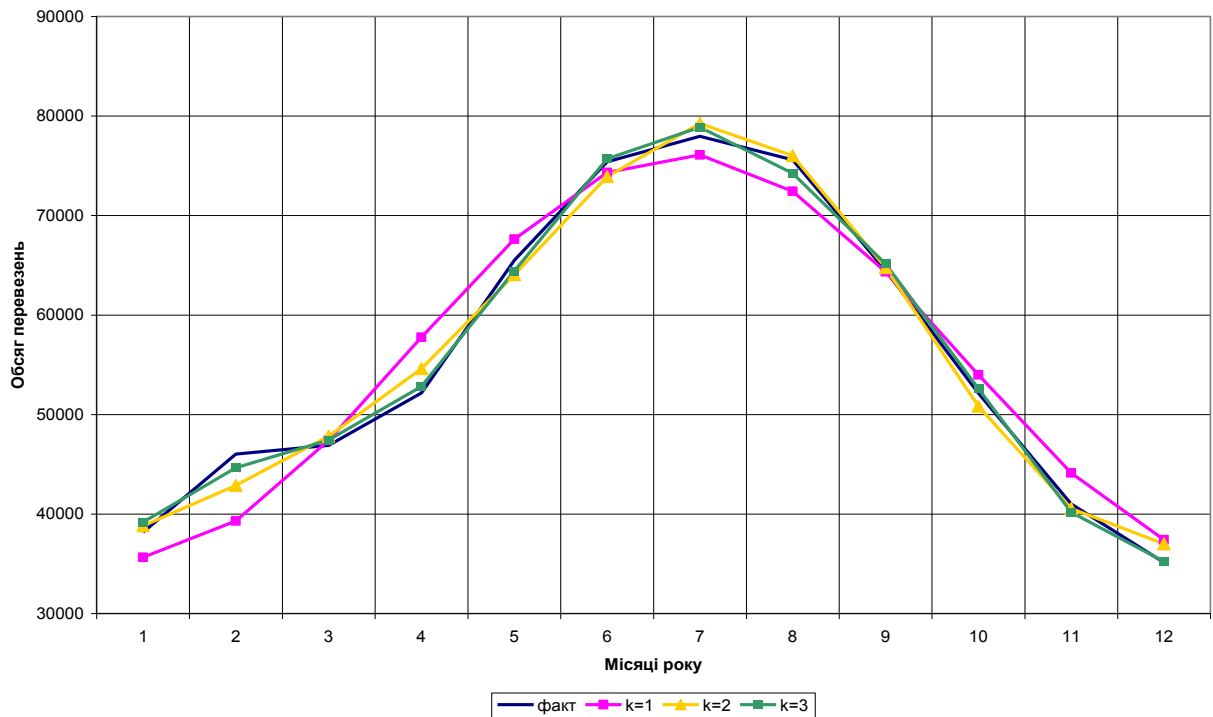


Рисунок 3.4 — Фактичні і модельовані обсяги перевезень пасажирів на міжміських маршрутах

З урахуванням 10% резерву автобусів, необхідний парк рухомого складу малої місткості (Богдан, Еталон) для обслуговування міжміських маршрутів складе

$$A = 1,1 \cdot 11 = 12,1 = 13 \text{ автобусів.}$$

3.2 Моделювання станів парку автобусів підприємства

3.2.1 Опис стану парку рухомого складу за допомогою апарату теорії марківських випадкових процесів

Кількість рухомого складу, яка може бути використана для обслуговування міських маршрутів, визначається станом кожного з автобусів парку на початку дня обслуговування. При цьому кожен з автобусів може бути у стані, який визначає його можливість використання на маршруті, або у стані, який не дає такої можливості. Станами, які унеможливають використання автобуса на маршруті є перебування його на поточному ремонті, виконанні операцій планового технічного обслуговування ТО–1 та ТО–2, тощо.

Таким чином, стан парку автобусів підприємства може бути описаний та змодельований з використанням апарату харківських випадкових процесів з дискретним часом і дискретними станами. Сутність моделювання полягає у наступному [9–10].

Розглянемо деяку фізичну систему S з кінцевим числом всіх можливих станів $S_1, S_2, \dots, S_n$, для якої переходи із стану в стан можливі тільки в дискретні моменти часу $t_1, t_2, \dots, t_k, \dots, t_n$.

Для будь-якого моменту часу $t_1, t_2, \dots, t_k$ існують деякі імовірності переходу системи із одного стану в будь-який інший, а також імовірності перебування (затримки) системи у даному стані. Ці імовірності називаються *перехідними імовірностями марківського ланцюга*.

Поведінка системи, яка описується ланцюгом Маркова, характеризується тим, що у послідовні моменти часу $t_1, t_2, t_3, \dots$ система переходить у інший стан (або залишається у попередньому) випадковим чином (наприклад, $S_1 \rightarrow S_2 \rightarrow S_2 \rightarrow S_3 \rightarrow \dots$ і т.д.). Позначимо подію перебування системи після k моментів часу (кроків) у стані S_k як $S_i^{(k)}$, а імовірності цих подій після k -го кроку як

$$p_1(k) = P\left(S_1^{(k)}\right); \quad p_2(k) = P\left(S_2^{(k)}\right); \quad \dots; \quad p_n(k) = P\left(S_n^{(k)}\right).$$

Процес, який відбувається у системі, можна подати послідовністю (ланцюгом) подій

$$S_1^{(0)}, S_2^{(1)}, S_2^{(2)}, S_3^{(3)}, \dots$$

Така випадкова послідовність подій називається марківським ланцюгом, якщо для кожного кроку ймовірність переходу із будь-якого стану S_i в будь-який стан S_j не залежить від того, коли і як система прийшла в стан S_i . Найважливішою особливістю марківського ланцюга є те, що перехід системи у наступні моменти в деякий стан залежить тільки від стану, у якому вона була в даний момент.

Стани системи $S_1, S_2, \dots, S_n$ у момент t_k характеризують умовними ймовірностями

$$P_{ij} = P\left(\frac{S^{(k)}}{S^{(k-1)}}\right)$$

того, що система за один крок перейде у деякий стан S_j за умови, що у момент часу t_{k-1} вона знаходилась у стані S_i .

Оскільки система може перебувати у одному з n станів, то для формалізації процесу у кожний момент часу t_k необхідно задати n^2 імовірностей переходу P_{ij} . Формалізовану модель процесу можна представити у вигляді матриці *перехідних імовірностей* системи

$$P = \begin{vmatrix} P_{11} & P_{12} & \dots & P_{1j} & \dots & P_{1m} \\ P_{12} & P_{22} & \dots & P_{2j} & \dots & P_{2m} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ P_{i1} & P_{i2} & \dots & P_{ij} & \dots & P_{im} \\ P_{n1} & P_{n2} & \dots & P_{nj} & \dots & P_{nm} \end{vmatrix},$$

де P_{ij} — імовірність переходу системи за один крок зі стану S_i до стану S_j , а P_{ii} — імовірність того, що система затримається у стані S_i .

Матриця перехідних імовірностей має декілька властивостей:

а) кожний рядок матриці характеризує деякий стан системи, а його елементами є імовірності переходу системи за один крок у інші стани, у тому числі і перехід до такого ж стану;

б) елементи стовпців містять імовірності переходів системи за один крок до деякого стану з можливих;

в) сума імовірностей кожного рядка матриці дорівнює одиниці, оскільки події переходу системи до одного з можливих станів утворюють повну групу подій;

г) матриця перехідних імовірностей завжди є квадратною матрицею з невід'ємними елементами, причому $0 \leq P_{ij} \leq 1$;

д) умова $P_{ij} = 0$ означає, що перехід системи зі стану S_i безпосередньо до стану S_j за один крок є неможливим.

Випадковий процес переходів системи зі стану у стан зручно представляти у вигляді геометричної схеми — розміченого графу станів системи. Вершини графа зображуються прямокутниками, визначають стани системи, а дуги графа, показані стрілками — переходи системи із одних станів у інші.

Використовуючи матрицю перехідних імовірностей системи можна визначити імовірності станів системи $P_i^{(k)}$ після k -го кроку переходів за рекурентною формулою

$$P_i^{(k)} = \sum_{j=1}^n P_j^{(k-1)} P_{ji}, \quad (i = 2 \dots n), \quad (3.6)$$

де n — кількість можливих станів системи;

$P_j^{(k-1)}$ — імовірність перебування системи у j -му стані, в якому вона опинилася після $(k-1)$ -го переходу;

P_{ji} — імовірність переходу системи з j -го до i -го стану.

3.2.2 Парк рухомого складу особливо малої місткості

На обслуговуванні міського, приміських маршрутів та виконання нерегулярних перевезень задіяні 8 автобусів класу А. Кожний з автобусів щоденно може перебувати у одному з таких станів: М — робота на міському маршруті; П — робота на приміському маршруті; 1 — перебування на технічному обслуговуванні ТО-1; 2 — перебування на технічному обслуговуванні ТО-2; Р — перебування у поточному ремонті; Н — перебування автобуса на обслуговуванні нерегулярних перевезень на замовлення клієнтів; В — перебування автобуса у парку з неможливістю використання його на маршрутах з різних причин.

У таблицях 3.10 та 3.11 наведені статистичні дані про стани автобусів підприємства за вересень – жовтень 2018 року. Для заданих станів знайдемо матрицю перехідних імовірностей системи за дискретними періодами часу $\Delta t = 1$ доба. Використовуючи дані таблиць 3.10 та 3.11 в якості вихідних даних визначимо кількість переходів системи зі стану у стан, при цьому результати підрахунку зводимо до таблиці 3.12, у якій рядки та стовпчики відповідають можливим станам кожного з автобусів парку.

Таблиця 3.10 — Стани автобусів класу В підприємства «Альфа-Транс» у вересні 2018 року

Державний номер	Дні місяця																														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	
AP 2313 AA	М	М	М	М	В	М	М	М	М	М	Р	М	М	М	М	М	М	М	М	М	В	М	М	М	М	М	М	М	М	М	В
AP 2280 AA	М	М	М	М	М	1	М	М	В	М	М	М	М	М	Р	М	М	М	В	М	М	М	М	М	М	М	В	М	М	М	М
AP 0560 AO	М	Н	Н	М	М	М	М	Н	М	М	М	М	1	Н	М	М	М	М	М	М	М	М	М	М	М	М	М	М	М	М	М
AP 8360 AX	М	М	М	Р	М	М	М	Н	М	М	М	М	М	Н	М	1	М	М	М	Н	М	М	М	М	М	В	М	М	М	М	М
AP 2314 AA	М	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	Р	М	М	М	М	М	М	М	М	М	М	М	М	М	В	М	М	М	М	М	М	М	М
AP 2484 AA	М	М	М	М	М	В	М	М	М	М	М	М	М	М	В	М	М	М	М	М	М	М	М	М	В	М	М	М	М	М	М
AP 2499 AA	В	В	В	В	В	В	М	М	М	М	М	М	М	М	М	М	М	М	М	М	М	М	М	М	М	М	М	М	М	М	М
AP 1684 AA	В	В	В	П	П	П	П	П	П	П	П	2	П	П	П	П	П	П	П	П	1	П	П	П	П	П	П	П	П	П	

Таблиця 3.11 — Стани автобусів класу В підприємства «Альфа-Транс» у жовтні 2018 року

Державний номер	Дні місяця																														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
AP 2313 AA	М	М	М	М	В	В	М	М	М	М	М	М	М	М	М	М	М	М	М	В	М	М	М	М	2	М	М	М	М	В	М
AP 2280 AA	М	М	М	М	М	В	Р	М	В	М	М	М	М	М	Р	М	М	М	В	М	М	М	М	М	М	М	В	М	М	М	М
AP 0560 АО	М	М	М	М	В	В	М	М	М	М	М	М	Н	Н	М	М	М	М	В	М	М	М	М	М	В	М	М	М	М	М	М
AP 8360 AX	М	М	М	В	М	М	М	М	М	М	М	Н	М	М	М	Р	М	М	В	М	М	М	М	М	В	М	М	М	М	М	М
AP 2314 AA	М	М	М	М	В	М	М	М	М	М	М	М	М	Р	М	М	М	М	М	М	М	В	М	М	М	М	М	М	М	2	М
AP 2484 AA	М	М	М	М	М	В	М	М	М	М	М	М	М	2	В	М	М	М	Р	М	М	М	М	М	В	М	М	М	М	М	М
AP 2499 AA	М	М	М	М	В	В	М	М	М	М	М	М	М	В	В	М	М	М	М	М	М	М	М	М	М	В	М	М	М	М	М
AP 1684 AA	В	В	В	П	П	П	П	П	П	П	П	В	П	П	П	2	П	П	П	П	В	П	П	П	П	1	П	П	П	П	П

Послідовно проглядаємо рядки таблиць 3.10 та 3.11, підраховуємо кількість відповідних переходів і проставляємо їх на перехрещенні відповідних станів у таблиці 3.12.

Таблиця 3.12 — Підсумкові дані про кількість переходів автобусів у різні технологічні стани

Стани автобусів	Стани автобусів						
	М	П	1	2	Н	Р	В
М	295	0	3	3	7	8	31
П	1	48	2	2	0	0	3
1	2	2	0	0	1	0	0
2	2	2	0	0	0	0	1
Н	7	0	0	0	2	0	0
Р	9	0	0	0	0	7	0
В	32	4	0	0	0	1	13

Кількість переходів підраховуємо за такими правилами:

а) кількість переходів системи з одного до того ж стану на одиницю менше тієї кількості днів, протягом яких автобус знаходився у цих станах;

б) при переході із одного рядка у другий, тобто до показників наступного автобуса, останні дані попереднього рядка і перші дані наступного рядка розглядаємо як неперервну інформацію.

Сумарні значення переходів за всіма рядками дорівнюють, відповідно, 347, 56, 5, 5, 9, 16 та 50. Поділивши кожний елемент рядка на відповідну суму для даного рядка отримаємо матрицю перехідних імовірностей системи

$$A = \begin{vmatrix} 0,8501 & 0 & 0,0087 & 0,0087 & 0,0202 & 0,0231 & 0,0893 \\ 0,0179 & 0,8571 & 0,0357 & 0,0357 & 0 & 0 & 0,0536 \\ 0,4 & 0,4 & 0 & 0 & 0,2 & 0 & 0 \\ 0,4 & 0,4 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0,2 \\ 0,7778 & 0 & 0 & 0 & 0,2222 & 0 & 0 \\ 0,5625 & 0 & 0 & 0 & 0,4375 & 0 & 0 \\ 0,64 & 0,08 & 0 & 0 & 0 & 0,02 & 0,26 \end{vmatrix}.$$

Згідно з матрицею перехідних імовірностей будемо розмічений граф станів системи (рисунок 3.5).

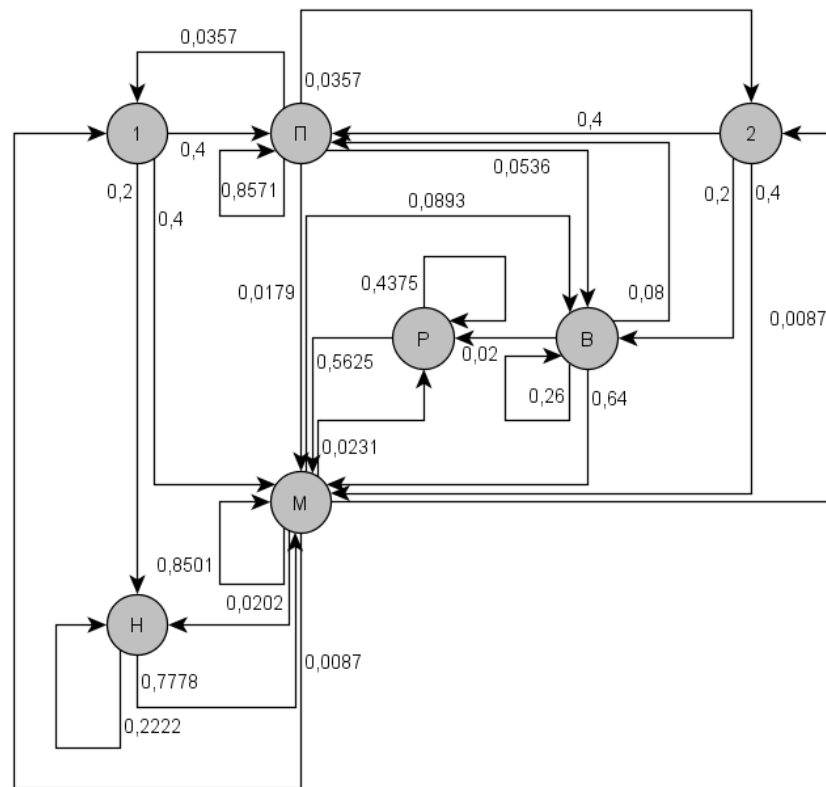


Рисунок 3.5 — Розмічений граф станів і переходів системи

Виконаємо моделювання станів парку автобусів класу А на $n = 10$ кроків вперед (на один календарний місяць). Для цього задамося станом автобусів цього класу на початку модельованого періоду, а саме станом на 30.10.2012 р. У цей день 7 автобусів працювали на міському маршруті, а один — на приміському. Таким чином, вектор початкових розподілів станів автобусів має вигляд

$$P_0 = \{0,875; 0,125; 0; 0; 0; 0; 0\}.$$

Після одного переходу матриця станів системи матиме вигляд

$$P_1 = P_0 \times P = \begin{vmatrix} 0,8501 & 0 & 0,0087 & 0,0087 & 0,0202 & 0,0231 & 0,0893 \\ 0,0179 & 0,8571 & 0,0357 & 0,0357 & 0 & 0 & 0,0536 \\ 0,4 & 0,4 & 0 & 0 & 0,2 & 0 & 0 \\ 0,4 & 0,4 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0,2 \\ 0,7778 & 0 & 0 & 0 & 0,2222 & 0 & 0 \\ 0,5625 & 0 & 0 & 0 & 0,4375 & 0 & 0 \\ 0,64 & 0,08 & 0 & 0 & 0 & 0,02 & 0,26 \end{vmatrix} \times$$

$$\times \{0,875; 0,125; 0; 0; 0; 0; 0\} = \{0,746; 0,107; 0,012; 0,012; 0,018; 0,020; 0,085\}.$$

Продовжуючи розрахунки аналогічним чином на наступні періоди, зведемо їх до таблиці 3.13.

Таблиця 3.13 — Модельовані значення станів автобусів у парку на період $n = 10$ днів

Стан	Імовірність знаходження у стані у день									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
М	0,746	0,725	0,721	0,720	0,719	0,719	0,718	0,718	0,718	0,718
П	0,107	0,108	0,109	0,109	0,109	0,110	0,110	0,110	0,110	0,110
1	0,012	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010
2	0,012	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010
Н	0,018	0,021	0,021	0,021	0,021	0,021	0,021	0,021	0,021	0,021
Р	0,020	0,028	0,031	0,032	0,033	0,033	0,033	0,033	0,033	0,033
В	0,085	0,097	0,098	0,098	0,098	0,097	0,097	0,097	0,097	0,097

Аналізуючи результати розрахунку у таблиці 3.13 бачимо, що уже при $n = 7$ стани системи збігаються до фінальних імовірностей станів. Таким чином, у стаціонарному стані 71,8% автобусів парку перебуватимуть на міському маршруті, 11% перебуватимуть на приміському маршруті, по 1% будуть знаходитись на технічному обслуговуванні ТО–1 чи ТО–2, 2,1% надаватимуть послуги з перевезення пасажирів на нерегулярних перевезеннях, 3,3% перебуватимуть у ремонті та 9,7% — будуть знаходитись у стані без змоги роботи на маршрутах.

Таким чином, сумарна частка парку, яка не може бути використана для роботи на маршрутах, дорівнює

$$P' = p_1 + p_2 + p_R + p_B = 1 + 1 + 3,3 + 9,7 = 15\%.$$

Виходячи з того, що загальна кількість автобусів класу В у парку дорівнює 8 одиницям, необхідна кількість резервних автобусів складе

$$N_p = 0,15N = 0,15 \cdot 8 = 1,2 \approx 1 \text{ автобус.}$$

Графіки імовірностей станів рухомого складу по модельованих періодах наведені на рисунку 3.6. Для зручності графіки подані у логарифмічній шкалі ординат.

Аналогічним чином підраховуємо кількість переходів із стану в стан, враховуючи, що можливих станів автобуса шість (ці автобуси не виділяються для нерегулярних перевезень). Результати підрахунку кількості переходів у різні технологічні стани показані у таблиці 3.15.

Таблиця 3.15 — Підсумкові дані про кількість переходів автобусів у різні технологічні стани

Стани автобусів	Стани автобусів					
	М	П	1	2	Р	В
М	122	0	1	0	0	0
П	2	79	2	2	3	10
1	0	3	0	0	0	0
2	0	2	0	0	0	0
Р	0	4	0	0	1	0
В	0	10	0	0	1	0

Матриця перехідних імовірностей для автобусів малого класу матиме такий вигляд

$$A = \begin{vmatrix} 0,9919 & 0 & 0,0081 & 0 & 0 & 0 \\ 0,0204 & 0,8061 & 0,0204 & 0,0204 & 0,0306 & 0,1020 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0,8 & 0 & 0 & 0,2 & 0 \\ 0 & 0,9091 & 0 & 0 & 0,0909 & 0 \end{vmatrix}.$$

Розмічений граф станів і переходів системи матиме вигляд, наведений на рисунку 3.7.

Початковому стану системи відповідають такі імовірності: $p_{\text{П}} = 0,6$ (три з п'яти автобусів працюють на позаміських маршрутах); $p_{\text{М}} = 0,4$ (два з п'яти автобусів працюють на міському маршруті). Отже початковий вектор імовірностей станів автобусів малого класу матиме такий вигляд

$$P_0 = \{0,4; 0,6; 0; 0; 0; 0\}.$$

Після одного переходу вектор розподілів імовірностей технологічних станів автобусів матиме такий вигляд

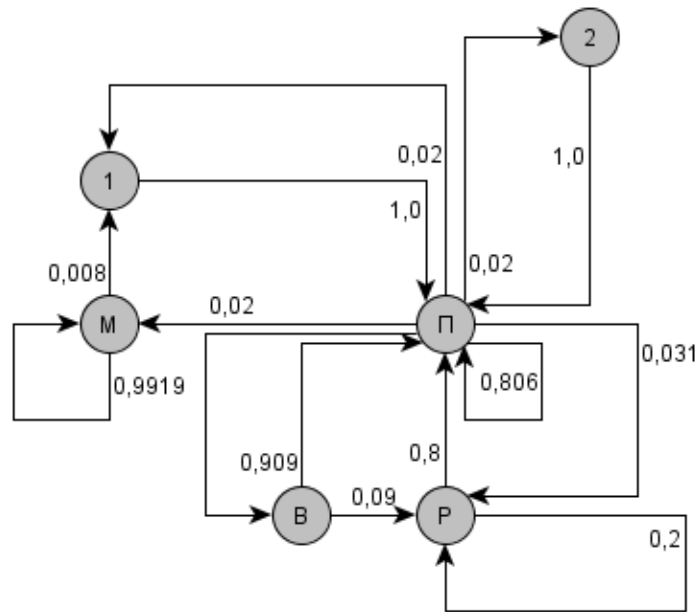


Рисунок 3.7 — Розмічений граф станів і переходів системи

$$P_1 = P_0 \times P = \begin{vmatrix} 0,9919 & 0 & 0,0081 & 0 & 0 & 0 \\ 0,0204 & 0,8061 & 0,0204 & 0,0204 & 0,0306 & 0,1020 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0,8 & 0 & 0 & 0,2 & 0 \\ 0 & 0,9091 & 0 & 0 & 0,0909 & 0 \end{vmatrix} \times$$

$$\times \{0,4; 0,6; 0; 0; 0; 0\} = \{0,409; 0,484; 0,015; 0,012; 0,018; 0,061\}.$$

Продовжуючи розрахунки аналогічним чином на наступні періоди, зведемо їх до таблиці 3.16.

Таблиця 3.16 — Модельовані значення станів автобусів малого класу у парку на період $n = 10$ днів

Стан	Імовірність знаходження у стані у день									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
М	0,409	0,416	0,422	0,428	0,435	0,441	0,447	0,452	0,458	0,464
П	0,484	0,488	0,481	0,475	0,470	0,465	0,460	0,455	0,450	0,446
1	0,015	0,013	0,013	0,013	0,013	0,013	0,013	0,013	0,013	0,013
2	0,012	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,009	0,009	0,009	0,009
Р	0,018	0,024	0,024	0,024	0,024	0,024	0,023	0,023	0,023	0,023
В	0,061	0,049	0,050	0,049	0,049	0,048	0,047	0,047	0,046	0,046

Аналізуючи результати розрахунку у таблиці 3.16 бачимо, що стани системи збігаються до фінальних імовірностей. Таким чином, у стаціонарному стані 46,4% автобусів малого класу парку перебуватимуть на міському маршруті, 44,6% перебуватимуть на позаміських маршрутах, 1,3% буде знаходитись на ТО–1; 0,9% будуть знаходитись на технічному обслуговуванні ТО–2; 2,3% перебуватимуть у ремонті та 4,6% — будуть знаходитись у стані без змоги роботи на маршрутах.

Таким чином, сумарна частка парку, яка не може бути використана для роботи на маршрутах, дорівнює

$$P' = p_1 + p_2 + p_P + p_B = 1,3 + 0,9 + 2,3 + 4,6 = 9,1\%.$$

Виходячи з того, що загальна кількість автобусів класу малого класу у парку дорівнює 5 одиницям, необхідна кількість резервних автобусів складе

$$N_p = 0,091N = 0,091 \cdot 5 = 0,455 \approx 1 \text{ автобус.}$$

Графіки імовірностей станів рухомого складу по модельованих періодах наведені на рисунку 3.8.

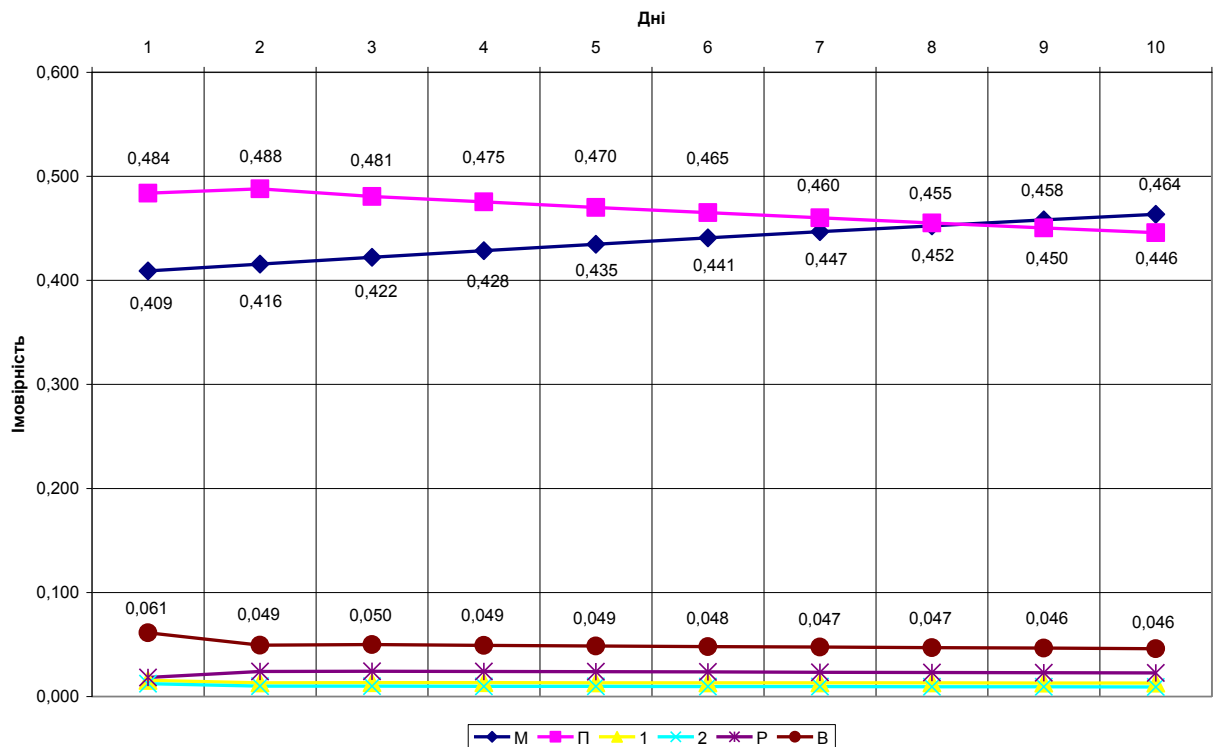


Рисунок 3.8 — Графіки зміни імовірностей станів рухомого складу малої місткості

3.2.4 Парк рухомого складу середньої місткості

Виконуємо моделювання станів рухомого складу малої місткості (автобусів Mercedes Benz 0302). Статистичні дані про роботу цих автобусів за вересень – жовтень місяці 2018 року наведені у таблиці 3.17.

Таблиця 3.17 — Стани автобусів середнього класу підприємства «Альфа-Транс» у вересні – жовтні 2018 року

Держномер	Дні місяця																																
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31		
AP 1802 AA	В	П	П	В	В	П	П	П	П	В	В	П	П	П	П	В	В	1	В	П	П	П	П	В	В	П	П	П	П	П	П		
AP 2224 AI	В	В	В	П	П	В	Н	В	В	П	П	В	В	В	В	П	П	П	В	Н	В	В	П	П	В	В	В	В	В	В	В		
AP 1802 AA	П	В	В	В	В	П	П	П	П	П	П	В	В	П	П	П	П	В	В	В	В	В	В	П	П	П	П	П	П	П	П		
AP 2224 AI	В	П	П	П	П	В	В	В	В	В	В	П	П	В	В	В	В	П	П	П	П	П	П	В	В	В	В	В	В	В	В	В	

Аналогічним чином підраховуємо кількість переходів із стану в стан, враховуючи, що можливих станів автобуса чотири (робота на приміських маршрутах, відстій, виконання ТО–1, робота на нерегулярних перевезеннях). Результати підрахунку кількості переходів у різні технологічні стани показані у таблиці 3.18.

Таблиця 3.18 — Підсумкові дані про кількість переходів автобусів у різні технологічні стани

Стани автобусів	Стани автобусів			
	П	1	В	Н
П	43	0	16	0
1	0	0	1	0
В	16	1	38	2
Н	0	0	2	0

Матриця перехідних імовірностей для автобусів малого класу матиме такий вигляд

$$A = \begin{vmatrix} 0,729 & 0 & 0,271 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0,281 & 0,018 & 0,667 & 0,035 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \end{vmatrix}.$$

Розмічений граф станів і переходів системи матиме вигляд, наведений на рисунку 3.9.

Аналізуючи результати розрахунку у таблиці 3.19 бачимо, що стани системи збігаються до фінальних імовірностей вже при $n = 5$. Таким чином, у стаціонарному стані 49,6% автобусів середнього класу парку перебуватимуть на позаміському маршруті, 0,8% буде знаходитись на ТО-1, 47,9% автобусів будуть обслуговувати нерегулярні перевезення та 1,7% — будуть знаходитись у відстої.

Таким чином, сумарна частка парку, яка не може бути використана для роботи на маршрутах, дорівнює

$$P' = p_1 + p_B = 0,8 + 1,7 = 2,5\%.$$

Виходячи з того, що загальна кількість автобусів класу середнього класу у парку дорівнює 2 одиницям, необхідна кількість резервних автобусів складе

$$N_p = 0,025N = 0,025 \cdot 2 = 0,05 \approx 0 \text{ автобусів.}$$

Графіки імовірностей станів рухомого складу по модельованих періодах наведені на рисунку 3.10.

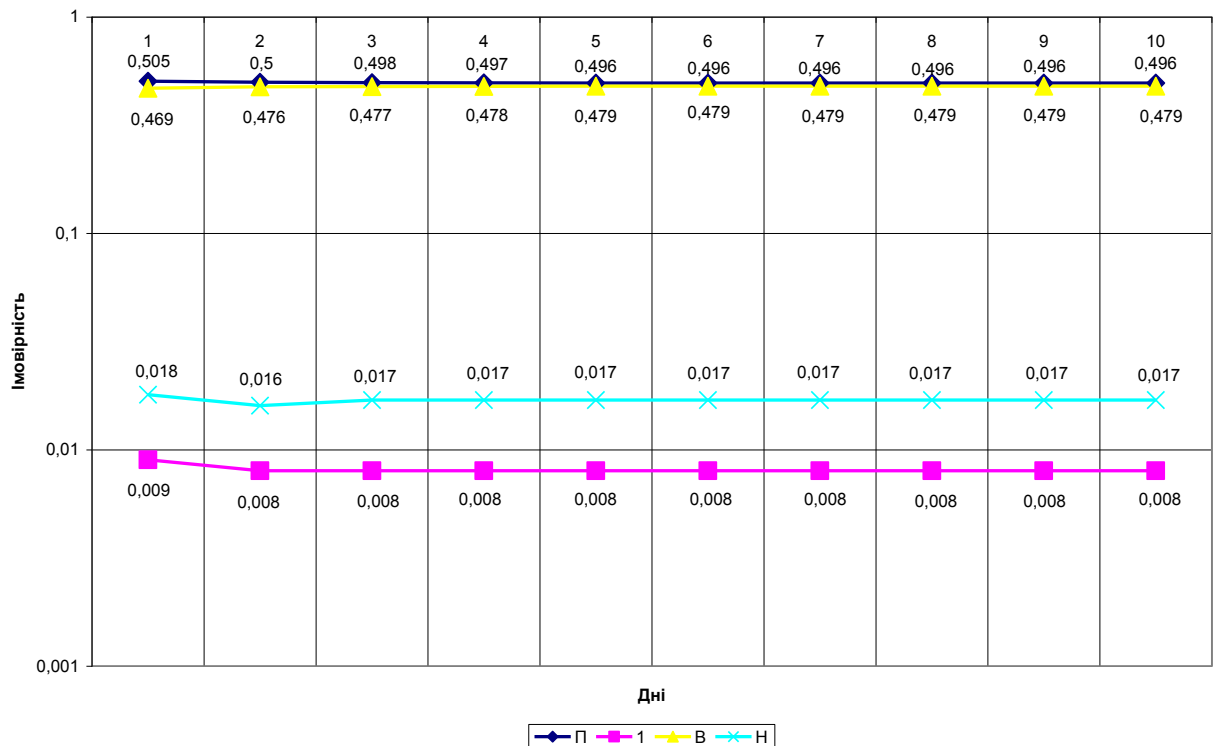


Рисунок 3.10 — Графіки зміни імовірностей станів рухомого складу середньої місткості

Таким чином, для автобусів середнього класу, враховуючи їх значну вартість, створювати резерв недоцільно. Точну кількість резервних автобусів кожного класу у парку автомобільних транспортних засобів підприємства «Альфа-Транс» можна визначити за допомогою техніко-економічних розрахунків.

4 ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ РІШЕНЬ

4.1 Розрахунок собівартості перевезень

Розрахунок експлуатаційних витрат виконуємо на 1 км пробігу у відповідності до Методики розрахунку тарифів на послуги пасажирського автомобільного транспорту, затвердженої наказом Міністерства транспорту і зв'язку України №1175 від 17.11.2009 р. [10].

Собівартість кілометра пробігу автобуса визначимо за формулою

$$c_{\text{км}} = З + З_p + C_{\text{т}} + C_{\text{см}} + C_{\text{то}} + C_{\text{ш}} + A + C_{\text{а}} + C_{\text{пр}}, \quad (4.1)$$

де $З$ — заробітна платня основна і додаткова з відрахуваннями на соціальне страхування, *грн.*;

$З_p$ — заробітна плата ремонтних робітників основна і додаткова з відрахуванням на соціальне страхування, *грн.*;

$C_{\text{т}}$ — витрати на паливо, *грн.*;

$C_{\text{см}}$ — витрати на мастильні матеріали, *грн.*;

$C_{\text{то}}$ — витрати на технічне обслуговування і ремонт, *грн.*;

$C_{\text{ш}}$ — витрати на ремонт та відновлення автомобільних шин, *грн.*;

A — амортизація рухомого складу, *грн.*;

$C_{\text{а}}$ — витрати на акумуляторні батареї, *грн.*;

$C_{\text{пр}}$ — інші витрати, *грн.*

Розрахунок фонду заробітної плати водіїв наведений у таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 — Розрахунок заробітної плати

Стаття	Тип рухомого складу	
	Mercedes Sprinter	Богдан А092
1. Основна заробітна плата (годинна тарифна ставка), <i>кон/год.</i>	2413,00	2751,00
2. Додаткова заробітна плата, <i>кон/год.</i> , у тому числі		
– доплата за класність (25%)	603,25	687,75
– сплата відпусток (9,5%)	229,24	261,35
3. Заробітна плата основна і додаткова, <i>грн/год.</i>	32,45	37,00
4. Експлуатаційна швидкість, <i>км/год</i>	26,7	22,1

Продовження таблиці 4.1.

Стаття	Тип рухомого складу	
	Mercedes Sprinter	Богдан А092
5. Заробітна плата, коп./км.	121,54	167,40
6. Заробітна плата інженерно-технічних працівників та службовців (65,26% від фонду заробітної плати водіїв), коп./км	79,31	109,25
7. Загальний фонд заробітної плати, коп./км	200,85	276,65
8. Єдиний внесок до фондів соціального страхування та пенсійного фонду (22%), коп./км	44,19	60,86
Всього заробітна плата, коп./км.	245,04	337,51

Розрахунок заробітної плати ремонтних робітників наведений у таблиці 4.2.

Таблиця 4.2 — Розрахунок заробітної плати ремонтних робітників

Стаття	Тип рухомого складу	
	Mercedes Sprinter	Богдан А092
1. Річний пробіг автобусів, км	92350	62350
2. Періодичність видів технічного обслуговування, км:		
ТО-1	5000	5000
ТО-2	20000	20000
3. Нормативи трудомісткості:		
ЩО, <i>чол-год</i> на одне обслуговування	0,7	0,8
ТО-1, <i>чол-год</i> на одне обслуговування	5,5	5,8
ТО-2, <i>чол-год</i> на одне обслуговування	18,0	24,0
ТР, <i>чол-год/1000 км</i>	5,5	6,2
4. Кількість обслуговувань на річний пробіг, одиниць:		
ЩО	320	320
ТО-1	19	13
ТО-2	5	3

Продовження таблиці 4.2.

Стаття	Тип рухомого складу	
	Mercedes Sprinter	Богдан А092
5. Трудомісткість робіт з ТО та ТР, <i>чол-год</i> :		
ЩО	224	256
ТО-1	104,5	75,4
ТО-2	90	72
ТР	507,93	386,57
Разом	926,43	789,97
6. Трудомісткість робіт з ТО та ТР на 1000 км пробігу, <i>чол-год</i>	10,03	12,67
7. Годинна тарифна ставка ремонтних робітників (III розряд), <i>коп/год</i>	2285,00	2285,00
8. Розмір доплат і надбавок: за інтенсивну працю — 12%, за високу професійну майстерність — 12%	24%	24%
9. Годинна тарифна ставка з врахуванням доплат і надбавок, <i>коп/год</i>	2833,4	2833,4
10. Оплата відпусток (9,5%), <i>коп/год</i>	217,08	217,08
11. Разом годинна тарифна ставка з врахуванням доплат, надбавок та оплат відпусток, <i>коп/год</i>	3050,48	3050,48
12. Єдиний внесок до фондів соціального страхування та пенсійного фонду (22 %), <i>коп/км</i> .	671,11	671,11
13. Разом годинний фонд заробітної плати ремонтних робітників з відрахуваннями на соціальне страхування, <i>коп/год</i>	3721,59	3721,59
14. Заробітна плата ремонтних робітників на 1 км пробігу, <i>коп/км</i>	37,33	47,15

Витрати на паливо автобусами визначимо за формулою

$$C_T = 0,01(1 + k_{\Sigma}) \cdot H_s \cdot C_T, \quad (4.2)$$

де H_s — базова лінійна норма на пробіг автобуса, л/100 км ($m^3/100$ км) [11];

k_{Σ} — сумарний коригуючий коефіцієнт до базової лінійної норми витрат палива, %;

C_T — ціна 1 л пального, грн/л (грн./ m^3).

Розрахунок витрат на паливо наведений у таблиці 4.3.

Таблиця 4.3 — Розрахунок витрат на паливо

Стаття	Тип рухомого складу	
	Mercedes Sprinter	Богдан А092
1. Лінійна норма витрат палива, <i>л/100 км</i>	9,0	15,6 дт
2. Додаткові витрати палива – за роботу в умовах міста Запоріжжя – за виконання роботи, пов’язаної з частими технологічними зупинками	10 5	10 5
3. Ціна 1 <i>л</i> палива, <i>грн/л</i> (без ПДВ)	31,00	32,00
4. Витрати палива на 1 <i>км</i> пробігу, <i>л</i>	0,1035	0,1794
5. Витрати на паливо на 1 <i>км</i> пробігу, <i>грн./км</i>	3,21	5,74

Витрати на мастильні матеріали приймаємо у розмірі 15% від витрат на паливо. Для автобуса Mercedes Sprinter $C_{\text{см}} = 48,15$ коп./км., для автобусів Богдан А-092 $C_{\text{см}} = 86,10$ коп./км.

Витрати на автомобільні шини визначаємо за формулою

$$C_{\text{ш}} = \frac{Ц_{\text{ш}}}{L_{\text{ш}}}, \quad (4.3)$$

де $Ц_{\text{ш}}$ — ціна комплекту шин, *грн.*;

$L_{\text{ш}}$ — нормативний пробіг шин до заміни, *км*.

Розрахунок витрат на автомобільні шини наведений у таблиці 4.4.

Таблиця 4.4 — Розрахунок витрат на автомобільні шини

Стаття	Тип рухомого складу	
	Mercedes Sprinter	Богдан А092
1. Кількість шин, одиниць	4+1	6+1
2. Розмір шин	225/70/15С	7×16-10PR
3. Норма експлуатаційного пробігу автошин, <i>тис. км</i>	80	80
4. Вартість шини, <i>грн</i>	3032	3350
5. Витрати на автошини на 1 <i>км</i> пробігу, <i>коп./км</i>	18,95	29,31

Витрати на технічне обслуговування і ремонт визначаємо у відповідності до Нормативів витрат на технічне обслуговування і поточний

ремонт по базових марках автомобілів, затверджених наказом Міністерства транспорту України 14.11.1995 р. Результати розрахунку наведені у таблиці 4.5.

Таблиця 4.5 — Розрахунок витрат на запасні частини і матеріали

Стаття	Значення для автобусів	
	Mercedes Sprinter	Богдан А092
1. Витрати на запасні частини, <i>грн/1000 км</i> пробігу	57,15	57,15
2. Витрати на матеріали, <i>грн/1000 км</i> пробігу	89,84	89,84
3. Витрати на запасні частини і матеріали, <i>коп/км</i> .	14,7	14,7

Амортизаційні відрахування на рухомий склад визначаємо виходячи з річної норми амортизаційних відрахувань 20% (5 років служби). Результати розрахунку амортизаційних відрахувань наведені у таблиці 4.6.

Таблиця 4.6 — Розрахунок амортизаційних відрахувань

Стаття	Тип рухомого складу	
	Mercedes Sprinter	Богдан А092
1. Балансова вартість автобуса, <i>грн</i> .	157000	534000
2. Річна норма амортизації, %	20	20
3. Річний пробіг автобуса, <i>км</i> .	92360	62354
4. Річні амортизаційні відрахування, <i>грн</i> .	19602	46082
5. Амортизаційні відрахування, <i>коп/км</i>	34,0	171,3

Витрати на заміну відновлення акумуляторних батарей автобусів визначимо за формулою

$$C_a = \frac{100 \cdot C_{аб} \cdot n_{аб}}{H_{аб} \cdot I}, \quad (4.4)$$

де $C_{аб}$ — вартість акумуляторної батареї, грн.;

$n_{аб}$ — кількість акумуляторних батарей, встановлених на автобусі;

$H_{аб}$ — експлуатаційна норма середнього ресурсу акумуляторної батареї, встановлена «Експлуатаційними нормами середнього ресурсу акумуляторних свинцевих батарей колісних транспортних засобів і спеціальних машин, виконаних на колісних шасі», затверджених наказом Міністерства транспорту і зв'язку України №489 від 20.05.2006 року [12];

I — фактична інтенсивність експлуатації автомобільного транспортного засобу, км/місяць.

Розрахунок витрат на акумуляторні батареї для автобусів наведений у таблиці 4.7.

Таблиця 4.7 — Розрахунок витрат на акумуляторні батареї

Стаття	Тип рухомого складу	
	Mercedes Sprinter	Богдан А092
1. Тип акумуляторної батареї	55DL23L	6СТ-90
2. Кількість акумуляторних батарей	1	2
3. Місячний пробіг автобуса, км	7696	5196
4. Норма середнього ресурсу акумуляторної батареї, міс.	18	18
5. Вартість акумулятора, грн.	3240	2070
6. Витрати на акумулятори на 1 км пробігу, коп./км	2,33	4,43

Загальновиробничі витрати приймаємо у розмірі 30% від фонду оплати праці водіїв. Для автобусів Mercedes Sprinter $C_{\text{пр}} = 0,3 \cdot 121,54 = 36,5$ коп./км., для автобусів Богдан А092 $C_{\text{пр}} = 0,3 \cdot 167,40 = 50,2$ коп./км.

Результати розрахунку собівартості пробігу автобусів наведені у таблиці 4.8.

Таблиця 4.8 — Собівартість виконання 1 км пробігу по статтях витрат

Стаття	Тип рухомого складу	
	Mercedes Sprinter	Богдан А092
1. Заробітна плата водіїв та інженерно-технічних робітників з відрахуваннями, коп./км.	245,04	337,51
2. Заробітна плата ремонтних робітників, коп./км	37,33	47,15
3. Паливо, коп./км.	321,0	574,0
4. Масильні матеріали, коп./км.	48,15	86,10

Продовження таблиці 4.8.

Стаття	Тип рухомого складу	
	Mercedes Sprinter	Богдан А092
5. Автомобільні шини, коп/км.	18,95	29,31
6. Запасні частини та матеріали для обслуговування і ремонту, коп/км.	14,7	14,7
7. Амортизація рухомого складу, коп/км	34,0	171,3
8. Акумуляторні батареї, коп./км	2,33	4,43
9. Загальновиробничі витрати, коп/км	36,5	50,2
Собівартість виконання 1 км пробігу, коп.	758,00	1314,7

4.2 Розрахунок експлуатаційних витрат, доходів, прибутку та рентабельності перевезень за існуючим варіантом

Експлуатаційні витрати розраховуємо за формулою

$$C_p = c_m \cdot L_m + c_{пp} \cdot L_{пp}, \quad (4.5)$$

де c_m — собівартість 1 км пробігу автобуса на міському маршруті (автобуси Mercedes Sprinter), грн.;

L_m — річний пробіг всіх автобусів на міському маршруті, км;

$c_{пп}$ — собівартість 1 км пробігу автобуса на міжміському маршруті (автобуси Богдан А092), грн.;

$L_{пп}$ — річний пробіг всіх автобусів на міжміських маршрутах, км.

Згідно даних підприємства на міському маршруті №62 щодоби виконується 126,5 оборотних рейсів довжиною 28 км з коефіцієнтом використання пробігу 0,92. Таким чином, загальний річний пробіг автобусів на міському маршруті складе

$$L_m = \frac{365 \cdot 126,5 \cdot 28}{0,92} = 1405250 \text{ км.}$$

На міжміському маршруті «Запоріжжя – Курахове» за добу виконується один оборотний рейс довжиною 360 км, на міжміському маршруті «Запоріжжя – Херсон» за добу виконується один оборотний рейс

довжиною 692 км, на міжміському маршруті «Запоріжжя — Приморськ» виконується за добу три оборотних рейси довжиною 370 км. Загальний річний пробіг автобусів на міжміських маршрутах з урахуванням коефіцієнту використання пробігу 0,96 складе

$$L_{\Pi} = \frac{365 [360 + 692 + 3 \cdot 370]}{0,96} = 822010 \text{ км.}$$

Річні витрати на організацію перевезень на міському і приміських маршрутах дорівнюють

$$C_p = 7,58 \cdot 1405250 + 13,15 \cdot 822010 = 21461227 \text{ грн.}$$

Доходи підприємства від надання послуг з перевезення пасажирів на маршрутах визначимо за формулою

$$Д = \frac{N_{\text{м}} \cdot \Pi_{\text{м}} + N_{\text{п}} \cdot \Pi_{\text{п}}}{k_{\text{ндс}}}, \quad (4.6)$$

де $N_{\text{м}}$ — річний обсяг перевезень пасажирів на міському маршруті. За даними підприємства $N_{\text{м}} = 1848240$ пасажирів;

$\Pi_{\text{м}}$ — вартість проїзду на міському маршруті, *грн.* $\Pi_{\text{м}} = 7,0 \text{ грн.}$;

$N_{\text{п}}$ — річний обсяг перевезень пасажирів на міжміських маршрутах. За даними підприємства з урахуванням змінюваності пасажирів на маршруті $N_{\text{п}} = 93952$ пасажирів;

$\Pi_{\text{п}}$ — вартість проїзду на міжміських маршрутах, яка відповідає середній дальності поїздки пасажирів ($\bar{l}_{\text{п}} = 143 \text{ км}$), *грн.* Згідно встановленої середньої вартості проїзду $\Pi_{\text{п}} = 125 \text{ грн.}$;

$k_{\text{ндс}}$ — коефіцієнт, який враховує податок на додану вартість, Для міського маршруту $k_{\text{ндс}} = 1,0$, для міжміських маршрутів $k_{\text{ндс}} = 1,2$

$$Д = \frac{1848240 \cdot 7,0}{1,0} + \frac{93952 \cdot 125}{1,2} = 22724347 \text{ грн.}$$

Прибуток за існуючим варіантом організації перевезень визначаємо як різницю між доходом і річними експлуатаційними витратами, тобто $П = Д - С = 22724347 - 21461227 = 1263120 \text{ грн.}$, а рентабельність перевезень, яка визначається як відношення прибутку до витрат, складає $Р = П / С \times 100\% = 1263120 / 21461227 \times 100\% = 5,9\%$.

4.3 Додаткові капітальні вкладення

Згідно проектного варіанту пропонується придбання резервного рухомого складу: одного автобуса Mercedes Sprinter та одного автобуса БАЗ А079. Згідно даних сайту www.avtobazar.ua вартість автобуса Mercedes Sprinter 316 2014 року випуску становить 800 000 грн. За даними того ж сайту новий приміський автобус БАЗ А079.13 коштує 1 410 000 грн. Таким чином, додаткові капітальні вкладення дорівнюють 2 210 000 грн.

4.4 Розрахунок витрат і доходів за пропонованим варіантом

При розрахунку витрат і доходів за пропонованим варіантом припускаємо, що недостатній резерв автобусів призводить до сходу автобусів з лінії і, як наслідок, зменшення доходу від виконання перевезень. Причому це зменшення пропорційне кількості резервних автобусів. Таким чином, за існуючим варіантом міський та міжміські маршрути обслуговує загалом 28 автобусів. Додавання двох резервних автобусів збільшує їх кількість у $(28 + 2)/28 = 1,07$ разів. Відповідно, у стільки ж зростуть витрати, дохід і прибуток підприємства

$$D_{p.pr} = 1,07D_{p.б} = 1,07 \cdot 22724347 = 24315051 \text{ грн.};$$

$$C_{pr} = 1,07C_б = 1,07 \cdot 21461227 = 22963513 \text{ грн.};$$

$$П_{pr} = 1,07П_б = 1,07 \cdot 1263120 = 1351538 \text{ грн.}$$

4.5 Розрахунок чистої поточної вартості проекту

Чисту поточну вартість проектного варіанту визначаємо за формулою [13]

$$NPV = \sum_{t=1}^n \frac{B_t}{(1+i)^t} - \sum_{t=1}^n \frac{C_t}{(1+i)^t}, \quad (4.7)$$

де B_t — річні вигоди від впровадження проекту у термін t , грн.;

5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА У НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

Темою магістерської роботи є «Моделювання пасажиропотоків та оптимальне резервування рухомого складу пасажирського автотранспортного підприємства».

5.1 Аналіз потенційних небезпек

Небезпечними і шкідливими виробничими факторами при виконанні робіт на автомобільному транспорті є:

1. Наїзди проїжджаючих транспортних засобів, коли водій залишає свій транспортний засіб під час вимушеної зупинки.
2. Наїзди при самовільному русі транспортних засобів у випадках не вживання заходів, які виключають можливість руху за відсутності водія.
3. Порухення правил дорожнього руху, що приводять до дорожньо-транспортних пригод.
4. Порухення трудової дисципліни водієм, які можуть привести до дорожньо-транспортних пригод.
5. Термічні фактори (пожежі, вибухи при подачі палива в карбюратор двигуна самопливом, перевірки наявності палива в баку з використанням відкритого полум'я, витікання газу із газобалонної установки; опіки паром, охолоджуючою рідиною із радіатору);
6. Першочергове значення серед шкідливих виробничих факторів належить нервово-емоційному напруженню, що призводить до втоми. Величина напруження пов'язана з кількістю і характером інформації, що надходить, відповідальністю за життя учасників руху і збереженням їх здоров'я, за збереження матеріальних цінностей, а також залежить від індивідуальних особливостей водія. Інформаційний потік, що надходить до водія автомобіля, за певних умов може викликати стан монотонії та засинання під час руху. Це спостерігається під час поїздок у транспортному потоці, що рухається з рівномірною швидкістю, і посилюється за умов одноманітності шляху, низької інтенсивності руху.

7. До несприятливих виробничих чинників у кабінах автомобілів належить шум. Основними його джерелами є двигун з вентилятором системи охолодження і випускним трубопроводом, ходова частина, кузов і вантаж. Істотний внесок у загальний рівень шуму здійснює шумовий клімат середовища руху.

Збільшення шуму відбувається зі зростанням швидкості руху і зношеності автомобілів, причому при розгоні переважає шум від вихлопної системи двигуна. У зношених автомобілях серед інших джерел шуму зростає також і роль кузова.

При дії шуму 80 дБА розвиваються гальмівні процеси в корі головного мозку, ознаки невротизації на фоні виснаження функціональних резервів сенсомоторної зони кори, а при шумі 90 дБА в операторів вже з 2-ї години роботи різко збільшується час зорово-рухових реакцій, знижуються функції пізнання, пам'яті і т.д.

8. Вібрація є одним з основних несприятливих виробничих чинників, що впливають на водіїв автомобілів. Основними джерелами локальної вібрації, що передається через органи управління автомобілем, є двигун і трансмісія. Рівень загальної вібрації залежить від якості дорожнього покриття, швидкості руху і конструктивних особливостей сидіння і ходової частини автомобіля. Дослідження специфічного впливу вібронавантаження на водіїв автомобілів у реальних умовах діяльності однозначно свідчать, що поріг збудливості вестибулярного аналізатора поступово підвищується до кінця робочої зміни ;

9. Підвищена загазованість повітря робочої зони (зміст двоокису вуглеводу, окислу вуглеводу, оксидів азоту, пари бензину тощо) у разі несправності вихлопної системи.

Основними джерелами забруднення повітряного середовища кабіни автомобіля токсичними речовинами є двигун, картер, карбюратор, бензобак, повітря придорожньої зони. Безумовно, головний забруднювач — відпрацьовані гази двигуна самого автомобіля і гази, що потрапляють в кабінку з придорожньої зони.

10. Мікроклімат у кабіні має вплив на здоров'я водія, а саме не благосприятливий мікроклімат може привести до різних захворювань дихальних шляхів та легенів.

5.2 Заходи по забезпеченню безпеки

Головним нормативним актом, що регулює правила безпеки та охорони праці на пасажирському автомобільному транспорті є ДНАОП 0.00–1.28–97 «Правила охорони праці на автомобільному транспорті».

1. Під час вимушеної зупинки автомобіля на узбіччі або на краю проїжджої частини дороги для проведення ремонту водій зобов'язаний включити аварійну світлову сигналізацію, одягнути сигнальний жилет і встановити знак аварійної зупинки або миготливий червоний ліхтар на відстані не ближче 20 м до транспортного засобу в населених пунктах і 40 м — за їх межами.

При ремонті автомобіля на маршруті слідування водій зобов'язаний виконувати вимоги безпеки:

- з'їхати на узбіччя дороги;
- встановити знаки безпеки;
- включити габаритні вогні при поганій видимості;
- зупинити автомобіль за допомогою стоянкової гальмової системи;
- одягти сигнальний жилет;
- підкласти під колеса упори.

При роботах на узбіччі під автомобілем забороняється знаходитися з боку проїжджої частини.

2. При зупинці (стоянці) автомобіля водій, залишаючи транспортний засіб, повинен вжити заходів проти самовільного його руху: зупинити двигун, встановити важіль перемикачів передач в нейтральне положення, загальмувати автомобіль стоянковим гальмом. Якщо автомобіль стоїть навіть на незначному уклоні, необхідно додатково підставити під колеса упорні колодки. На спусках та підйомах, де спосіб постановки не регламентується засобами регулювання руху, транспортні засоби необхідно ставити під кутом до краю проїжджої частини так, щоб виключити можливість їх самовільного руху.

3. Для запобігання порушень водієм правил дорожнього руху на підприємстві повинні проводитися інструктажі, та повинна проводитися праця з водіями-порушниками.

4. До порушень трудової дисципліни належать:

- управління автомобілем в стані алкогольного або наркотичного сп'яніння, а також в хворому або втомленому стані ;
- передавання управління автомобілем особі, не вказаній в подорожньому листі, яка знаходиться в нетверезому стані або не має при собі посвідчення на право управління автомобілем ;
- самовільне відхилення від маршруту, вказаного в подорожньому листі ;

- зберігання і перевезення в салоні бензину та інші легкозаймисті рідини ;
- виконання будь-якої роботи, знаходячись під автомобілем, вивішеному тільки на домкраті, без установки козелка ;
- використання як підставку під вивішений автомобіль випадкові предмети: камені, цеглини тощо.

Водій зобов'язаний перевірити, щоб автомобіль був забезпечений упорними колодками (не менше двох штук) для підкладення під колеса, широкою підкладкою під п'яту домкрата, а також медичною аптечкою, знаком аварійної зупинки або миготливим червоним ліхтарем та вогнегасником.

Водій може виїжджати на маршрут слідування тільки після проходження медичного огляду і відповідної відмітки в подорожньому листі.

Перед відправленням в рейс тривалістю більше доби водій повинен бути ознайомлений з режимом праці та відпочинку, мати записаний в подорожньому листі маршрут слідування з вказівкою місць тимчасового і тривалого відпочинку.

5. При перегріві двигуна пробку радіатора можна відкривати тільки тоді, коли температура води (рідини) нижче 100 °С, інакше при відкритті пробки відбудеться викид киплячої води. Пробку радіатора на гарячому двигуні необхідно відкривати у рукавицях або накривши її ганчіркою. Пробку слід відкривати обережно, не допускаючи інтенсивного виходу пари в бік відкриває.

Для попередження випадків обмороження при усуненні несправностей зимою в дорозі слід працювати тільки в рукавицях. Забороняється доторкатися до металевих предметів, деталей та інструменту руками без рукавиць, якщо в кабіні автобусу не працює або несправна система опалювання.

Для перевірки наявності палива в паливних баках автомобіля (автобуса) слід застосовувати спеціальні лінійки, що виключають іскроутворення в результаті ударів, переносні світильники у вибухобезпечному виконанні та інші пристосування.

6. Виробнича втома як наслідок впливу на організм працівника трудових навантажень і умов виробничого середовища, з одного боку, відіграє захисну роль, а з другого — стимулює відновлювальні процеси і підвищення працездатності. Тому заходи по боротьбі з втомою ні в якому разі не мають метою ліквідувати це фізіологічне явище. Вони спрямову-

ються на: віддалення розвитку втоми в часі, недопущення глибоких стадій втоми і перевтоми працівників, прискорення відновлення сил і працездатності, за рахунок виконання режиму праці та відпочинку.

Посиленню активізації коркових центрів сприяє одночасна робота різних груп м'язів, які забезпечують взаємну стимуляцію. Ще більше практичне значення в боротьбі з втомою має робота інших м'язів перед виконанням основної роботи. Цю функцію на виробництві виконує вступна гімнастика.

Слід також відмітити і засоби екстреного підвищення працездатності і віддалення втоми. Це глюкоза, фосфати, аскорбінова кислота, вітаміни та мікроелементи. А також це речовини, які діють спеціально на нервову систему. До них належать фенамін, препарати лимоннику, женьшеню, кофеїн і т. ін. Вони можуть давати як справжню стимуляцію, так і призводити до збільшення функціональних затрат через віддалення процесу гальмування. При цьому порушення коркової нейродинаміки погіршує якість виконання роботи, особливо там, де необхідна координація рухів, а це може привести до ДТП.

5.3 Заходи по забезпеченню виробничої санітарії та гігієни праці

1. Згідно ГОСТ 12.1.003-83 «Шум. Общие требования безопасности» рівні звуку та еквівалентні рівні звуку в салонах легкових автомобілів та автобусів не повинні, перевищувати 60 дБА.

На автомобільному транспорті поліпшення акустичних показників досягається за рахунок скорочення шуму від основних джерел його утворення: двигуна, систем впуску повітря і випуску відпрацьованих газів, агрегатів трансмісії, шин тощо. Зменшення шуму двигуна досягається застосуванням в його конструкції, широким використанням у вузлах і деталях пластмаси, гуми, кераміки, алюмінію та інших композиційних матеріалів. Системи впуску повітря обладнають одно- і багатоступінчастими повітряними фільтрами, які разом з ефективною очищенням повітря здійснюють функцію глушіння шуму впуску. Системи випуску відпрацьованих газів ДВЗ постачають глушниками випуску. Останнім часом на зарубіжних автомобілях встановлюють глушники — нейтралізатори відпрацьованих газів, що забезпечують ефективне глушіння шуму і каталітичну нейтралізацію викидів.

Шини автомобіля є джерелом підвищеного шуму на швидкостях руху понад 50 км/год. Рівень шуму в значній мірі визначається малюнком протектора шини. Гладкий малюнок протектора призначається для швидкісних шин і створює менший шум. Рельєфний малюнок призначено для руху в умовах низькоякісного дорожнього покриття з малими швидкостями. При русі з підвищеними швидкостями такі шини створюють дуже сильний шум.

Кузов автомобіля при русі контактує своєю зовнішньою поверхнею з потоками повітря, в результаті чого утворюється аеродинамічний шум. Для зниження цього шуму розроблені нові компоновальні схеми автомобілів.

Підвищенню комфортності та інших споживчих якостей автомобілів служить шумоізоляція салону і кабіни водія з застосуванням сучасних синтетичних матеріалів. Цій же меті служать наносяться на дно і бокові панелі кузова, двері, панелі моторного відсіку вібропоглинаючі і протикорозійні пасти.

Шумовий вплив автомобільного транспорту багато в чому визначається профілем дороги і типом покриття. Найменший шум реєструється при русі по асфальтобетону. Інші види покриттів викликають приріст шуму, особливо на великих швидкостях руху. Ведуться роботи з удосконалення технології будівництва, ремонту та утримання автодоріг.

2. Для захисту від вібрації застосовують такі методи: зниження віброактивності машин; відбудова від резонансних частот; вібродемпфування; віброізоляція; віброгасіння, а також індивідуальні засоби захисту.

Для підвищення захисних властивостей організму, працездатності і трудової активності слід використовувати спеціальні комплекси виробничої гімнастики, вітамінну профілактику (два рази на рік комплекс вітамінів С, В, нікотинову кислоту), спецхарчування.

3. Для запобігання загазованості повітря робочої зони проводяться технічне обслуговування (ТО–1, ТО–2, щоденний огляд, щозмінний огляд, поточний та капітальний ремонт), та щоденний контроль перед виїздом на лінію. А також використовують сучасні глушники, які нейтралізують відпрацьовані гази, що забезпечує каталітичну нейтралізацію викидів.

4. Проблема зниження забрудненості зони дихання водіїв залишається актуальною. Навіть порівняно невеликі концентрації токсичних речовин, особливо в поєднанні з іншими чинниками виробничого середовища, можуть негативно впливати на організм водіїв і, отже, знижувати безпеку дорожнього руху.

Згідно ГОСТ 12.1.007–76 «Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности» вміст шкідливих речовин у повітрі робочої зони водія в кабіні (салоні) не повинен перевищувати гранично допустимих концентрацій.

5. Мікроклімат у кабіні залежить від особливостей систем опалювання, вентиляції, а також ряду конструктивних параметрів самого автомобіля та відповідає вимогам ДБН В.2.5–67:2013 «Вентиляція, опалення та кондиціонування» та забезпечує стан повітря робочої зони згідно ГОСТ 12.1.005–88 «Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны»

Підвищення і зниження температури, а також протяги викликають захворювання верхніх дихальних шляхів і легень, а тривала робота при низькій температурі може призвести до обморожування. Тому можливе коливання температури — в закритих приміщеннях для нормальних умов праці 10–20 °С.

Істотну роль у формуванні мікроклімату в автобусах і легкових автомобілях може відігравати кількість пасажирів, що перевозяться, кількість і частота зупинок з відкриттям дверей, режим роботи двигуна і т.д.

5.4 Заходи з пожежної безпеки

Технічний стан дорожніх транспортних засобів відповідає вимогам стандартів, Правил пожежної безпеки України, Правил дорожнього руху, Правил охорони праці на автотранспорті, Правил технічної експлуатації, нормативних актів з охорони навколишнього середовища, інструкцій підприємств-виробників, реєстраційних документів та іншої нормативної документації. Дорожні транспортні засоби оснащені вогнегасниками відповідно до Постанови Кабінету Міністрів України від 08.10.97 №1128 «Про забезпечення транспортних засобів первинними засобами пожежогасіння».

На підприємстві ТОВ «Альфа-Транс» в наявності є автомобілі малої, середньої та великої пасажиромісткості.

Автомобілі (автобуси) для перевезення пасажирів у кількості:

– до 30 осіб — оснащені вогнегасниками порошковими ВП–2 (або ВП–5) та вуглекислотним ВВК–5;

– понад 30 осіб — одним порошковим ВП–5 та ВП–2 (або ВП–5 та вуглекислотним ВВК–5).

В усіх автомобілях вогнегасники розміщено в кабіні безпосередньо біля водія в легкодоступному для нього місці. Вогнегасники, які розміщують поза кабіною, захищено під впливу атмосферних опадів, сонячних променів і бруду.

У пасажирських салонах автобусів вогнегасники розміщуються приблизно на рівні центра вікон або вище в передньому куті салону для забезпечення їх цілості, для можливого контролю з боку водія та доступу до них через передні двері.

При роботі з вогнегасником водії керуються інструкціями наказу Міністерства внутрішніх справ України від 15.01.2018 р. «Про затвердження правил експлуатації та типових норм належності вогнегасників». Допускається кріплення вогнегасників в нахиленому або горизонтальному положенні корпусу.

5.5 Дії виробничого персоналу у надзвичайних ситуаціях

По маршрутам, які обслуговує ТОВ «Альфа-Транс», є залізничний переїзд, біля перехрестя вулиць Привокзальної та М. Ласточкина (біля залізничного вокзалу Запоріжжя-1).

Даний переїзд регулюється пристроями сигналізації (світлофорами, звуковими сигналами, шлагбаумами) та черговими.

Дорожньо-транспортні події на залізничних переїздах за своїми наслідками наближаються до катастроф, оскільки призводять до великої кількості людських жертв та значного пошкодження транспортних засобів.

При наближенні до залізничного переїзду водій повинен зменшити швидкість руху і перейти на одну з нижчих передач. Дистанція до транспортного засобу, що рухається попереду, повинна бути такою, щоб у випадку його раптової зупинки можна було своєчасно зупинитись або об'їхати його без застосування заднього ходу. Під'їжджаючи до переїзду, а також починаючи рух після зупинки перед ним, водій зобов'язаний керуватися вказівками і сигналами чергового по переїзду, положенням шлагбаума, світловою і звуковою сигналізацією, дорожніми знаками і дорожньою розміткою, а також переконатися в тому, що не наближається поїзд (локомотив, дрезина).

При ввімкнених заборонних сигналах світлофора чи звуковому сигналі незалежно від наявності та положення шлагбаума, виїжджати на

переїзд забороняється. Якщо шлагбаум відкритий, світлофор не горить і звукова сигналізація не працює, водій повинен впевнитись, що до переїзду не наближається поїзд або локомотив, бо навіть найсучасніша техніка може відмовити.

При вимушеній зупинці на залізничному переїзді водій автомобіля зобов'язаний висадити людей і негайно вжити всіх заходів для звільнення переїзду і зупинки поїзда [14].

Якщо автомобіль не вдається видалити з переїзду, то водій автомобіля повинен:

- послати двох людей вздовж шляхів в обидва боки на 1000 м від переїзду (якщо одного, то у бік гіршої видимості шляху), пояснивши порядок подачі сигналу зупинки машиністу поїзда, що наближається; сигналом зупинки служить круговий рух руки: вдень — з клаптем яскравої матерії або будь-яким добре видимим предметом, вночі — факелом або ліхтарем;

- залишатися біля автомобіля і подавати сигнали загальної тривоги серіями з одного довгого і трьох коротких звукових сигналів;

- бігти назустріч поїзду (локомотиву, дрезині) при його появі, подаючи сигнал зупинки.

У разі, якщо виникла ДТП, водій зобов'язаний викликати швидку допомогу, пожежну службу, службу порятунку, дорожньо-патрульну службу національної поліції та сповістити керівника підприємства.

ВИСНОВКИ

В результаті досліджень, виконаних у магістерській роботі, проаналізовано існуючий стан використання рухомого складу автотранспортного підприємства ТОВ «Альфа-Транс». Виконано статистичний аналіз і моделювання пасажиропотоків на міському та приміських маршрутах за допомогою методів гармонічного аналізу. Методами теорії випадкових процесів здійснено моделювання і прогнозування стану парку рухомого складу за типами рухомого складу і видами перевезень підприємства.

Встановлено, що в середньому 15% парку рухомого складу, призначений для виконання міських пасажирських перевезень, не може бути використаний на перевезеннях через відмови рухомого складу, виконання планових технічних оглядів і використання на інших видах перевезень. Таким чином, з огляду на кількість власного рухомого складу необхідно придбання одного автобуса класу А для забезпечення перевезень пасажирів у повному обсязі.

Аналогічні дослідження для автобусів малого класу показали, що ця частка складає 9,1% і потребує придбання додатково одного резервного автобуса.

Автобуси середнього класу за даними досліджень мають частку не використовуваного з технічних і технологічних причин близько 2,5% від їх спискової кількості і, таким чином, практично не потребують резервування.

Додаткові капітальні вкладення передбачають придбання у власність підприємства двох автобусів — Mercedes Sprinter 316 та БАЗ А079 «Еталон» загальною вартістю 2 210 000 грн. Це дозволяє збільшити доходи підприємства за рахунок збільшення обсягу перевезень пасажирів на 7%. Прибуток підприємства при впровадженні розроблених заходів збільшується з 1 263 120 до 1 351 538 грн.

У роботі розроблені заходи з охорони праці, виробничої санітарії і гігієни праці, пожежної безпеки на підприємстві і діях водіїв у надзвичайних ситуаціях, що можуть виникнути при перетині автобусами залізничних переїздів, розташованих на трасі маршруту.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. *Босняк, М. Г.* Пасажирські автомобільні перевезення [Текст] / М. Г. Босняк. — К. : Видавничий дім «Слово», 2009. — 272 с.
2. *Антошвили, М. Е.* Оптимизация городских автобусных перевозок [Текст] / М. Е. Антошвили, С. Ю. Либерман, И. В. Спирин. — М. : Транспорт, 1985. — 102 с.
3. *Спирин, И. В.* Перевозки пассажиров городским транспортом [Текст] / И. В. Спирин. — М. : ИКЦ «Академкнига», 2004. — 414 с.
4. *Лившиц, Д. М.* Планирование городского пассажирского транспорта [Текст] / Д. М. Лившиц. — М. : Транспорт, 1978. — 206 с.
5. *Кузьмин, И. В.* Автоматизированные системы управления городским хозяйством [Текст] / И. В. Кузьмин, Э. Г. Петров, И. А. Алфёров. — К. : Будивельник, 1978. — 144 с.
6. *Абрамов, О. В.* Прогнозирование состояния технических систем [Текст] / О. В. Абрамов, А. Н. Розембаум. — М. : Наука, 1990. — 226 с.
7. *Воркут, А. И.* Грузовые автомобильные перевозки [Текст] / А. И. Воркут. — К. : Вища школа, 1986. — 447 с.
8. *Галушко, В. Г.* Вероятностно-статистические методы на автотранспорте [Текст] / В. Г. Галушко. — К. Вища школа, 1976. — 400 с.
9. *Галушко, В. Г.* Случайные процессы и их применение на автомобильном транспорте [Текст] / В. Г. Галушко. — К.: Вища школа, 1980. — 271 с.
10. Наказ Міністерства транспорту та зв'язку України від 17.11.2009 року № 1175 «Про затвердження Методики розрахунку тарифів на послуги пасажирського автомобільного транспорту» (зареєстровано у Міністерстві юстиції України 27.11.2009 року №1146/17162)
11. Норми витрат палива і мастильних матеріалів на автомобільному транспорті (Наказ Міністерства транспорту України №43 від 10.02.1998 року зі змінами)
12. Наказ Міністерства транспорту та зв'язку України від 20.05.2006 року №489 «Про затвердження Експлуатаційних норм середнього ресу-

рсу акумуляторних свинцевих стартерних батарей колісних транспортних засобів і спеціальних машин, виконаних на колісних шасі» (zareєstровано у Міністерстві юстиції України 08.06.2006 року №695/12569)

13. *Ример, М. И.* Экономическая оценка инвестиций [Текст] / М. И. Ример, А. Д. Касатов, Н. Н. Матиенко. — СПб. : Питер, 2008. — 480 с.

14. Правила дорожнього руху України (зі змінами постановою Кабінету Міністрів України від 26.09.2011 року №1029, від 11.07.2018 року №553).