

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
МІСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА імені О. М. БЕКЕТОВА

Н. І. Кульбашна

ОРГАНІЗАЦІЯ ЕКСПЛУАТАЦІЇ
МІСЬКОГО ЕЛЕКТРОТРАНСПОРТУ

КОНСПЕКТ ЛЕКЦІЙ

*(для здобувачів усіх форм навчання
та слухачів другої вищої освіти спеціальності
141 – Електроенергетика, електротехніка, електромеханіка,
освітньої програми «Електромеханіка»)*

Харків
ХНУМГ ім. О. М. Бекетова
2021

УДК 656.022.1

Кульбашна Н. І. Організація експлуатації міського електротранспорту : конспект лекцій для здобувачів усіх форм навчання та слухачів другої вищої освіти спеціальності 141 – Електроенергетика, електротехніка, електромеханіка, освітньої програми «Електромеханіка» / Н. І. Кульбашна; Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2021. – 133 с.

Автор

кандидат технічних наук, старший викладач Н. І. Кульбашна

Рецензенти

О. В. Запорожцева, кандидат технічних наук, доцент кафедри організації та безпеки дорожнього руху (Харківський національний автомобільно-дорожній університет),

С. В. Очеретенко, кандидат технічних наук, доцент кафедри транспортних систем і логістики (Харківський національний автомобільно-дорожній університет).

*Рекомендовано кафедрою електричного транспорту, протокол № 6
від 26.11.12*

Розглядаються питання організації експлуатації рухомого складу на маршрутах на етапах перспективного а поточного планування його роботи, інженерного облаштування трамвайних і тролейбусних ліній. Описані особливості стадії експлуатації рухомого складу.

© Н. І. Кульбашна, 2021

© ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2021

Зміст

Лекція 1 Попит на пасажирські перевезення.....	5
1.1 Сутність організації експлуатації міського електротранспорту.....	5
1.2 Оцінювання попиту на пасажирські перевезення за кількісним вимірниками та звітними даними підприємства.....	8
1.3 Прогнозування попиту на пасажирські перевезення.....	9
1.4 Визначення пасажиропотоку під час обстеження.....	12
1.5 Автоматизовані методи вимірювання пасажиропотоків.....	22
Лекція 2 Транспортна мережа і маршрутна система.....	27
2.1 Схеми міських транспортних мереж.....	28
2.2 Головні характеристики транспортної мережі.....	29
2.3 Характеристики ділянок транспортної мережі.....	33
2.4 Маршрути, їхня основна класифікація і обладнання.....	34
2.5 Експлуатаційні характеристики маршрутів.....	36
2.6 Вимоги до маршрутної системи.....	38
2.7 Головні показники маршрутної системи.....	40
Лекція 3 Інженерне облаштування ліній міського електротранспорту....	44
3.1 Облаштування кінцевих станцій тролейбусу і трамваю.....	44
3.2 Організація руху трамваю по стрілочним переводам.....	48
3.3 Організація пріоритетного руху міського електротранспорту.....	58
3.4 Інженерне забезпечення перегонів міського електротранспорту.....	65
Лекція 4 Нормування тривалості рейсу.....	75
4.1 Визначення поняття оборотного рейсу та обґрунтування необхідності його нормування.....	75
4.2 Методи визначення часу оборотного рейсу.....	77
4.3 Методика проведення хронометражних спостережень на маршруті...	80
4.4 Бортові пристрої для проведення хронометражних вимірювань.....	83
4.5 Нормування швидкостей руху по маршруту.	86

4.6 Заходи, що спрямовані на підвищення швидкості руху та зменшення часу оборотного рейсу.....	89
Лекція 5 Визначення потреби в рухомому складі та його розподіл.....	93
5.1 Наряд на випуск рухомих одиниць.....	93
5.2 Різновиди випусків і змін.....	95
5.3 Графоаналітичний метод формування випусків і змін.....	97
5.4 Закріплення маршрутів і рухомого складу за депо.....	99
Лекція 6 Графік і розклад руху.....	101
6.1 Загальні відомості про розклад руху.....	102
6.2 Види розкладів руху.....	103
6.3 Дані, необхідні для складання графіка руху.....	105
6.4 Формування розкладу руху в табличній формі.....	106
6.5 Автоматизовані інструментальні засоби складання та контролю розкладу руху громадського міського транспорту.....	110
6.6 Корегування розкладу руху.....	111
6.7 Показники виконаного руху.....	113
6.8 Показники регулярності руху.....	115
Лекція 7 Диспетчерське керування рухом.....	118
7.1 Загальні відомості про системи диспетчерського керування.	119
7.2 Методи визначення місцеположення рухомого складу.....	121
7.3 Методика керування рухом диспетчерами кінцевих станцій.....	124
7.4 Автоматизовані системи диспетчерського керування під час застосування контрольних пунктів.....	125
7.5 Автоматизовані системи диспетчерського керування під час застосування засобів супутникової навігації.....	126
Список використаних джерел.....	129

Лекція 1

ПОПИТ НА ПАСАЖИРСЬКІ ПЕРЕВЕЗЕННЯ

План:

1.1 Сутність організації експлуатації міського електротранспорту.

1.2 Оцінювання попиту на пасажирські перевезення за кількісними вимірниками та звітними даними підприємства.

1.3 Прогнозування попиту на пасажирські перевезення.

1.4 Визначення пасажиропотоку під час обстеження.

1.5 Автоматизовані методи вимірювання пасажиропотоків.

1.1 Сутність організації експлуатації міського електротранспорту

На підприємствах міського електротранспорту відокремлюють два виробничих процеси: надання транспортних послуг населенню, що є головною його діяльністю підприємства, та підготовка технічних засобів і рухомого складу до перевезень, яку вважають допоміжною, але невід'ємною діяльністю.

Надання транспортних послуг населенню пов'язане з організацією перевізного процесу, який має відповідати попиту на пасажироперевезення, забезпечувати його контроль і оцінку за показниками виконання, що є завданнями організації руху громадського пасажирського транспорту.

Головне завдання підприємства – забезпечити безпечну експлуатацію рухомого складу на лінії маршрутів, які мають бути обладнані необхідними технічними засобами та елементами інженерного устаткування, і які, зі свого боку, мають експлуатуватися з дотриманням чинних нормативних документів. Експлуатація рухомого складу має здійснюватися відповідно до вимог Правил технічної експлуатації, в яких викладені головні організаційні та технічні вимоги до неї.

Критерії перевізного процесу повинні базуватися на показниках ефективності технічної експлуатації. У разі організації перевезень показники

ефективності технічної експлуатації пов'язують з показниками перевізного процесу та характеристиками його ефективності.

Технічна експлуатація рухомого складу пов'язана з допоміжною діяльністю транспортних підприємств і містить такі аспекти, як технічно правильне використання рухомого складу, його технічне обслуговування, ремонт, зберігання, діагностика, облік та інше.

В загальні термін «експлуатація» – це використання чогось з метою отримання певної вигоди. У терміні «організація» закладено поняття певної структури, в рамках якої створюються усі дії, які направлені на досягнення певної мети.

Головна мета функціонування транспортного підприємства – це отримання максимального прибутку при якнайповнішому і якіснішому обслуговуванні пасажирів. *Місією міського пасажирського транспорту є повне задоволення потреб пасажирів у поїздках.* На міському електротранспорті мета і місія співпадають.

Організація перевезень міським електротранспортом, як ідея будь-якого інвестиційного проєкту, містить певні етапи: 1) етап розробки; 2) етап впровадження; 3) етап експлуатації; 4) етап завершення проєкту.

Етап розробки починається з перспективного планування. Планування роботи рухомого складу є головним і складним завданням, від якого залежить уся подальша робота транспортного підприємства [1–3, 5, 15, 19].

Перспективне планування базується: на теоретичному розрахунку пасажиропотоків; створення раціональної транспортної мережі і маршрутної системи міста та техніко-економічних розрахунках щодо створення; розрахунку потрібної кількості рухомого складу, вибору його виду і типу; розподілу рухомого складу між маршрутами; розробки графіків руху; забезпечення взаємодії різних видів транспорту.

Етап впровадження характеризується значними інвестиційними вкладеннями, які йдуть на будівництво і облаштування трамвайних і

тролейбусних ліній, придбання рухомого складу і технічних засобів, формуються розклади руху. Після закінчення цього етапу починається стадія експлуатації, а саме перевізний процес.

Особливостями стадії експлуатації є те, що під час цієї стадії впливають усі недоліки і недоврахування, які були допущені на попередніх етапах. Це викликає потребу: корегування і реконструкції маршрутної системи; змінення кількості рухомого складу і його розподілу; оптимізації параметрів функціонування рухомих одиниць на маршрутах; розробки заходів з підвищення швидкості та безпеки руху; складання більш раціональних розкладів руху.

Крім цього в період експлуатації створюється оперативне керування: моніторинг за рухом за допомогою технічних автоматизованих засобів; використовуються заходи з відновлення порушеного руху на маршруті та підвищення регулярності руху.

Подальший розвиток і вдосконалення роботи міського електротранспорту потребує підготовки кваліфікованих кадрів, які володіють сучасними прогресивними методами організації і планування, виконання, обліку і аналізу перевізного процесу. Під час експлуатації підприємство має замислюватися над тим, щоб організувати роботу свого підприємства в подальшому, приймати усі можливі заходи для того, щоб не наближатися до скасування окремих маршрутів, завершення роботи окремих підрозділів, часткового згортання виробництва. Тому керівникам трамвайно-тролейбусних підприємств потрібно розробляти систему заходів, завдяки яким попит на пасажироперевезення залишався би на потрібному рівні та давав змогу виключити четвертий етап завершення проєкту.

Сучасні стандарти життя зумовлюють зростання потреб населення в більш швидкому, але в той же час зручному і безпечному перевезенні. Також більш вимогливі показники постають перед транспортною галуззю відносно

комфортності, регулярності, надійності та інших питань якості перевезень пасажирів.

Потреба пасажирів в перевезеннях послуговує для вирішення комплексу завдань організації перевезень. Для одержання інформації про потреби в перевезеннях пасажирів використовують три групи методів [1, 28]:

- 1) звітно-статистичні – ті, що засновані на використанні даних діючої системи обліку й звітності по перевезеннях;
- 2) розрахунково-аналітичні – ті, що засновані на моделях прогнозування;
- 3) експериментальні – ті, що засновані на обстеженні, які проведені за певними методиками.

1.2 Оцінювання попиту на пасажирські перевезення за кількісними вимірниками та звітними даними підприємства

Основними кількісними вимірниками пасажироперевезень є: обсяг пасажироперевезень A , обсяг транспортної роботи Q , середня довжина поїздки l_{cp} , пасажиропотік R .

Обсягом пасажироперевезень називають кількість поїздок, зроблених на маршруті або ділянці мережі за одиницю часу:

$$A = \frac{\sum A_{ij}}{T},$$

де A_{ij} – кількість поїздок.

Обсяг транспортної роботи (пас-км/год.) – це кількість освоєних транспортом пасажиро-кілометрів за розглянуту одиницю часу. З іншого боку, обсяг роботи міського транспорту може бути визначений як здобуток кількості пасажирів, що перевезені за відповідний відрізок часу, і середньої дальності поїздки пасажирів:

$$Q = A \cdot L_{cp},$$

де Q – обсяг роботи пасажирського транспорту, пас-км;

A – кількість перевезених пасажирів, пас;

L_{cp} – середня дальність поїздки пасажирів, км.

У разі вивчення звітних даних підприємства обсяг пасажироперевезень A використовується для оцінки доходів, а обсяг транспортної роботи Q – як витрати підприємства.

Величину показників A і Q можна спрогнозувати, використовуючи *математичні моделі* проектування нових транспортних мереж. Тоді показник A використовують для визначення виду транспорту, який має необхідно використовувати у місті, показник Q – скільки цього виду транспорту необхідно мати для освоєння перевезень.

Обсяг роботи транспорту визначають за чисельністю населення міста, хоча не можна не враховувати такі важливі фактори, як характер розселення, планувальну організацію міста, розміщення основних пасажироутворюючих пунктів, взаємне розташування житлових і промислових зон, умови рельєфу та ін. Ці показники впливають ще на один показник пасажирських перевезень – середню дальність поїздки пасажирів:

$$l_{cp} = \frac{\sum A_i \cdot l_i}{\sum A_{ij}}$$

Середня довжина поїздки пасажирів впливає на показники роботи підприємств міського пасажирського транспорту. У разі однакового обсягу пасажироперевезень A і різної середньої довжині поїздок обсяг транспортної роботи підприємства може істотно відрізнятись. Якщо в місті транспортні райони мають змішаний характер, то величина середньої дальності поїздок буде меншою, ніж у містах, де промислові підприємства розташовані за межею міста.

1.3 Прогнозування попиту на пасажирські перевезення

На сьогодні не існує загальноприйнятої методики прогнозування пасажироперевезень. Прогнозування показників може виконуватися на підставі

математичних моделей розрахунку пасажироперевезень, що поділяються на дві групи [18, 28]:

- 1) аналогові (екстраполяційні);
- 2) синтетичні (імітаційні).

Аналогові моделі застосовують для розрахунків існуючих транспортних систем з відомими за даними натурних обстежень тенденціями розвитку пасажироперевезень в історичному часі. Перспективна картина пересувань буде аналогічною існуючій, але розміри перевезень змінюються відповідно до деяких факторів зростання, оцінюваних певними коефіцієнтами.

Синтетичні методи не потребують аналізу існуючого стану пасажироперевезень. Їх застосовують під час проєктування транспортних систем нових міст. Особливість цих методів полягає в тому, що вони моделюють сам процес формування пасажирських зв'язків у заданих планувальних транспортних умовах. Тобто пасажироперевезення завжди розраховують під попередньо розроблену транспортну мережу, яка характеризується певною густиною, інтенсивністю руху, транспортною ситуацією, видами запропонованого транспорту.

Основа всіх сучасних синтетичних моделей прогнозування пасажироперевезень складається у розрахунку кореспонденцій між окремими зонами i і j міста – транспортними районами. Кількість кореспонденцій між зонами i і j визначається моделлю:

$$A_{ij} = k \cdot A_i^\alpha \cdot A_j^\beta / d_{ij}^\rho,$$

де k – масштабний коефіцієнт;

A_i і A_j – ємність взаємодіючих транспортних районів (їхня загальна чисельність або кількість населення відповідних соціальних груп – робітників, службовців, учнів, несамодіяльного населення);

d_{ij} – функція важкості сполучення;

α , β , ρ – коефіцієнти нерівномірності розподілу пасажиропотоків.

Один із методів визначення перспективного обсягу роботи міського транспорту називають методом транспортної рухомості населення міста – за ним визначають кількість поїздок, що приходяться в середньому на одного мешканця в рік.

Оскільки під час проєктування транспортного сполучення складають перспективу розвитку міста на 20–25 років (зразковий розрахунковий термін проєктів планування і забудови міста), остільки й обсяг роботи транспорту має розраховуватися на такий термін.

Виявляється транспортна рухомість шляхом аналізу річних звітних даних усіх транспортних підприємств міста. Сумарна кількість перевезених усіма видами транспорту пасажирів, поділена на все населення міста дає *транспортну рухомість*. Маючи такі дані за декілька років, встановлюють певну закономірність у збільшенні транспортної рухомості, що обумовлюється зростанням міста, поліпшенням транспортного обслуговування населення, підвищенням добробуту працівників й ін.

Екстраполюючи отримані величини на розрахунковий термін, можна визначити транспортну рухомість населення певного міста на перспективний період; помноживши потім цю величину на розрахункове населення міста, одержують кількість пасажирів, які підлягають перевезенню протягом року, або перспективний річний обсяг пасажироперевезень.

Користуючись методом *транспортної рухомості* можна встановити й обсяг роботи пасажирського транспорту. Для цього потрібно розрахувати, використовуючи звітні дані і дані обстежень пасажиропотоків, середню дальність поїздки пасажирів, а потім скоригувати її з урахуванням на перспективне збільшення території міста:

$$L_{cp} = L_{cp'} \sqrt{\frac{F'}{F}},$$

де L_{cp} – перспективна середня дальність поїздки пасажирів, км;

$L_{cp'}$ – існуюча середня дальність поїздки пасажирів, км;

F – перспективна селітебна територія міста, $км^2$;

F' – існуюча селітебна територія міста, $км^2$.

Маючи перспективні величини обсягу пасажироперевезень і середньої дальності поїздки пасажирів, можна одержати перспективний обсяг роботи пасажирського транспорту.

Перевага методу *транспортної рухомості* полягає в його простоті, але властиві йому істотні недоліки не дозволяють рекомендувати цей метод для широкого використання під час проєктування транспортних систем. Цей метод не використовують в тих випадках, коли відсутні звітні дані про роботу транспорту або, коли ці дані не є характерними, у разі проєктування нових міст або під час радикальної реконструкції міста, що досить поширено в практиці містобудування.

Тому використання методу транспортної рухомості рекомендується лише як експрес-метод для одержання наближених даних для оцінки перспективного обсягу транспортної роботи.

Більш достовірні розрахункові дані можуть бути отримані методом розрахунку взаємної кореспонденції транспортних районів міста.

1.4 Визначення пасажиропотоку під час обстеження

Попит на пасажирські перевезення формується на підставі закономірностей, встановлених під час проведення натурних обстежень.

Натурні обстеження пересувань населення вимагають великих трудових витрат, але дають змогу отримати найбільш достовірні відомості на момент їхнього обстеження. Натурні обстеження застосовують для вирішення завдань поточного планування і регулювання пасажироперевезень на вже діючих транспортних мережах. Поточне планування вимагає безперервного вивчення і коригування пасажиропотоків, так як вони мають тенденцію до змінювання і коливання [2, 3, 15].

Пасажиropoтoкoм (ПП) називають кількість пасажирів, які проїхали визначеною ділянкою транспортної мережі у певному напрямку за визначений проміжок часу.

Пасажиropoтoкoкo зaкoнoмiрнo змiнюютьcя у часі (*пeрiодaми*) та у просторі (уздовж маршрутів та за напрямками) (рис. 1.1). Напрямок і величина пасажиropoтoкoкo зaлeжaть вiд cиcтeми вуличної мережі, прийнятої схеми маршрутів, швидкості й наповнення рухомого складу, а також від взаємного розташування початкових і кінцевих пунктів пересування пасажирів

Зa чacoм вeличинa пacaжирoпoтoкoкo змiнюєтьcя зa гoдинaми дoби, днями тижня, місяцями, сезонами року, окремими роками і у середині години. Величина коливань пасажиropoтoкoкo в окремих містах різна і залежить від характеру міста (адміністративний, індустриальний, курортний, торгівельний). Усі коливання пасажиropoтoкoкo тpeбa cиcтeмaтичнo вивчати й оперативно враховувати.

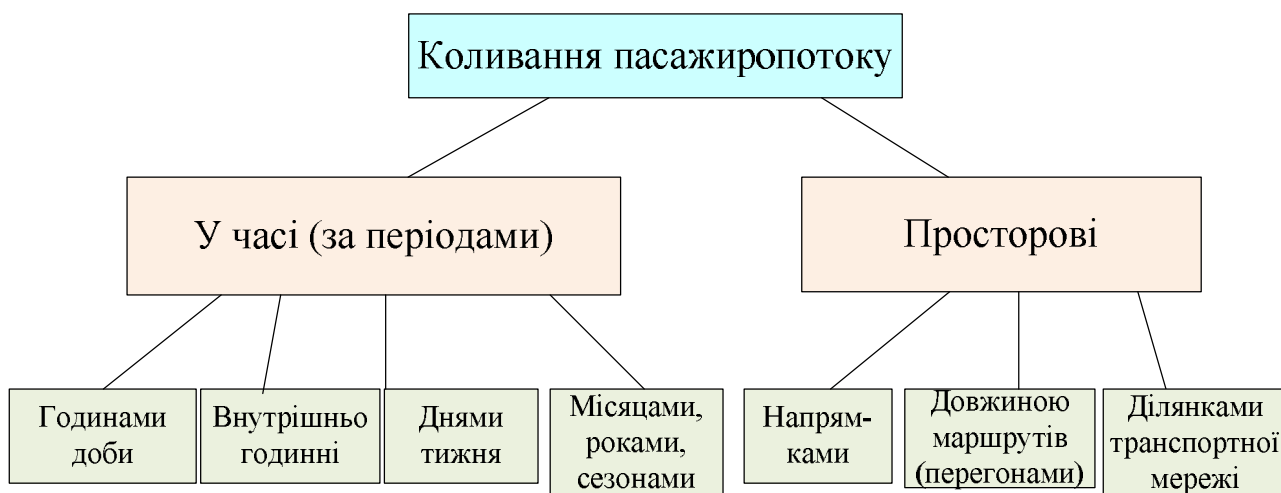


Рисунок 1.1 – Коливання пасажиропотоків

Коливання потужності пасажирського потоку за годинами доби пов'язана з доставкою самодіяльного населення до місця роботи і назад у визначений час. Коливання потужності пасажиропотоку за годинами доби

поділяють на чотири характерних періоди: ранковий «пік», «міжпіковий» період, вечірній «пік» та «післяпіковий» період.

Нерівномірність розподілу пасажиропотоків за годинами доби зображують у вигляді діаграми, наведеної на рисунку 1.2.

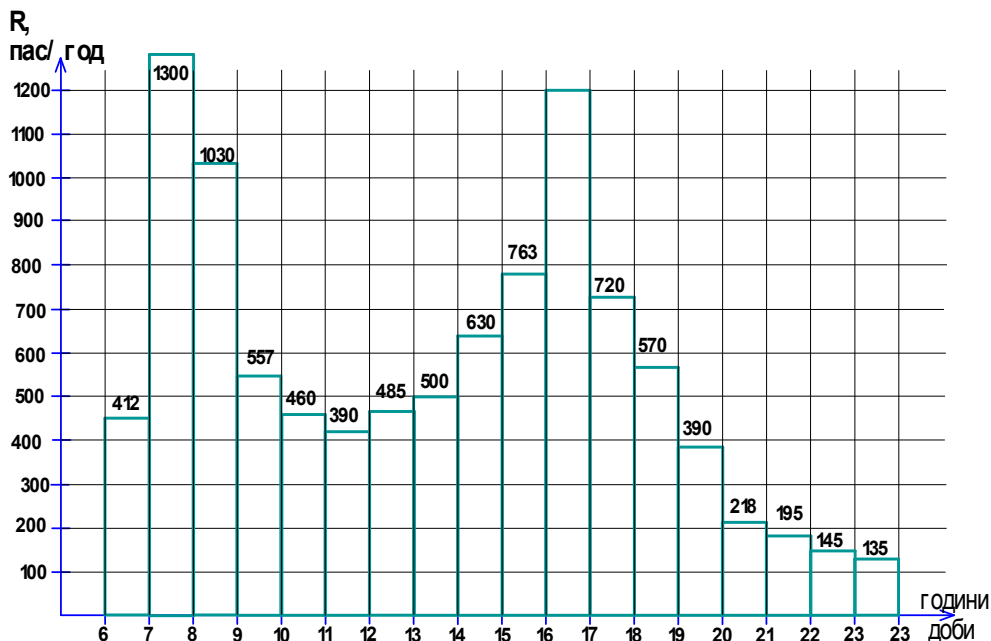


Рисунок 1.2 – Діаграма розподілу пасажиропотоків за годинами доби

Нерівномірність розподілу пасажирських перевезень протягом доби на маршруті оцінюють *коефіцієнтом денної нерівномірності* $K_{дн}$, який визначають як відношення максимальної кількості перевезених пасажирів за годину «пік» до середньочасового пасажиропотоку. Цей коефіцієнт дозволяє оцінити доцільність застосування нових за місткістю типів рухомого складу, тривалість і режим його роботи.

Розподіл пасажиропотоку за годинами доби у вихідні дні відрізняється від розподілу в робочі дні. У робочі дні яскраво виражені два «піки», коли створюються у ранковий період поїздки до місця роботи, а у вечері – до місця проживання. У вихідні дні трудові поїздки замінюються культурно-побутовими, які припадають на середину дня (рис. 1.3).

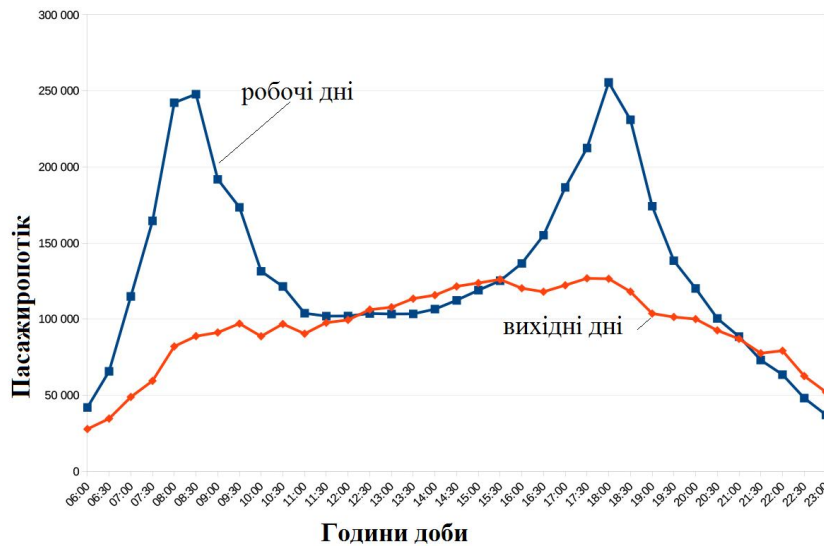


Рисунок 1.3 – Відмінність розподілу пасажиропотоків у робочі і вихідні дні

Коливання пасажиропотоків є і у середині години (внутрішньгодинні коливання), які пов’язані з нерівномірністю прибуття рухомого складу до зупинок, коли інтервали руху порушуються. Така нерівномірність змінювання пасажиропотоків наведена на рисунку 1.4.

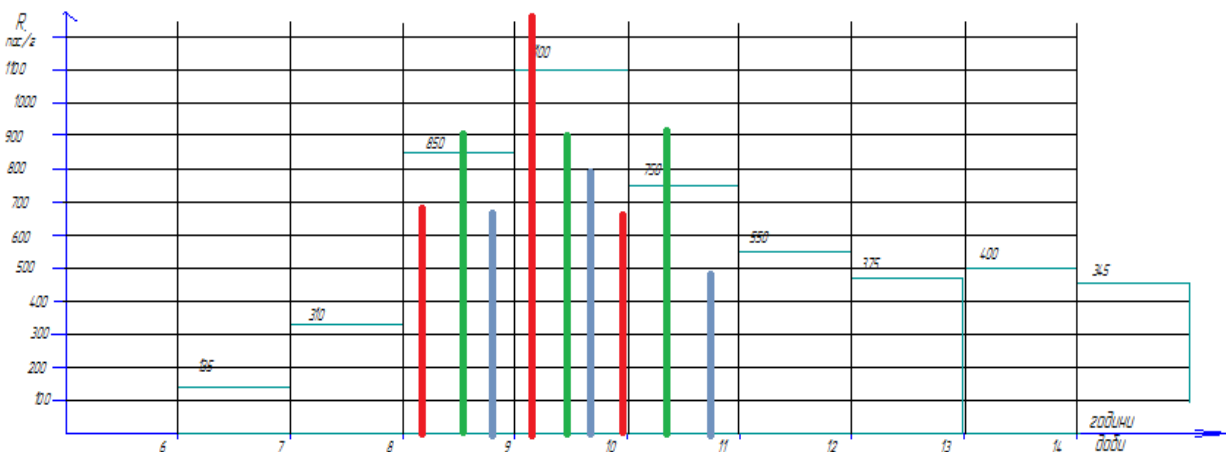


Рисунок 1.4 – Приклад коливання пасажиропотоків за у середині години

До змінювання пасажиропотоку за часовими проміжками належить коливання пасажиропотоків за днями тижня. Найбільший пасажиропотік має період з вівторка по четвер, найменшим – вихідні дні.

Потреба у транспортних послугах змінюється в різні *періоди року*. Особливо різке коливання за сезонами року спостерігається у містах курортного типу, в яких у період курортного сезону обсяг перевезень зростає більше ніж удвічі. Перевезення у літку можуть перевищувати середній обсяг пасажирських перевезень протягом року на 15 і більше відсотків.

Також може бути визначена нерівномірність розподілу пасажиропотоків за місяцями року, яку оцінюють *коефіцієнтом сезонної нерівномірності α* . Цей коефіцієнт визначають як відношення кількості перевезених пасажирів за кожний з місяців до середньомісячного перевезення за рік і застосовують у разі складання річної програми транспортної роботи окремих маршрутів і видів транспорту.

Крім періодичних коливань пасажиропотоків виокремлюють *просторові коливання*. Просторові зміни пасажиропотоків – це нерівномірність розподілу пасажиропотоків по перегонах маршруту і за напрямками. На рисунку 1.5 подано діаграму розподілу пасажиропотоків за довжиною маршруту, на якій видно, як коливається пасажиропотік по перегонам маршруту і за напрямками руху (рис. 1.5).

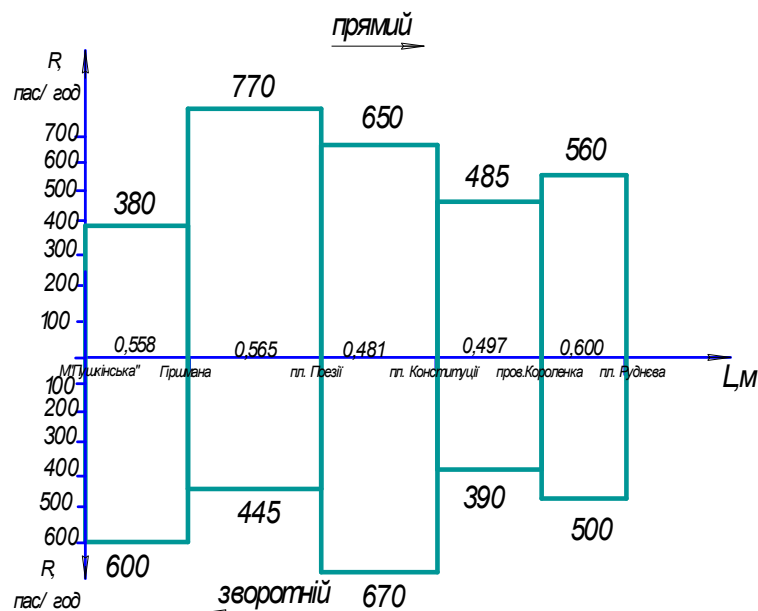


Рисунок 1.5 – Діаграма розподілу пасажиропотоків за довжиною маршруту

Перша нерівномірність обумовлена тим, що на кожному зупиночному пункті входить і виходить неоднакова кількість пасажирів через наявність різних за привабливістю об'єктів тяжіння. Розподіл пасажирів по перегонах маршруту визначають за допомогою коефіцієнта нерівномірності наповнення рухомого складу за довжиною маршруту $K_{нд}$, що є відношенням добутку максимальної кількості пасажирів, які проїхали перегонем розглянутого напрямку, і довжини маршруту до обсягу транспортної роботи. Цей коефіцієнт використовують під час розрахунку характеристик маршрутної системи.

Нерівномірність розподілу пасажиропотоків за напрямками обумовлена тим, що існують періоди роботи транспорту, протягом яких здійснюються поїздки працюючих до місця роботи, а в зворотному напрямку перевезення мають меншу величину. Таку нерівномірність оцінюють коефіцієнтом нерівномірності пасажиропотоку за напрямком, величина якого показує ефективність використання рухомого складу.

Щоб правильно організувати рух транспорту, кожне трамвайно-тролейбусне підприємство мусить систематично проводити обстеження пасажирських потоків і мати матеріали, що характеризують фактичний розподіл потоків територією міста за видами транспорту, сезонами року, днями тижня і годинами доби.

Існуючі методи обстеження пасажиропотоків кваліфікують за рядом ознак: за тривалістю періоду: систематичні – протягом всього періоду руху та одноразові – за визначеною програмою, в залежності від встановлених цілей та завдань підприємства (отримання інформації про потужність, напрямок та середню дальність поїздки пасажирів); за шириною охоплення: суцільні – охоплюють всю транспортну мережу і застосовують для координації роботи різних видів транспорту, зміни схеми маршрутів, тощо; вибіркові, що проводять за окремими районами, маршрутами, вузлами з метою вирішення локальних, більш вузьких завдань; за способом (методом) отримання інформації: натурні, що засновані на підрахунку кількості перевезених

пасажирів; автоматизовані, за допомогою технічних приладів; розрахункові – аналітичні [1–3, 16, 17].

Обстеження пасажиропотоків проводять з метою ефективного використання рухомого складу та забезпечення високого рівня обслуговування пасажирів. Створення можливості перевезення усієї кількості потенційних пасажирів для підвищення попиту на міському електротранспорті і конкурентоспроможності на ньому.

Обстеження пасажиропотоків виконують періодично (не менше одного разу на рік) або у разі змінення наповнення рухомих одиниць на маршруті і головних об'єктів тяжіння пішоходів.

Обстеження пасажиропотоків можуть бути підрозділені на два види:

1) обстеження, що не пов'язані з існуючою маршрутною схемою міського транспорту – анкетний метод;

2) натурні обстеження за фактичними пасажирськими перевезеннями на діючих маршрутах: а) талонний метод; б) табличний метод; в) за проданими квитками; г) бальний спосіб; д) автоматизовані методи [1–3, 15, 16].

Вибір методу обстеження залежить від його трудомісткості, необхідних витрат, можливості отримання достовірних або необхідних даних.

За тривалістю періодичні обстеження виконують протягом трьох днів: у передвихідний, вихідний і звичайний робочий день тижня.

Систематичні (повсякденні) обстеження роботи окремих маршрутів і окремих ділянок транспортної мережі виконують як упродовж повного дня, так і в окремі, найбільш завантажені години доби.

Анкетний метод полягає в безпосередньому опитуванні населення про характер і напрямки регулярних поїздок. Дані у заповнених населенням спеціальних анкетах дають змогу судити про пересування населення між районами міста, пересадочність, витрати часу й ін. Однак ці дані не відображають фактичних розмірів перевезень. Тому анкетний метод призначений для вирішення великих принципів питань, які стосуються

реконструкції існуючих або проєктування нових транспортних мереж. Цей метод дуже трудомісткий і складний в обробці і для оперативних цілей транспортних підприємств він не може бути рекомендований.

Талонне обстеження пасажиропотоків, яке одержало широке застосування, здійснюють шляхом видачі пасажирам під час посадки спеціальних квитків (талонів) з умовним позначенням пункту посадки. Спостерігачі, що знаходяться в салоні біля дверей забирають талони у пасажирів на виході. Талонне обстеження дозволяє виявити потужність пасажиропотоку, середню довжину поїздки пасажирів і пасажирооборот зупиночних пунктів

У результаті обстеження будують діаграму коливання пасажиропотоків за довжиною маршруту. Однак талонний метод не дає статистичної інформації про пасажирів, які виконують пересадки і не враховує пасажирів, які залишилися на зупинці. Тому він не дозволяє вирішити усі задачі транспортного і планувального характеру. За своєю трудомісткістю і вартістю талонний метод займає друге місце після анкетного. Обробка результатів спостереження продовжується не менше 2–3 місяців, тому не всі транспортні підприємства спроможні систематично ним користуватися.

Табличний метод застосовують для оцінки швидких змін пасажиропотоків на маршруті. Під час обстеження обліковці розміщуються у середині салону рухомого складу біля кожної двері і фіксують на зупиночному пункті кількість пасажирів, які ввійшли і вийшли через двері. Результати заносять у таблицю бланка (рис. 1.6).

Після обстеження данні таблиць збирають до загальної бази і на її підставі визначають кількість перевезених пасажирів у кожну годину. За отриманими результатами будують діаграму розподілу пасажиропотоків за довжиною маршруту і за годинами доби.

Номер маршруту _____

Випуск _____

Початок обстеження _____

Кінець обстеження _____

Найменування ЗП	Перші двері вийшло	Перші двері зайшло	Пасажиروобмін
		12	12
	-4	+12	20
	- 20	+4	4

Рисунок 1.6 – Бланк спостереження для табличного методу

Метод визначення пасажиропотоків за *проданими квитками* дозволяє одержати тільки часткове значення кількості перевезених пасажирів на маршруті. Користуючись цим методом, можна простежити тільки змінювання кількості пасажирів, які одержували від кондуктора квитки, за годинами доби, днями тижня, що тільки в якійсь мірі дозволяє судити про характер коливань пасажиропотоків. Пасажири, які мають службові посвідчення і місячні проїзні квитки, під час такого обстеження не враховуються.

Обстеження пасажиропотоків *бальним методом* виконують шляхом суб'єктивної оцінки наповнюваності рухомого складу. Для обстеження обліковців розміщують на найбільш завантажених ділянках транспортної мережі (на перегоні або зупинці). Застосовують 5 бальну шкалу заповнення салону: 1 бал – зайнята половина або менше місць для сидіння; 2 бали – зайняті всі місця для сидіння; 3 бали – зайняті всі місця для сидіння і стоять окремі пасажири; 4 бали – між пасажирами, що стоять, тільки окремі просвіти; 5 балів – салон наповнено максимально (зайняті сідці).

До журналу спостережень (рис. 1.7) заносять назву місця обстеження, напрямок руху, дату і складають таблицю вимірювань. За результатами обробки будують діаграму коливання пасажиропотоків за годинами доби в двох напрямках (див. рис. 1.2).

Час, год., хв.	№ маршруту	інв. № тролейбусу вагона	Б а л и					Тип рухомого складу, кількість вагонів	Наповнення, пас.
			1	2	3	4	5		

Рисунок 1.7 – Бланк спостереження для бального методу

Бальний метод обстеження є важливим оперативним методом, найпростішим, доступним і відносно дешевим. Однак за цим методом обстеження не має можливості одержати повні дані про напрямки пасажиропотоків і визначити середню довжину поїздки пасажирів.

Розподілення попиту на пасажирські перевезення зображують картограмою пасажиропотоків, що представляє собою графічний розподіл пасажиропотоків за ділянками транспортної мережі. Картограми бувають часові, добові й річні (рис. 1.8).

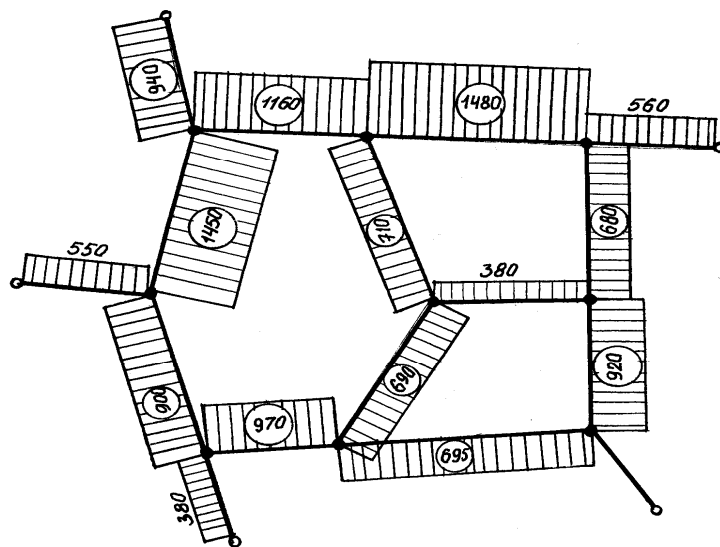


Рисунок 1.8 – Картограма пасажиропотоків

Вихідними даними для побудови картограми пасажиропотоків послуговує діаграма розподілу пасажиропотоків за довжиною маршруту, яку отримують на підставі натурних спостережень та теоретичними розрахунками прогнозного характеру. За картограмою можна визначити, які ділянки транспортної мережі є найбільш завантаженими. Також з картограми видно, як необхідно перерозподілити рухомий склад по ділянках транспортної мережі і напрями руху маршрутів. Крім цього за картограмою пасажиропотоків визначають забезпечення провізної здатності, оцінюють потужність ліній електропостачання [1–3, 15, 16].

1.5 Автоматизовані методи вимірювання пасажиропотоків

Перевага *автоматизованих* методів обстеження полягає в швидкому одержанні дані про потужності пасажиропотоків і можливості оперативного реагування на їхню зміну з подальшою розробкою більш раціонального розкладу руху. Обстеження автоматизованим способом проводять шляхом зчитування інформації про номер рухомої одиниці та її наповнення за допомогою різноманітних датчиків.

Приведення у відповідність розмірів руху потребує наявності повної статистики про пасажиропотоки за годинами доби, за днями тижня й періодам року. Таку інформацію бажано накопичувати й обробляти безупинно. На сьогодні використання технічних засобів фіксації й обробки інформації дає можливість безперервного отримання інформації про пасажиропотоки, сприяє більш точному прогнозуванню пасажиропотоків і корегуванню розкладів руху рухомого складу у відповідності з попитом на перевезення.

Автоматизований метод забезпечує зниження трудомісткості й вартості обстеження пасажиропотоків та підвищення оперативності одержання інформації.

Для встановлення загальної функціональної схеми пристроїв, які забезпечують вимірювання пасажиропотоків, обирають чутливий елемент (датчик), пристрої отримання і переробки інформації, розглядають можливі варіанти ліній зв'язку для передачі інформації до центрального пункту [29–33].

Датчики входять до складу реєстраторів, які фіксують вхід і вихід пасажирів або загальне навантаження на гнучкі елементи, блоку реєстрації даних і блоку живлення, які підключені до бортової електромережі рухомого складу. Застосовують датчики контактного типу (натискні педальні, змонтовані на ресорах) і безконтактного (інфрачервоні або ультразвукові).

Можливе використання ультразвукових датчиків з розміщенням випромінювача посередині верхньої частини дверного прорізу, а приймачів – з обох боків дверей на рівні пояса пасажирів. Блок реєстрації фіксує інформацію на бортовому комп'ютері. Ідентифікацію напрямку руху пасажирів (вхід або вихід) забезпечує логічний пристрій блоку реєстрації, що аналізує порядок надходження сигналів від датчиків, розташованих у два ряди в кожних дверях.

Однак цей спосіб не дає змогу одержати важливу інформацію про міжзупиночні кореспонденції, що використовують для рішення ряду практичних завдань (наприклад для вибору експресних і скорочених маршрутів).

До засобів вимірювання пасажиропотоків також належать методи оцінки за статичним навантаженням шляхом вимірювання загальної ваги пасажирів, підрахунку кількості пасажирів, що входять до рухомої одиниці, за допомогою відеокамер на рухомому складі, систем електронної плати за проїзд, за показниками навантаження на тяговий двигун рухомого складу, за оцінюванням наповнення на «просвіт» та інші [1, 6, 15, 17, 18].

Ваговий метод підрахунку наповнення салону пасажирів заснований на використанні датчиків, змонтованих у підвіску (для одержання сигналу звичайно використовують тиск у пневморесорах), що виробляють сигнал,

пропорційній масі пасажирів, які перебувають у салоні. Середню масу одного пасажирів приймають за нормативом – 70 кг.

У загальному випадку для одержання достовірної картини наповнення в межах кожного тимчасового періоду обстеження (наприклад, 1 години) спостереження проводять протягом не менш ніж 60 % тривалості періоду з наступним перерахуванням результатів на весь розглянутий період. Це забезпечує погрішність у межах $\pm 5\%$.

Облік пасажиропотоків за допомогою фотоелектричних лічильників і передача результатів до центрального диспетчерського пункту дає змогу одержати одночасно значення величин вхідних і вихідних пасажирів на кожній зупинці й, у такий спосіб, визначити наповнення рухомого складу на будь-якій ділянці маршруту. Помилки виміру пасажиропотоків не перевищують 8%.

Розглянуті способи дозволяють автоматизувати збір вихідних даних, записувати їх на проміжний носій або бортовий комп'ютер, що призводить до істотного здешевлення прискореного збору й обробки інформації про пасажиропотоки.

За необхідністю інформація про пасажиромісткості транспортного засобу може бути передана в реальному масштабі часу безпосередньо в диспетчерський пункт для обробки і використання її в системі оперативного керування.

Також зчитування інформації про наповнення рухомого складу може бути організовано шляхом використання вбудованих датчиків на дорожньому полотні або трамвайному шляху. Робота таких пристроїв заснована на вимірюванні загальної маси рухомого складу. Наприклад, пристрій для вимірювання ваги трамвайних вагонів містить вимірювальну ділянку рейки між двома сусідніми шпалами, в які вбудовані тензодатчики. Тензорезистори фіксують значення прогину рейок. Перетворені сигнали підсумовуються, обробляються і відображаються графічно. Значення з тензодатчиків передаються на персональний комп'ютер через бортовий пристрій.

Найбільш сучасним і ефективним способом визначення пасажироопотоку, є використання стереолічильників (стереокамер). Лічильник фіксує людей, система класифікує їх за зростом і присвоює кожному ID номер, супроводжуючи треком з моменту фіксації до моменту зникнення з поля зору датчика. Такі датчики можна встановлювати зверху над дверми рухомого складу з обробкою 2D– і 3D–зображень, які з точністю до 100 % підраховують кількість пасажирів у щільному потоці. У разі виходу та заходу деяких пасажирів із салону для пропуску пасажирів, що виходять, система не фіксує їх двічі, тому що їхній образ запам'ятовується.

Впровадження багатьма підприємствами системи безготівкової оплати проїзду в електротранспорті за допомогою електронних карток для одноразової платні може також використовуватися для підрахунків кількості пасажирів. Але не усі пасажирів мають такий квиток, тому є певне відхилення в розрахунках.

Однак усі вищеперераховані системи мають певний недолік – вони не дають змоги одержати важливу інформацію про кількість пасажирів, що залишилися на зупинці й не змогли увійти до салону рухомого складу через його переповненість. Система дає тільки непряме подання про це (вказує тільки кількість наступних заповнених рухомих одиниць), але не з повним ступенем визначеності. Існують системи, в яких інформація про наявність або відсутність пасажирів на зупинках передається в до центрального пункту за допомогою кодованих повідомлень натисканням водієм кнопки на панелі керування. У деяких містах для контролю за кількістю пасажирів на зупинках міського транспорту використовують телекамери. Камери забезпечують, як правило, об'єктивами для загального огляду й телеоб'єктивами для детального розгляду окремих ділянок.

Потрібно зазначити, що кожний з методів автоматизованого вимірювання пасажиропотоків не є всеосяжним, кожний з них може бути застосований залежно від цілей і завдань, що поставлені перед обстеженням.

Отже інформацію про пасажиропотоки, що отримана за допомогою різних методів обстеження, надалі використовують для рішення конкретних завдань планування й керування перевізним процесом (визначення випуску рухомого складу на маршрути, перерозподіл рухомого складу між маршрутами, узгодження розкладів руху, вибір експресних і скорочених маршрутів тощо).

Запитання для самоконтролю

1. Поясніть сутність термінів «експлуатація» та «організація».
2. Назвіть три методи оцінки попиту на пасажирські перевезення.
3. В чому складається експрес-метод прогнозування попиту на перевезення?
4. Дайте визначення «пасажиропотік» та «обсяг перевезення пасажирів». Чим ці показники відрізняються?
5. Обґрунтуйте, чому необхідно періодично проводити обстеження пасажиропотоків.
6. Визначте, що є вимірювачем будь-якого нерівномірного процесу та яким показником його визначають?
7. Обґрунтуйте, який серед методів обстеження пасажиропотоків оперативний та найменш трудомісткий.
8. Проаналізуйте показник «середня дальність поїздки пасажирів».
9. Проаналізуйте показники «обсяг перевезення пасажирів» і «обсяг транспортної роботи». Визначте призначення цих показників.
10. В чому полягає методика проведення бального методу реєстрації наповнень рухомого складу? Визначить мету та назвіть його переваги й недоліки.
11. Перелічить показники пасажирських перевезень, які можна отримати за тим чи іншим методами обстеження пасажиропотоків.
12. Назвіть й наведіть приклади видів графічного відображення пасажиропотоку.

13. Що є поняттям «обсяг транспортної роботи на маршруті», як його визначити?

14. Визначте особливості будування та застосування картограм пасажиропотоків.

15. Проаналізуйте закономірність змінювання пасажиропотоку у середині часу, за годинам доби та визначте показники, якими її оцінюють та їхнє практичне застосування.

16. Яку нерівномірність пасажиропотоку у часі та просторі Ви знаєте?

17. Охарактеризуйте методи вивчення попиту на пасажирські перевезення за допомогою анкетування.

18. Якої мети досягають завдяки впровадженню автоматизованих методів вимірювання пасажиропотоків? В чому їхня відмінність від натурних обстежень?

19. Порівняйте автоматизовані методи визначення пасажиропотоків. перелічить які методи і засоби використовують під час автоматизованих вимірювань пасажиропотоків?

20. Які чутливі елементи або реєстратори мають бути використані для оцінки вагового навантаження від пасажирів на елементи рухомого складу?

Лекція 2

ТРАНСПОРТНА МЕРЕЖА І МАРШРУТНА СИСТЕМА

План:

2.1 Схеми міських транспортних мереж.

2.2 Головні характеристики транспортної мережі.

2.3 Характеристики ділянок транспортної мережі.

2.4 Маршрути, їхня основна класифікація і обладнання.

2.5 Експлуатаційні характеристики маршрутів.

2.6 Вимоги до маршрутної системи.

2.7 Головні показники маршрутної системи.

2.1 Схеми міських транспортних мереж

Транспортна мережа – сукупність транспортних магістралей, якими здійснюються пасажирські перевезення.

Схеми міських транспортних мереж залежать від геометричної побудови міста і його головних магістралей. Кожний вид цих схем впливає на формування пропускної спроможності магістралей міста, а для електричного транспорту – на розміщення засобів забезпечення електропостачання. Крім цього необхідно враховувати вплив конфігурації транспортної мережі на стан рухомого складу, навантаження та відмови його окремих систем (двигуна, рульового керування, ходових частини й тощо) [1, 3, 15].

Аналіз планувальної структури міст дозволяє відокремити кілька принципових схем, які характеризують конфігурацію планів міст навіть у тому випадку, якщо схеми виражені не в «чистому» вигляді.

Радіальна схема (Ярославль, П'ятигорськ, Дрезден) характерна для старих міст, які розвинулися у центрах перетинання торгівельних шляхів. Така схема забезпечує зручний зв'язок периферії з центром міста і водночас утруднює сполучення між периферійними районами, унаслідок чого виникає значне перевантаження центру міста. У чистому вигляді радіальна схема може бути доцільною тільки для малих міст з незначними транспортними потоками.

Радіально-кільцева схема (Харків, Казань, Ліон) функціонально є подальшим розвитком радіальної схеми. Тут однаково зручні зв'язки як периферійних районів з центром, так і окраїн міста між собою. Отже, усунутий недолік попередньої схеми. Водночас радіальні магістралі завантажені значно більше кільцевих і це знов-таки призводить до перевантаження центру. Подальше поліпшення схеми можливе за рахунок створення внутрішнього центрального кільця, що зменшує навантаження на центральний міський вузол.

Прямокутна схема (Одеса, Нью-Йорк, Чикаго) властива порівняно новим містам, що розвивалися за заздалегідь розробленими планами. Характерна риса

прямокутної схеми – відсутність чітко вираженого центру, що знімає питання про перевантаження центрального вузла. Транспортний недолік схеми полягає в тому, що немає найкоротших прямолінійних зв'язків між окремими пунктами.

Прямокутно-діагональна схема (Вашингтон, Детройт) є подальшим розвитком попередньої схеми. Накладені на прямокутну сітку діагоналі забезпечують найкоротші зв'язки за прямолінійними напрямками між найважливішими пасажироутворюючими вузлами. Отже, зберігаються всі переваги прямокутної схеми і вирішуються її недоліки.

Вільна схема (Багдад, Бейрут, Дамаск) характерна для старих східних міст, які зберегли середньовічне планування. Вузькі, вигнуті в плані вулиці ніякою мірою не відповідають вимогам сучасного транспорту – така схема не може застосовуватися для сучасних промислових міст. Вона є доцільною для курортних містечок, де, завдяки вільному плануванню забудови, здобуває мальовничість, гармоніює з рельєфом.

2.2 Головні характеристики транспортної мережі

Відповідність будь-якої конфігурації транспортної мережі запропонованим вимогам перевезень може бути оцінено наступними показниками [1, 2, 15]:

1) *непрямолінійність мережі*, тобто дійсна відстань, яку проїжджає пасажир, у порівнянні з довжиною прямої лінії, що з'єднує пункти відправлення і прибуття. Під коефіцієнтом непрямолінійності мережі γ розуміють відношення суми фактичної відстані (за кривою лінією) до відстані за прямою, що з'єднує пункти відправлення й прибуття:

$$\gamma = \frac{\sum l_{ci}}{\sum l_{ei}},$$

де $\sum l_{ci}$ – довжина всіх ліній транспортної мережі, км;

$\sum l_{ei}$ – відстань між пунктами прибуття і відправлення за повітряною лінією, км.

Оскільки витрати на експлуатацію міського транспорту пропорційні загальному пробігу рухомого складу, то коефіцієнт непрямолінійності певною мірою оцінює витрати коштів на рух визначеною транспортною мережею;

2) *щільність транспортної мережі* δ , що є відношенням довжини вулиць, які обслуговуються транспортом, до загальної площі міста:

$$\delta = \frac{L}{F},$$

де L – довжина вулиць, що обслуговуються транспортом, км;

F – площа міста, км²;

3) *середня витрата часу на одну поїздку* T , тобто скільки в середньому має витратити пасажир на одну поїздку, включаючи час на підхід до зупиночного пункту і очікування рухомої одиниці, тобто:

$$T = t_{\text{п}} + t_{\text{о}} + t_{\text{тр}},$$

де T – сумарний час на поїздку. Для великих міст цей час при зручному транспорті має бути в межах 30–35 хв, а для малих і середніх міст – 15–20 хв;

$t_{\text{п}}$ – середній час підходу до зупиночного пункту і проходження до пункту призначення;

$t_{\text{о}}$ – середній час очікування рухомого складу;

$t_{\text{тр}}$ – середній час, який витрачає пасажир, використовуючи транспорт;

4) *мережний інтервал* – проміжок часу між рухомими одиницями різних маршрутів, що рухаються через певну ділянку транспортної мережі;

5) *радіус пішохідної доступності* – це відстань, яка оцінює ймовірні витрати часу населення в пішохідних пересуваннях до пункту призначення. У сучасних містах радіус пішохідної доступності приймають рівним 0,7–1 км. Це відповідає витраті часу 10–15 хв;

6) *провізна спроможність* транспортної мережі – це максимальна кількість пасажирів, які можуть бути перевезені через переріз транспортної мережі протягом однієї години в одному напрямку;

7) *пропускна спроможність* – це максимальна кількість рухомих одиниць, які можуть бути пропущені через певну точку транспортної мережі в одиницю часу при дотриманні правил дорожнього руху.

Провізна спроможність міського транспорту пов'язана з пропускною спроможністю – для цього потрібно знати місткість рухомого складу:

$$P = V_m \cdot N_n,$$

де N – пропускна спроможність, РО/год;

V_m – місткість рухомого складу, пас.

Пропускна спроможність транспортних ліній обмежують «лімітуючі точки» (криві малих радіусів, ділянки із затяжними ухилами, з поганою видимістю шляху, зупиночні пункти, кінцеві станції маршрутів, перехрестя, залізничні переїзди й тощо) – ділянки, на яких необхідне зниження швидкостей і збільшення інтервалів між рухомими одиницями за умовами безпеки руху [1, 2, 16]. Пропускна спроможність смуги руху під час безперервного пересування транспорту визначають за формулою:

$$N_n = \frac{3600}{i_{\min}} = \frac{3600 \cdot V}{l_p + l_m + l_n + l_{\delta}},$$

де l_p – довжина шляху, який пройдений за час реакції водія, м;

l_m – довжина гальмівного шляху, м;

l_n – довжина рухомого складу, м;

l_{δ} – довжина безпеки між рухомими одиницями, м.

На пропускну спроможність впливають динамічні характеристики транспортних засобів, склад транспортного потоку, психофізіологічні характеристики і кваліфікація водіїв, характеристики дорожніх умов, принципи організації руху транспорту та ін.

Пропускна спроможність зупиночного пункту може бути визначена із виразу:

$$N_{3П} = \frac{3600}{t_{nid\kappa} + t_{П/O} + t_{3/B} + t_3},$$

де $t_{ni\delta x}$ – час підходу рухомої одиниці до зупиночного пункту під час гальмування, с;

$t_{n/o}$ – час на посадку й висадку пасажирів, с;

$t_{3/8}$ – час, що затрачується на відкриття і закриття дверей, с;

t_3 – часу зрушення і звільнення зупиночного пункту, с.

До сучасних методів підвищення пропускної спроможності зупиночних пунктів належить тенденція розробки нового рухомого складу з низькою підлогою і розширеними накопичувальними площадками салону, що зменшує час посадки-висадки пасажирів.

Поряд із зупиночними пунктами «лімітуючими точками» транспортної мережі є перехрестя в одному рівні. На пропускну спроможність регульованих перехресть впливає тривалість циклу світлофорного регулювання T_u і частка в ній тривалості дозволеного сигналу t_3 . Побудування перехресть у різних рівнях значно зменшує затримки перед перехрестями.

Кожне місто має зони спеціалізованої забудови з урахуванням функціональних, санітарно-гігієнічних, архітектурних і транспортних міркувань. Найважливіші з них такі: житлові зони; промислові зони; загальноміський і районний центри; пункти зовнішнього транспорту (вокзали, пристані); великі пункти культурно-побутового обслуговування (будинки культури, супермаркети, стадіони, виставки та ін.); місця масового відпочинку (парки культури і відпочинку, пляжі, лісопаркова зона й ін.).

Проектування транспортних систем складається з наступних принципів:

- 1) спочатку з'єднують основні пасажироутворюючі пункти. Транспортними лініями повинна бути охоплена вся територія міста;
- 2) лінії транспортної мережі за можливістю мають бути прямими;
- 3) відстань між транспортними лініями одного напрямку має бути не менше одного радіуса пішохідної доступності.

Від того наскільки правильно виконано проектування транспортної мережі залежить її ефективність.

2.3 Характеристики ділянок транспортної мережі

Ділянка транспортної мережі – це ділянка між двома сусідніми транспортними вузлами, протягом якої характеристики перевезень не змінюються. *Транспортним вузлом* називають точку перетинання або відгалуження транспортних ліній.

До характеристик ділянок транспортної мережі належать: швидкість, час руху ділянкою і її довжина, пасажиропотік, частота руху, мережний інтервал, кількість маршрутів, що експлуатуються.

Середню швидкість руху ділянки транспортної мережі визначають як швидкість сполучення, оскільки ділянка містить декілька перегонів, якими рухається пасажир.

Із довжин ділянок транспортної мережі складається довжина маршрутів, які проходять цими ділянками. Протягом ділянки транспортної мережі, якщо до її складу входить більше одного перегону, пасажиропотік змінюється. Однак приймають одне значення пасажиропотоку, яке дорівнює максимальному серед усіх перегонів ділянки. Ілюстрацією пасажиропотоків по ділянкам транспортної мережі послуговує картограма (див. рис. 1.8). Отже кількість маршрутів, кількість рухомих одиниць, пасажиропотік та частота руху на ділянці не мають змінюватися.

Під частотою руху на ділянці транспортної мережі розуміють кількість рухомих одиниць, що рухаються через перетин транспортної мережі в одному напрямку за одиницю часу (звичайно за одну годину).

Частота руху ділянки транспортної мережі складається із суми частот руху маршрутів, що прямують нею:

$$F_{\text{ч}} = f_1 + f_2 + \dots + f_n,$$

де f_1, f_2, \dots, f_n – частота руху маршрутів, які прямують ділянкою, РО/год.

Величину, яка оберненопропорційна мережній частоті, називають мережним інтервалом руху:

$$i_c = \frac{60}{F_q}$$

Частоту мережі ділянки визначають за величиною пасажиропотоку, яка наведена на картограмі. Це значення ділять на місткість рухомого складу, який передбачається використовувати для перевезення пасажирів за даним напрямком:

$$F_q = \frac{R}{B_m},$$

де R – пасажиропотік на ділянці транспортної мережі, пас/год;

B_m – місткість рухомого складу, пас.

2.4 Маршрути, їхня основна класифікація і обладнання

Маршрутом міського пасажирського транспорту називають шлях руху транспортною мережі, який обмежено однією або двома кінцевими зупинками, що складається із однієї або декількох ділянок транспортної мережі, обладнаних відповідним чином для безпечного і безпересадочного перевезення пасажирів за встановленим розкладом.

Розрізняють наступні види маршрутів:

- а) за видами транспорту – автобусні, тролейбусні, трамвайні та ін.;
- б) за характером обертання рухомого складу – з оборотом на кінцевих станціях (маятникові) і без обороту на кінцевих станціях (кільцеві), змішані (дев'яткоподібні);
- в) за сполученням напрямків руху на міських магістралях – із двостороннім і з одностороннім рухом;
- г) за конфігурацією (розташуванням на плані міста) – радіальні, діаметральні, хордові, кільцеві, радіально-дугові, поздовжні, поперечні, діагональні, кутові та ін.;

д) за класом транспортних зв'язків у місті – місцеві, що обслуговують внутрішньорайонні пасажироперевезення; міжрайонні, що єднують різні райони міста між собою; центральні, що забезпечують пасажироперевезення в міські центри, приміські і міжміські;

е) за класом пасажироперевезень – основні (звичайно міжрайонні) й допоміжні – ті, що підвозять (збираючи) і розвозять, – вони призначені для підвезення пасажирів від пунктів відправлення до основних маршрутів, станцій метро і розвезення від них до пунктів призначення;

ж) за довжиною – довгі та короткі;

з) за режимом роботи – постійні й тимчасові, призначені на певні години доби, дні тижня, сезони року або інші періоди часу.

Маршрут складається з перегонів. *Перегін маршруту* – це лінія транспортної мережі між двома сусідніми (суміжними) зупиночними пунктами.

До лінійного облаштування маршрутів належать зупиночні пункти, зворотні кільця та кінцеві станції. Зворотні кільця створюють для обороту рухомого складу на зворотний напрямок руху у кінцевих точках маятникових маршрутів (на кільцевих маршрутах немає зворотних кіл). Кінцеві станції послугують не тільки для звороту рухомого складу, а й для проведення незначного обслуговування і ремонту.

На кожен маршрут складають технічний документ – *маршрутний паспорт*, в якому відображають наступне:

– схему маршруту, план і профіль шляху за напрямками проходження, радіуси поворотів, загальну довжину маршруту від початкового до кінцевого пункту, фактичну довжину і час руху між зупиночними пунктами і міжвузловими ділянками;

– характеристику вуличного руху за напрямками маршруту – перехрестя з регульованим і нерегульованим рухом, дорожні знаки, що обмежують швидкість, відомості про пасажироперевезення, пасажирооборот зупиночних пунктів, середню дальність поїздки пасажирів на маршруті;

– час початку і закінчення руху на маршруті, характеристику, склад і кількість рухомого складу, інтервали проходження за годинами доби, місяця розташування проміжних, кінцевих станцій і контрольних пунктів, довжину нульових рейсів;

– технологічні карти раціональних режимів водіння рухомого складу за напрямками маршруту – рекомендовані режими водіння по перегонах і дозволені швидкості.

2.5 Експлуатаційні характеристики маршрутів

До експлуатаційних характеристик маршрутів належать довжина маршруту, час оборотного рейсу, експлуатаційна швидкість, маршрутний інтервал, кількість рухомих одиниць (випуск) і частота руху.

Під *довжиною маршруту* розуміють довжину шляху проходження маршруту від однієї кінцевої станції до іншої кінцевої станції і далі до першої кінцевої станції. Довжину маршруту визначають як:

$$L_m = V_{\text{Э}} \cdot T_{\text{ОБ}} / 60,$$

де $V_{\text{Э}}$ – експлуатаційна швидкість маршруту, км/год;

$T_{\text{ОБ}}$ – час оборотного рейсу, хв.

Орієнтовно середня довжина маршруту має становити для великих міст 14–16 км, для малих і середніх міст – 7...8 км (в одному напрямку).

Довгий маршрут має наступні переваги перед коротким: а) забезпечує безпересадочне сполучення між периферійними пунктами міста; б) не вимагає організації кінцевих пунктів у центральній частині міста; в) забезпечує більш високу експлуатаційну швидкість за рахунок зменшення витрат часу на оборот рухомого складу на кінцевих пунктах.

Переваги короткого маршруту полягають у наступному: а) полегшує досягнення більш рівномірного завантаження за всією довжиною маршруту; б) забезпечує більш високу регулярність руху.

Час оборотного рейсу складається із часу проходження рухомих одиниць по перегонах маршруту в двох напрямках з урахуванням стоянок на зупиночних і кінцевих пунктах.

Кількість рухомих одиниць на маршруті визначають за діаграмою розподілу пасажиропотоків за годинами доби. Обирають максимальне значення пасажиропотоку R_{max} і місткість обраного виду рухомого складу B_m :

$$N_{об} = \frac{R_{max} \cdot T_{об}}{B_m \cdot 60}.$$

Частота руху на маршруті може бути визначена за формулою:

$$f_m = \frac{N_{рух}}{T_{об}},$$

де $N_{рух}$ – кількість рухомого складу на маршруті, РО;

$T_{об}$ – час оборотного рейсу на маршруті, год.

Використовуючи вищенаведені формули, частоту руху на маршруті f_m можна виразити так:

$$f_m = \frac{N_{рух} \cdot V_{э}}{L_M},$$

а інтервал між рухомими одиницями одного маршруту – за формулою, яку зазвичай використовують в усіх головних експлуатаційних розрахунках:

$$i_i = \frac{60}{f_m} = \frac{60 \cdot L_M}{N_{рух} \cdot V_{э}}.$$

Пасажири завжди зацікавлені в більшій частоті руху на маршруті, тобто в меншому інтервалі руху між рухомими одиницями, оскільки витрати часу на очікування в цьому випадку помітно скорочуються.

Під час вибору типу рухомого складу (за місткістю) для перевезення пасажирів орієнтуються на відповідність частоти руху провізній спроможності. Для скорочення експлуатаційних витрат підприємству вигідніше мати рухомий склад трамвая і тролейбуса більшої місткості, що супроводжується збільшенням маршрутного інтервалу. Це негативно впливає на якість

перевезень. Інтервали між рухомими одиницями мають знаходитися в межах, що забезпечують як пропускну спроможність ділянок транспортної мережі, так і зручність користування для пасажирів, і мають становити в середньому від 2 хв до 8 хв.

У разі інтервалів, менших за 2 хв, унаслідок нерівномірності завантаження мережі утворюються окремі перевантажені ділянки, що викликає зниження експлуатаційної швидкості. Якщо інтервал більше 15 хв, то пасажирів змушені втрачати додатковий час на очікування транспорту або користуватися іншими видами. Отже підприємство може втратити потенційних пасажирів.

2.6 Вимоги до маршрутної системи

Маршрутна система є одним з головних елементів оперативного плану руху пасажирського транспорту.

Складання маршрутної системи засновано на основних принципах [1, 28]:

1) має відповідати напрямкам і розмірам пасажиропотоків, причому всі райони міста мають цілком обслуговуватися маршрутним транспортом;

2) має забезпечувати мінімум витрат часу пасажирів під час користування маршрутним транспортом;

3) має бути оптимально координованою в просторі й часі за зовнішніми зв'язками із системою приміського і міжміського транспорту всіх типів (залізничного, водного, повітряного й ін.), внутрішніми зв'язками окремих видів транспорту між собою (включаючи автотранспорт, у тому числі, індивідуального користування);

4) має бути гнучкою, тобто не вимагати великих капітальних і експлуатаційних витрат, пов'язаних із її корегуванням і оптимізацією;

5) має забезпечувати максимально рівномірний розподіл пасажиропотоку за довжиною маршрутів і в часі;

б) має забезпечувати реалізацію максимальної розрахункової швидкості сполучення й експлуатаційної швидкості рухомого складу;

7) має забезпечувати сполучення між усіма пунктами транспортної мережі найкоротшими шляхами, а, отже, найменший час на поїздку;

8) має відповідати розмірам і конфігурації території міста.

Отже, усі лінії і маршрути масового пасажирського транспорту повинні бути ув'язані в єдину транспортну систему.

Головні принципи проектування маршрутної системи наступні:

а) кожний маршрут має, за можливістю, пов'язувати найкоротшим шляхом важливі пасажироутворюючі пункти міста (промислові підприємства, вокзали, пристані, парки, стадіони, центр міста, житлові райони);

б) маршрутну систему проєктують із урахуванням забезпечення найменшої пересадочності сполучень по місту;

в) кінцеві пункти маршрутів розміщують, зазвичай, поза центральною частиною міста, тому що для їхньої організації потрібні вільні площі;

г) кількість маршрутів проєктують виходячи з потреби пасажирів у безпересадочних сполученнях, із урахуванням кількості рухомого складу. Встановлення кількості маршрутів має велике значення під час проектування маршрутної системи. Водночас потрібно виходити з того, що розгалуженість маршрутної системи для пасажирів є бажаною з погляду скорочення кількості пересадок. Однак збільшення кількості маршрутів призведе до збільшення кількості використовуваного рухомого складу, що є економічно не вигідним;

д) під час проектування маршрутів прагнуть до можливо більш рівномірної завантаженості їх за всією довжиною маршруту;

е) середній маршрутний інтервал не має перевищувати в «піковий» період 6 хвилин;

ж) довжина маршруту не має бути більш двох довжин середньої дальності поїздки мешканця міста;

з) сумарна частота руху маршрутів на ділянці транспортної мережі має задовольняти запити пасажирів на перевезення. Якщо ділянкою проходять кілька маршрутів, то частота їхнього руху в сумі має відповідати розрахунковій частоті через пасажиропотік f_p . Домогтися того, щоб на всіх ділянках сумарна частота руху маршрутів відповідала розрахунковій частоті через пасажиропотік неможливо. Тому під час проектування маршрутної системи необхідно мінімізувати функцію $L(f)$:

$$L(f) = [(\sum f_{Mi}) - f_p] \rightarrow \min .$$

З цією метою необхідно розглянути кілька варіантів маршрутної системи. Найкращим буде той варіант, що матиме в рівних умовах найменшу кількість рухомих одиниць.

2.7 Головні показники маршрутної системи

Частоту руху на ділянці транспортної мережі визначають як суму частот руху маршрутів одного виду транспорту:

$$F_{mc} = f_{m1} + f_{m2} + \dots .$$

Рациональною вважається маршрутна система, у якій необхідна частота через пасажиропотік відповідає дійсній частоті через маршрутну систему.

Середню довжину маршрутів \bar{l}_M розраховують як загальну довжину маршрутних довжин, яку поділяють на загальну кількість маршрутів маршрутної системи:

$$\bar{l}_M = \sum l_M / S ,$$

де $\sum l_M$ – сума довжин усіх маршрутів розглянутого виду транспорту;

S – загальна кількість маршрутів маршрутної системи.

Довжина маршруту впливає на величину експлуатаційної швидкості, коефіцієнт заповнення картограми пасажиропотоків, використання рухомого складу за місткістю, режими роботи поїзних бригад за змінністю,

експлуатаційні витрати, що пов'язані організацією руху та інші найважливіші показники роботи транспортних підприємств.

Значення середньої довжини маршруту пов'язано із середньою дальністю поїздки пасажирів. Аналіз існуючих маршрутних систем показує, що:

$$l_{cp} = (3 \div 4)L_{cp},$$

де l_{cp} – середня протяжність маршруту, км;

L_{cp} – середня дальність поїздки пасажирів, км.

Ступінь непрямої довжини маршруту оцінюється, як і транспортної мережі, коефіцієнтом непрямої довжини, тобто відношенням довжини маршруту до відстані між кінцевими його точками за повітряною лінією:

$$\gamma_{mc} = \frac{L_v}{L_g}.$$

Слід прагнути до того, щоб цей коефіцієнт був не більше 1,25. Ця вимога не поширюється на кільцеві маршрути, коефіцієнт непрямої довжини яких перевищує 3.

Ступінь розгалуженості маршрутної системи оцінюється *маршрутним коефіцієнтом*:

$$\mu = \frac{\sum l_M}{L_c},$$

де $\sum l_M$ – сумарна довжина всіх маршрутів, км;

L_c – довжина транспортної мережі, км.

Маршрутний коефіцієнт, вказує скільки в середньому маршрутів проходить кожною ділянкою мережі, а також розвиток маршрутної системи – кількістю кілометрів маршрутів, які припадають в середньому на один кілометр довжини транспортної мережі.

Під час проектування маршрутної системи треба керуватися наступними показниками, величина яких встановлена на основі аналізу роботи транспортних мереж у наших містах:

- маршрутний коефіцієнт $\mu = 1,5 - 4$;

- коефіцієнт безпересаджуваності $Z \geq 0,6$;
- маршрутний інтервал у денні години $i \approx 5 - 6$ хв;
- маршрутний інтервал після вечірньої години пік $i < 10$ хв.

Мережний інтервал завжди менше маршрутного, тому що маршрутний коефіцієнт більше 1 і тільки в крайньому значенні (при $\mu = 1$) $i_c = i_m$.

Якщо маршрутний інтервал визначає тривалість очікування пасажирями транспорту на зупиночних пунктах, то мережний інтервал характеризує завантаженість ліній рухомим складом і ступінь використання пропускної спроможності ліній і вузлів.

Запитання для самоконтролю

1. Дайте визначення транспортної мережі, її пропускної й провізної спроможності.
2. Що є вузлом та ділянкою транспортної мережі?
3. Які види транспортних мереж існують? Знайдіть недоліки і переваги.
4. Назвіть головні показники транспортної мережі.
5. Який показник транспортної мережі характеризує якість обслуговування пасажирів?
6. Який зв'язок між пропускною й провізною спроможністю і як цей зв'язок можна використовувати для підвищення ефективності транспортної мережі?
7. Визначить чи є різниця між перегоном та ділянкою транспортної мережі; частотою руху та пропускною спроможністю транспортної мережі?
8. З чого починають проєктування транспортної мережі?
9. Визначить, якими факторами обмежується пропускна спроможність транспортної мережі, зупиночного пункту, перехрестя?
10. Назвіть фактори, що впливають на величину провізної спроможності транспортних ліній. Проаналізуйте їх.

11. Чи змінюється частота руху протягом контрольної ділянки транспортної мережі?
12. Назвіть характеристики ділянки транспортної мережі.
13. Проаналізуйте заходи щодо зменшення часу затримки рухомого складу перед зупиночним пунктом та часу пасажирообміну на ньому.
14. Проаналізуйте заходи щодо підвищення пропускної спроможності транспортної мережі.
15. Поясніть, як впливає конфігурація транспортної мережі на розміщення засобів забезпечення електропостачання електричного транспорту.
16. Визначте, що є елементами маршрутів і як вони відтворюються у маршрутних паспортах.
17. Дайте визначення маршруту і які види маршрутів існують?
18. Охарактеризуйте експлуатаційні характеристики маршрутів.
19. Дайте визначення маршрутному й мережному інтервалам руху та визначити між ними різницю.
20. Які бувають маршрути за характером обігу? Наведіть приклади.
21. Порівняйте кільцевий і маятниковий маршрут, короткий і довгий. Покажіть їхні переваги і недоліки.
22. Проаналізуйте, від яких характеристик маршруту залежить значення маршрутного інтервалу?
23. Обґрунтуйте, чому задача маршрутизації транспортних мереж є багатокритеріальним завданням?
24. Охарактеризуйте відмінність транспортної мережі від маршрутної системи.
25. Надайте характеристику основним показникам маршрутної системи.
26. Представте послідовність проектування маршрутної системи. Який критерій оптимізації необхідно враховувати?
27. Визначить підстави для організації спеціальних маршрутів.

Лекція 3

ІНЖЕНЕРНЕ ОБЛАШТУВАННЯ ЛІНІЙ МІСЬКОГО ЕЛЕКТРОТРАНСПОРТУ

План:

- 3.1 Облаштування кінцевих станцій тролейбусу і трамваю.
- 3.2 Організація руху трамваю по стрілочним переводам.
- 3.3 Організація пріоритетного руху міського електротранспорту.
- 3.4 Інженерне забезпечення перегонів міського електротранспорту.

3.1 Облаштування кінцевих станцій тролейбусу і трамваю

Кінцева станція – це одне із найскладніших та великих споруджень лінійного обладнання мережі міського пасажирського транспорту. До неї входять посадкові площадки для пасажирів, відстійно-зворотня площадка, службове приміщення, необхідне розгалуження контактної мережі і рейкових шляхів трамвая. На відміну від звичайного кінцевого пункту маршруту на кінцевій станції рухомий склад здійснює не тільки розворот, а й відстій у період надання перерви водіям і дрібний ремонт [6, 13].

До службових приміщень кінцевих станцій входить диспетчерська, кімната відпочинку для водіїв, буфет або кімната для прийняття їжі, кімната начальника маршруту, приміщення для лінійних слюсарів і побутові приміщення (санвузол). Загальна площа приміщення має становити не менше 100 м². Із вікон диспетчерської має бути гарний огляд шляхів прийому, відстою і відправлення поїздів, а з кімнати відпочинку водіїв – площадки для відстою рухомого складу. Диспетчерські кінцевих станцій обладнують необхідними системами зв'язку і сигналізації, що полегшує керування рухомим складом під час пересування станцією.

Якщо в місті для керування маршрутним транспортом впровадженні автоматизовані системи диспетчерського керування, то в цьому випадку стає

нерациональним утримання приміщень диспетчерської. Тому кількість кінцевих станцій скорочують, переводячи їх в режим роботи кінцевого пункту. Підприємство залишає працювати тільки ті станції, які є кінцевими пунктами значної кількості маршрутів або маршрутів, які мають велику частоту руху і площа станційної площадки за розмірами забезпечує відстій рухомого складу цих маршрутів. На таких станціях залишають приміщення для слюсарів, які виконують дрібний ремонт, та кімнати для водіїв.

В зв'язку з тим, що на кінцевих станціях передбачено відстій рухомого складу під час обідніх перерв водіїв, то для цього має бути організовано спеціальне місце. Для трамвайних кінцевих станцій в загальному шляховому розвитку мають бути враховані додаткові трамвайні колії. Кількість необхідних кіл на відстійному шляху визначають з розрахунку максимальної кількості вагонів, що одночасно перебувають на відстої під час обідніх перерв, періоду обідніх перерв, їхньої загальної кількості і тривалості однієї обідньої перерви в середньому. Тоді кількість відстійних шляхів можна визначити за формулою:

$$K = \frac{П}{T \cdot k},$$

де K – кількість відстійних шляхів;

$П$ – загальна кількість перерв;

T – загальний період обідніх перерв;

k – кількість кінцевих станцій.

Кінцеві станції трамвая влаштовують у формі петлі або кільця з більшим шляховим розвитком. Найбільш простий спосіб трасування є одноколейна зворотна петля, що не містить у собі стрілочних вузлів. Для трасування обирають таке чергування прямих і кривих ділянок шляху, які на наявній площі забезпечують поворот напрямку руху на 180^0 з урахуванням встановлених вимог і обмежень.

Однак такі прості рішення застосовуються рідко. Кінцеві станції трамвая повинні мати шляховий розвиток, тобто кілька шляхів або груп шляхів, що

мають різне технологічне призначення. Це можуть бути хордові, обгінні, відстійні й ремонтні шляхи. Їхня кількість залежить від кількості маршрутів, що проходять через станцію, інтервалу руху, а також від прийнятого режиму обідніх перерв для водіїв. Крім того, на вибір кількості шляхів побічно впливає їхня можлива місткість, обумовлена розмірами відведеної площі й довжиною трамвайних вагонів, які виконують розворот.

На кінцевих станціях і кінцевих пунктах трамваю оборотні петлі улаштовують радіусом 20...50 метрів. При декількох маршрутах, особливо з різними інтервалами руху, петлі виконуються багатоколійними. Це забезпечує незалежне відправлення в рейс трамвайних вагонів кожного з маршрутів. Коли за планувальними умовами неможливо спорудити петлю, використовують трикутник, недоліком якого є необхідність руху вагонів заднім ходом під час маневрування. У виняткових випадках кінцеві пункти виконують тупиковими. Однак організація трикутників і тупиків на станціях можлива лише у разі використання рухомого складу з двома кабінами водія й наявності пасажирських дверей по обидва боки трамвайного вагону. Тупики улаштовують на додаток до петель для відстою трамвайних вагонів або створення оглядових канав.

Для кінцевих станцій і пунктів тролейбусу площу зворотного кола визначають виходячи з габаритних смуг руху. Розвотно-відстійний майданчик для тролейбуса повинен мати вільну смугу для руху шириною не менше 7 м (для можливості обгону), відстійний майданчик для розстановки тролейбусів на період обіду водіїв і відстою машин на станції. Оглядова канава для обслуговування рухомого складу має знаходитися поодаль від руху пішоходів і пасажирів і має огорожуватися, а посадку та висадку пасажирів на кінцевих станціях трамвая або тролейбуса потрібно передбачати на окремих майданчиках.

Необхідно відмітити, що будівництво окремо розташованих кінцевих станцій в умовах міста з року в рік стає все більш складною проблемою у

зв'язку з ущільненням забудови міських територій під час одночасного підвищення санітарно-гігієнічних вимог. Вирішення проблеми можливо у разі організації обороту рухомого складу навколо забудови, а службові приміщення кінцевої станції створюють в будинках комунально-побутового призначення.

На маршрутах також створюють зворотні кола, призначені для безпечного змінювання напрямку руху рухомого складу по маршруту в зворотному напрямку, зазвичай, без міжрейсового відстою. Для трамвайних ліній зворотні кільця крім кінцевої точки маршруту, варто передбачати кожні 6...8 км. Це забезпечує підвищення надійності транспортного обслуговування у разі ДТП або несправності ділянки шляху.

Структура шляхового господарства кінцевих станцій може забезпечувати розворот рухомого складу з двох боків, що забезпечує розвертання рухомого складу різних маршрутів, шлях яких проходить протилежними напрямками. Такі станції у разі порушення руху можуть використовуватися як зворотні кола.

З погляду на розташування кінцевих станцій стосовно центра міста їх можна поділити за місцем розташування на транспортній мережі на центральні, місцеві та периферійні.

Кінцеві станції, що розташовані на околиці міста, є периферійними. Такі станції знаходяться на кінцях маршрутів трамваю або тролейбусу і послугують для звороту тільки за одним напрямком. За формою, шляхове господарство має, зазвичай, вигляд петлі або тупика.

Кінцеві станції, що розташовані між околицею і центром міста, є місцевими. Характерною особливістю таких станцій є забезпечення проїзду повз них інших маршрутів, що не створюють звороту. Тому за способом використання їх можна назвати «прохідними». Такі станції побудовані у вигляді петлі або кільця з відповідним розгалуженням колії. «Прохідні» станції за призначенням можуть використовуватися як зворотні кола. Місцеві кінцеві станції бувають також із кінцевим зворотом (тупикові), а також у формі кільця.

У центрі міста розташовуються так звані «центральної» кінцеві станції, які також можуть бути «прохідними», «з кінцевим оборотом» або «двох зворотними». Оскільки в центральній частині міста важко знайти площадку необхідних розмірів для розташування кінцевої станції виконують її у формі тупика чи трикутника, а також організують зворот рухомого складу навколо міської забудови.

Кінцеві станції організують не тільки окремими для трамваїв і тролейбусів, а й роблять їх «сумісними» для декількох видів транспорту. Вважається, що за такої організації зростає ефективність використання кінцевої станції. У разі суміщення трамвайних та автобусних кінцевих станцій для скорочення площі кінцевої станції організують майданчик відстою автобусів всередині або зовні трамвайного кільця. У разі суміщення тролейбусних та автобусних маршрутів майданчик для руху автобусів може бути загальним з тролейбусом. У середині кільця кінцевих станцій трамвая допускається розміщення майданчиків для стоянки легкових автомобілів, мотоциклів і велосипедів.

3.2 Організація руху трамваю по стрілочним переводам

Стрілочний перевід є невід'ємною частиною трамвайної колії. За конструкцією його вважають більш складною її частиною, і тому більш небезпечною. Тому експлуатація стрілочних переводів має бути під увагою водіїв і обслуговуючого персоналу.

Трамвайні стрілочні переводи складають з певних спецчастин, які утворюються через злиття, розгалуження або перетинання трамвайних ліній. Більш простим стрілочним переводом є відгалуження однієї колії від іншої. Такий перевід містить: дві стрілки, що складаються з двох пів'їв із з'єднувальними тягами і перевідного механізму (приводу) та двох рамних рейок; хрестовину з двома контррельсами із з'єднувальними коліями між

стрілкою та хрестовиною (рис. 3.1, а). Двоколіїні стрілочні переводи, коли один внутрішній поворотний шлях перетинає прямий шлях зворотного напрямку, мають трамвайне перетинання (рис. 3.1, б). Коли до стрілочного перевodu під'єднують ще один перевід, то утворюється стрілочний трикутник (рис. 3.1, в). На перехрестях двоколіїних трамвайних колій з відгалуженнями в декількох напрямках утворюються складні трамвайні вузли (рис. 3.1, г) [7].

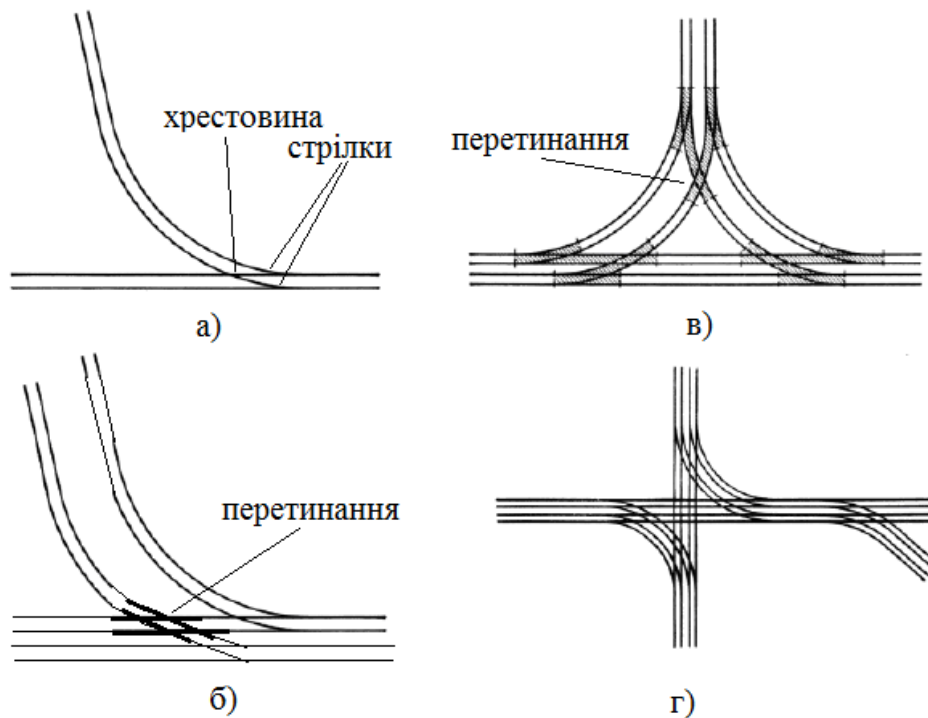


Рисунок 3.1 – Трамвайні стрілочні переводи і їхні спецчастини

Порядок розміщення стрілочних переводів, експлуатація, утримання, технічне обслуговування, вимоги до габаритів спецчастин за типами та марками хрестовин визначені нормативними документами [8, 28].

Стрілочні переводи бувають з відхиленням вправо або вліво. Залежно від положення стрілки (до рамної рейки притискається праве або ліве перо) стрілкою можна рухатись прямо або з відхиленням у бік.

Для забезпечення безпечного проїзду Правилами експлуатації трамвая і тролейбуса України [27] обмежується швидкість руху в зоні стрілочних переводів. У разі проїзду протишерстної стрілки швидкість обмежують до

5 км/год, пошерстної – 15 км/год. Це призводить до зниження експлуатаційної швидкості на маршрутах, виникнення витрат часу на пересування, погіршення якості обслуговування пасажирів, нераціональних додаткових гальмувань та пусків, що супроводжується матеріальними та енергетичними витратами ресурсів. Тому одним із актуальних завдань трамвайного господарства є використання більш сучасних конструкцій стрілочних переводів, підвищення їхньої експлуатаційної надійності.

За способом переводу розрізняють стрілки ручні та автоматичні.

Вручну стрілки переводяться за допомогою спеціального ломика, яким обов'язково екіпірують кожний трамвайний вагон, який виїжджає на лінію. Водій встановлює ломик між рамною рейкою і пером стрілки, або між контррейкою і пером стрілки, і прикладає до нього силу в напрямку «від себе» або «на себе». Вручну стрілки переводять через такі причини:

- 1) відсутня система автоматичного переведення стрілки;
- 2) привід автоматичної стрілки несправний;
- 3) відбулося неправильне (хибне) спрацювання стрілки;
- 4) погодні умови знижують ефективність спрацювання стрілки.

Вважають, що ручне перемикання стрілок менш ефективно, ніж автоматичне. Впровадження автоматичних стрілочних переводів зменшує час перебування вагонів на ньому. Проте перевід стрілки вручну можна вважати надійнішим через те, що водій під час перемикання стрілки може забезпечити потрібне прилягання пера до рамної рейки. А керовані стрілки є найбільш відповідальними пристроями з погляду безпеки, тому що вони можуть спрацювати не повною мірою.

Практика показує, що здебільшого аварії і дорожньо-транспортні пригоди на стрілках відбуваються через порушення Правил експлуатації. Крім цього, корисно знати, що відмови в електроприводах переважно відбуваються через порушення контакту автоперемикача (53 %), несправності електродвигуна

(30 %), механічної передачі (8 %), порушення контакту блокувального пристрою (4 %), заклинювання пера (3 %) та інше.

За способом автоматичного керування стрілочні переводи поділяють на три групи: керовані водієм із кабіни вагона; керовані з поста централізованого керування; програмно-керовані стрілки.

Стрілочні переводи, керовані водієм з кабіни вагона, поділяють на: керування «під струмом», керування за допомогою індукційної сигнальної системи і ті, що спрацьовують під час подачі сигналу з панелі керування вагону.

Перший спосіб (рух «під струмом») реалізує водій, який має увімкнути двигун для руху в режимі розгону. Такий перевід стрілок має електрифіковану систему керування з електромагнітним приводом. У стрілочній коробці знаходяться два соленоїда. Вони мають подвійний сердечник, з'єднаний з тягою, яка, зі свого боку, з'єднана з пир'ям стрілки. Система керування стрілкою працює від контактної мережі трамвая напругою 600 В. На контактній підвісці у місця розміщення стрілки встановлюють серієсний (вхідний) контакт. Завдяки появі сигналу з повітряного контакту, який взаємодіє з пантографом, створюється подача на соленоїд стрілочного приводу електричного струму. У нормальному положенні стрілка розташована у напрямку направо. Якщо потрібно трамваю рухатися наліво, то шляхом включення тягового електродвигуна замикається ланцюг «соленоїд – повітряний контакт – двигун – рейка», і стрілка за допомогою соленоїда перекладається наліво. Коли стрілка знаходиться на лівому напрямку, трамвай проходить зону стрілочного перевodu і за допомогою струмознімача замикає шунтовий (вихідний) контакт, і стрілка переводиться соленоїдом у нормальне положення. Таким чином, спеціальні парні клини, так звані пера стрілки, віджимають реборди коліс, направляючи їх вліво або вправо. Якщо трамваю потрібно рухатися праворуч, водій вимикає електродвигун і на швидкості, що не перевищує 5 км/год, здійснює поворот. Отже, під час руху лівим напрямком, коли стрілка знаходиться у нормальному

положенні, електродвигун не має працювати, а стрілочний перевід трамвайний вагон має проходити в режимі вибігу.

Для збільшення пропускної здатності та підвищення безпеки руху в зоні стрілки, стрілочний перевід може бути обладнаний пристроєм сигналізації положення пера. Пристрій сигналізації 7 містить блок сигналізації з кінцевими вимикачами, механічно з'єднаними із стрілочною тягою, шафи керування пристроєм і світловим покажчиком 8. На передній панелі покажчика розташовані дві сигнальні стрілки і світильник з круглим розсіювачем світла.

Якщо зона стрілки вільна на покажчику висвічується круг, який сигналізує про справний стан пристрою. Від дії струмоприймача на повітряний керуючий контакт стрілка переводиться в потрібному напрямку, спрацьовує відповідний кінцевий вимикач блоку сигналізації або на покажчику висвічується стрілка, що вказує положення гостряка стрілки, зайнятість зони стрілки і блокування електромагнітного приводу. При цьому лампа в кругу гасне. Після проїзду вагона зони стрілки сигналізація покажчика приходить у вихідне положення.

На сучасному вітчизняному трамваї переважають автоматизовані стрілочні переводи, керовані «під струмом». Особливості утримання електрофікованих стрілочних переводів визначаються тим, що колійні рейки виконують роль рейкових ланцюгів і служать зворотним проводом для тягового струму. Нормальна робота пристроїв автоблокування істотно залежить від справного стану рейкових кіл. Гарна провідність рейкових ланцюгів знижує втрати електроенергії та забезпечує стійку роботу пристроїв.

До недоліків керування стрілочного переводу «під струмом» є те, що з відстань від серієсних і шунтових контактів може становити 40 метрів, що впливає на пропускну здатність цієї ділянки транспортної мережі.

Розрахунок місця розташування вхідного серієсного контакту для переведення стрілки і вихідного шунтового – для повернення стрілки у вихідне положення виконують наступним чином.

Відстань від серієсного контакту до стрілки має враховувати час спрацювання приводу й різні варіанти складу трамвайних составів, місце розміщення струмоприймача на вагоні та видимість водієм положення стрілки.

Відстань від стрілки до серієсного контакту визначають за формулою:

$$L_{вх} = \frac{1}{3}l_{ваг} + l_{ваг} + \Delta l + l_{вид} + l_{спрац},$$

де $L_{вх}$ – відстань від стрілки до серієсного контакту, м;

$l_{ваг}$ – довжина трамвайного вагону, м;

Δl – відстань між зчепленими вагонами (≈ 1 м), м;

$l_{вид}$ – відстань видимості, м;

$l_{спрац}$ – відстань, яку проходить вагон під час спрацювання приводу трамвайної стрілки, м.

Далі розраховують відстань від стрілочного перевodu до шунтового (вихідного) контакту, що залежить від часу спрацювання приводу, довжини бази вагону та довжину візка розраховують за формулою:

$$L_{вих} = l_{бази} + \frac{1}{2}l_{віз} + l_{спрац},$$

де $L_{вих}$ – відстань від стрілки до шунтового контакту, м;

$l_{бази}$ – довжина бази трамвайного вагону, м;

$l_{спрац}$ – відстань, що проходить вагон під час спрацювання приводу трамвайної стрілки, м.

Якщо стрілочні переводи мають складне розгалуження, наприклад, шляхове господарство кінцевих станцій або на двоколіїні трамвайні колії з гілками в декількох напрямках, впроваджують централізоване керування стрілками із стаціонарного поста. Перевід стрілки в цій системі створює диспетчер, який знаходиться на спеціально відведеному пості керування. Пости централізованого керування стрілками розташовують в місці видимості

стрілочного вузла і трамвайних вагонів на підходах до переводу. Розташування централізованого поста має забезпечувати безпеку перебування диспетчера і не перешкоджати руху іншого транспорту та пішоходів.

Усі централізовані системи, що забезпечують керування з поста, обладнуються системою автоматичного блокування, яка запобігає переводу стрілки під вагоном. Пости диспетчерів обладнують пультами і контрольними сигнальними табло.

Пости централізованої система керування, що розташовані в місцях обмеженої видимості стрілок, наприклад на території кінцевої станції, обладнують пультами керування з контрольними сигналами, що фіксують дійсне положення пір'їв стрілок і роботу системи автоматичного блокування (рис. 3.2). Усі керовані електрифіковані стрілки повинні бути обладнані освітленням.

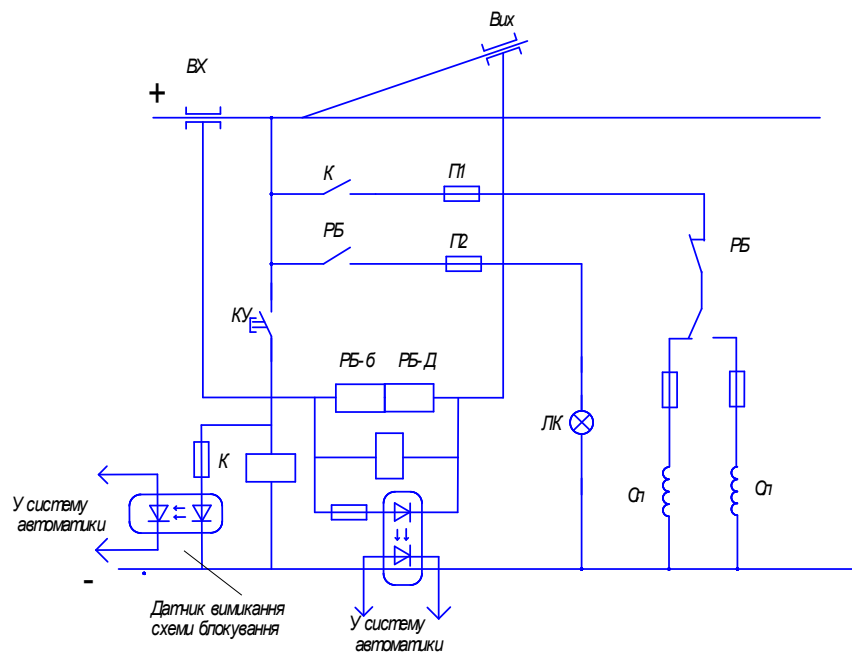


Рисунок 3.2 – Схема керування стрілочним переводом з централізованого поста:

K – контактор; $Cл$, $Cл$ – лівий і правий соленоїди; $КУ$ – кнопка керування; $ЛК$ – контрольні лампи; $РБ-Б$ – котушка блокувальна; $РБ-Д$ – котушка деблокувальна

Принцип роботи системи централізованого керування наступний. У разі під'їзду трамвайного вагону до серієсного контакту електросигнали надходять на пульт керування проводами повітряної підвіски. Як тільки в зоні стрілки з'являється трамвай, оператор візуально визначає напрямок його руху й ставить перемикач у праве або ліве положення, тим самим підготовляючи електричний ланцюг для правого або лівого соленоїда C_p і C_n . Після установки перемикача в одне з положень, оператор натискає кнопку керування. Через замкнутий контактор K живлення надходить на правий або лівий соленоїд, створюється перевід стрілки й вагони проїжджають стрілку.

Вставкою струмоприймача подається потенціал на вхідний повітряний контакт і вмикається котушка блокувального реле, у наслідку чого замикається контакт блокувального реле й включаються сигнальні лампи LK , які свідчать про зайнятість стрілки.

Розмикальним контактором PB блокувального реле переривається ланцюг соленоїдів (рис. 3.2). Так, що диспетчер не може їх задіяти. Блокування зніметься тільки тоді, коли вагон вставкою струмоприймача подає напругу на один з вихідних контактів. Через вихідний контакт одержує живлення деблокуюча котушка $PB-D$, що супроводжується спрацьовуванням реле. Блокувальне реле відключається й схема знову готова до пропуску наступного вагона. Якщо в зоні стрілки не має трамвайного вагону, то блокувальне реле перебуває у відключеному стані й сигнальні лампи погашені.

Стрілочні переводи кінцевих станцій розташовують один за одним, тому відстань між повітряними контактами розраховують іншим чином. Спочатку розраховують відстань між вхідним (серієсним) контактом, що включає відстань видимості положення стрілки, тобто водій має переконатися в перекладі стрілки.

В індукційній системі керування стрілочні переводи обладнані реверсивними мотор-редукторами. Керування мотор-редуктором створюється за допомогою індукційної сигнальної системи. На вагонах встановлені

генератори електричних коливань з частотою 11 кГц та індукційні котушки, розташовані перед першою колісною парою. Перед стрілочним переводом у ґрунті між рейками закопують петлю з дроту. Коли водій включає генератор під час знаходження вагона в зоні стрілочного переводу в петлі виникає індукційний струм, який обробляється автоматикою стрілки і включає мотор-редуктор для перекладу пир'я на інший напрямок. Стрілка зберігає своє положення за останнім вагоном, що проходить, і (незалежно від поточного стану) перекладається наліво під час проходу трамваєм вхідних контактів під струмом і направо – при проходженні вибігом (з вимкненим двигуном). В схемі передбачена система блокування, що не дає змогу наступному вагону виконати переведення стрілки під вагоном, який її проходить. Таке керування потребує уваги з боку водія під час приближення до трамвайної стрілки.

В інших системах керування стрілочним переводом передача сигналу від трамваю може застосовуватися радіоканал або інфрачервоне випромінювання. В цьому випадку в схемі керування трамвайною стрілкою застосовують датчики, які розташовують попереду і позаду стрілки.

Принцип дії інфрачервоного стрілочного переводу заснований на використанні випромінювання ІЧ-сигналів, що переводять стрілки трамваїв. При включенні водієм кнопки перекладу «вліво» чи «вправо», виконавчий пристрій передає кодовий інформаційний інфрачервоний сигнал на пристрій керування, де він декодується, забезпечуючи вироблення відповідних сигналів на рушій стрілки. Під час руху вагона стрілки блокуються, після проходження блокування автоматично знімається.

Існують радіокеровані стрілки. Їх привабливість полягає в простому і зручному механізмі переведення стрілок, не дивлячись на відносно високу вартість. Ці радіокеровані стрілки й інші конструкції стрілок не накладають обмежень на режим руху на під'їзді до стрілки.

Принцип дії наступний. При необхідності переведення стрілок водій, перебуваючи в кабіні трамвая, натисканням кнопки активує передавач системи,

що спонукає генерацію керуючого сигналу з певною частотою. Цей сигнал радіоканалом поступає на обробку в станцію, і на електропривод видається один з двох сигналів запуску двигуна стрілки в той або інший бік. З використанням цієї системи скорочується час, необхідний для переведення і проїзду трамваю. Порівняно з переведенням стрілок, заснованому на електромагнітах та ІЧ-випромінювання, ця система значно спростила дорожні роботи. Застосовувані в цих пристроях датчики відрізняються універсальністю і можуть бути використані, наприклад, для керування трамвайним рухом, пов'язуючи датчики зі світлофорами.

У багатьох країнах використовується пристрій для приведення у дію трамвайної стрілки з поїзда, що випускається німецькою фірмою «Banning & Kahl». Цей пристрій містить логічний каскад, силовий комутатор, з'єднаний з контактним проводом і електроприводом трамвайної стрілки. Між рейками трамвайного шляху розміщують приймач сигналу повороту трамвая та датчик виявлення ходових візків трамвая. Для виявлення рейкових рухомих одиниць використовують датчик рейкового ланцюга і датчик локаційного ланцюга. Датчик рейкового ланцюга є передавальним і приймально-передавальним пристроєм – він реагує на появу трамвая у разі короткого замикання ділянки рейкового ланцюга колісною парою візка. Датчик локаційної ланцюга містить котушку з резонансним контуром, який реагує на масу ходових візків трамвая і забезпечує блокування трамвайної стрілки після виключення рейкового ланцюга. Електричне блокування управління стрілкою зберігається до тих пір, поки задня частина рухомого складу не покине зону дії котушки датчика локаційного ланцюга.

Недоліком пристрою «Banning & Kahl» вважають те, що він передбачає використання рейкового ланцюга, поперечні шляхові тяги, шпунтуючи рейки трамвайної колії, знижують рівень сигналу на вході приймача датчика рейкової ланцюга, нормальна робота датчиків рейкового ланцюга не забезпечується через не високу надійність контактів з рейками, а для рейкового і локаційного

ланцюгів потрібно використання датчиків, заснованих на різних принципах роботи, що ускладнює пристрій і обмежує його уніфікацію.

За джерелом сигналу стрілочні переводи можуть бути напівавтоматичними – це ті, які розташовані на борту трамвая і потребують уваги з боку водія під час наближення до трамвайної стрілки та автоматичні. Автоматичні вбудовані в трамвайну електричну систему і пов'язані з сигналами повороту трамвая або працюють незалежно від трамвая за визначеною програмою, що забезпечують переведення стрілки за номером маршруту трамвая.

Система керування стрілками за номером маршруту містить безконтактні високочастотні механізми, що розроблені компанією «Signaltechnik-Elektronik AG». До виїзду з депо водій записує на спеціальний пристрій, що знаходиться на вагоні, номер маршруту. У вагоні також встановлюють передавач, що безперервно випромінює сигнал. Стрілочні переводи обладнують приймачами (антенами) і мікропроцесорами. Мікропроцесори визначають необхідний напрямок руху і у разі наближення трамвая стрілка автоматично переміщується в потрібне положення.

3.3 Організація пріоритетного руху міського електротранспорту

Пріоритетний рух міського електротранспорту організують не тільки для зменшення його затримок, а й для підвищення його безпеки руху.

Для автономного руху тролейбусу, як для громадського транспорту, створюють окремі смуги руху, початок яких позначають розміткою 1.24 та відмежовують від загального транспортного потоку розміткою 1.1. Також, у разі наявності вільного місця між будівлями, впроваджують окремі дороги, які розташовують паралельно з головною магістраллю і відмежовують від неї розподільною смугою. Для руху трамвая організують відокремлене полотно з боку проїзної частини або на широкій розподільній смузі руху.

Організація пріоритетного пропуску трамвая і тролейбуса через перехрестя має певні особливості. Способи пріоритетного пропуску міського пасажирського транспорту через регульовані перехрестя поділяють на ті, що не мають прямого впливу від рухомого складу на роботу світлофорного об'єкта і ті, що мають.

Одним з ефективних способів пріоритетного пропуску тролейбусу без прямого впливу на світлофорний об'єкт є організація смуг для обходу черги перед стоп-лінією, коли тролейбусу потрібно виконати правий поворот (рис. 3.3) [4, 9].

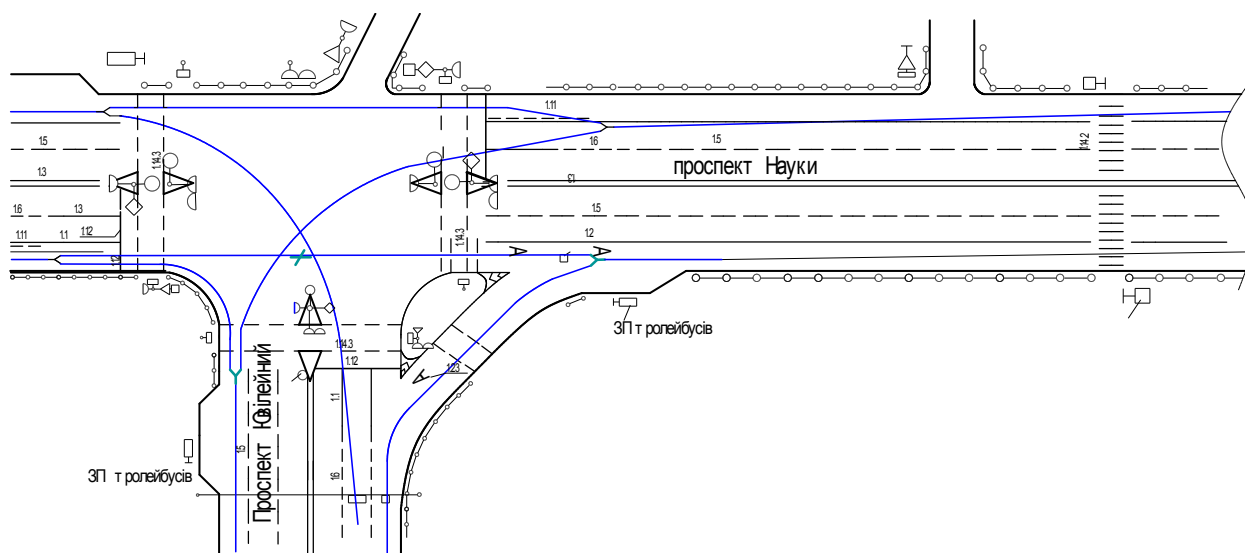


Рисунок 3.3 – Регульоване перехрестя з ділянкою смуги «обходу черги»

Як смугу «обходу черги» використовують коротку ділянку проїзної частини на підході до регульованого перехрестя, за допомогою якої рухомий склад минає чергу інших транспортних засобів, не займає місце перед стоп-лінією, рухається безупинно на повороті і в'їжджає до зупиночного пункту. Для реалізації такого способу, зазвичай, розширюють проїзну частину на підході до перехрестя, контури розподільного острівця відмежовують бордюром або розміткою 1.1, а для розділення напрямків руху наносять розмітку 1.16.1 – 1.16.3 [25].

Для забезпечення безупинного руху маршрутних транспортних засобів через регульовані перехрестя використовують режим координованого регулювання («зеленої хвилі»). Його організують шляхом використання спеціальних параметрів регулювання, які розраховують залежно від значень швидкості руху між сусідніми перехрестями. У разі змінювання швидкості руху або за інших позаштатних ситуацій час руху між перехрестями може бути відкоректований у програмі координованого руху. Але координований рух організують для загального транспортного потоку, швидкість якого, зазвичай, вище швидкості міського електротранспорту. Тому застосування такого способу пріоритетного пропуску для трамвая і тролейбуса не завжди є доцільним.

До способів пріоритетного пропуску, не пов'язаних зі світлофорним регулюванням, належать також алгоритми онлайн методів – це використання керованих знаків і табло.

Способи пріоритетного пропуску, які забезпечують спрацювання світлофорного об'єкта під впливом з боку рухомого складу, пов'язані з ідентифікацією трамвая і тролейбуса під час наближення до регульованого перехрестя. Для реалізації цього способу світлофорний об'єкт обладнують спеціальними датчиками з детекторами, що ідентифікують транспорт загального користування [4, 11]. Поширеним прикладом є використання індуктивного контуру (петлі), який розташовують під дорожнім покриттям на певній відстані від стоп-лінії. Під днищем трамвая і тролейбуса також розміщують індуктивний контур. Індуктивний контур зв'язку забезпечує надійне виявлення тільки трамваїв й тролейбусів і виключає вплив інших транспортних засобів на світлофорний об'єкт.

Можуть використовуватися також інші детектори, наприклад, детектори випромінювання, до яких належать фотоелектричні, ультразвукові, інфрачервоні, радарні та відеодетектори. Найбільше поширені детектори останніх двох груп. Для ідентифікації рухомого складу на ньому розташовують

певні мітки або транспондери (приймально-передавальні пристрої). Схема забезпечення пріоритетного пропуску з використанням детекторів подана на рисунку 3.4.

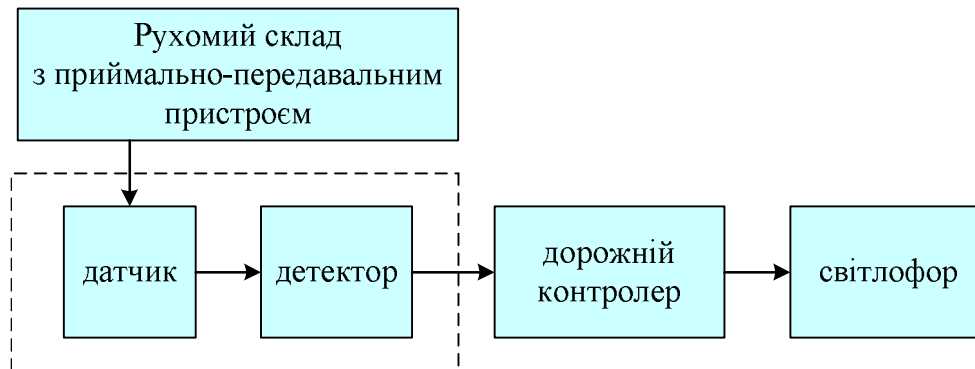


Рисунок 3.4 – Схема забезпечення пріоритетного пропуску з використанням детекторів

У роботу дорожнього контролера закладено алгоритм, відповідно до якого загоряння зеленого сигналу створюється не миттєво, а через певні проміжки часу. Коли рухомий склад, який з'являється в зоні датчика (тим самим «засвідчує потребу» в зеленому сигналі), наближається до світлофору з червоним або жовтим сигналом, то ця вимога зберігається в контролері, який обслуговує дозволені етапи в циклічному порядку. Як тільки з'явиться зелений сигнал, його тривалість може бути подовжена появою рухомого складу зустрічного напрямку, який теж має потребу в пріоритетному пропуску. Якщо транспортні засоби будуть продовжувати з'являтися в зоні перехрестя і, тим самим продовжувати тривалість зеленого сигналу, то після закінчення максимально можливого періоду горіння зеленого сигналу відбудеться його перемикання на жовтий і червоний. Після закінчення останнього продовження і за відсутності нового рухомого складу контролер відповідь на запит про інший етап горіння зеленого сигналу.

Розглянемо розрахунок параметрів адаптивного регулювання та місця розміщення датчиків для пріоритетного пропуску тролейбуса через перехрестя.

Головними параметрами керування, яке використовують у межах адаптивного алгоритму світлофорної сигналізації, є: мінімальна тривалість основного такту t_3^{\min} , максимальна тривалість основного такту t_3^{\max} , екіпажний час $t_{ек}$ (інтервал, що визначає розрив у транспортному потоці). На підходах до перехрестя на смугах, якими створюється рух тролейбусів, встановлені детектори транспорту. Для визначення розриву у транспортному потоці використаний детектор транспорту прохідний, а як чутливі елементи встановлюють дві індуктивні рамки. Довжина однієї індуктивної рамки 1...2 м. Відстань між індуктивними рамками для місцевих доріг становить 6 м.

Першу рамку розташовують до стоп-лінії на відстані, яка залежить від швидкості й уповільнення рухомого складу (рис. 3.5).

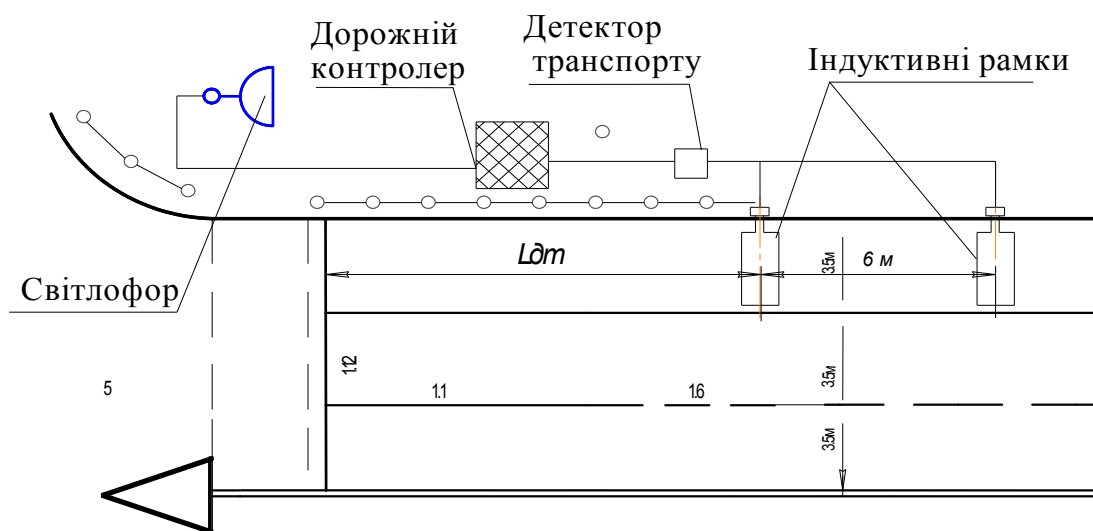


Рисунок 3.5 – Схема розташування засобів пріоритетного пропуску тролейбуса

Відстань між стоп-лінією та першою рамкою індуктивного контуру визначають за формулою:

$$l_{dm} = \frac{V_{T3} \cdot t_p}{3,6} + \frac{V_{T3}}{26 \cdot v_t},$$

де l_{dm} – відстань між стоп-лінією та першою рамкою індуктивного контуру, м;

V_{T3} – швидкість рухомого складу, км/год;

t_p – час реакції водія, с;

v_t – уповільнення рухомого складу, м/с².

Екіпажний час визначають за формулою:

$$t_{ек} = \frac{3,6 \cdot l_{dm}}{V_{ТЗ}},$$

де $V_{ТЗ}$ – середня швидкість рухомого складу під час підходу до перехрестя без гальмування, км/год.

Мінімальну тривалість основного такту t_3^{\min} визначають за формулою:

$$t_3^{\min} = \frac{3600 \cdot n_0}{I_n},$$

де n_0 – кількість транспортних засобів, що стоять між детектором і стоп-лінією в очікуванні сигналу, який дозволить рух;

I_n – потік насичення для транспортних засобів, авт/год.

Максимальну тривалість основного такту визначають за формулою:

$$t_3^{\max} = (12 \div 1,3) \cdot t_{oci},$$

де t_{oci} – тривалість основного такту визначеної фази регулювання, с.

Для увімкнення дозволеного руху сигналу світлофора використовують умовний і безумовний пропуск.

У разі безумовного пропуску зелений сигнал світлофора вмикається з розрахунком забезпечити безупинний рух громадського транспорту незалежно від ситуації на інших примикаючих вулицях перехрестя. Таке регулювання є адаптивним (гнучким), і керування створюється за чітко встановленим алгоритмом «ідентифікація рухомого складу – увімкнення дозволеного сигналу».

Умовний пропуск передбачає оцінку ситуації на всіх напрямках і пошук найближчого часу увімкнення зеленого сигналу світлофора без створення перешкод або з мінімальними перешкодами іншим учасникам руху. Для здійснення такого регулювання можуть бути використані сучасні

інтелектуальні системи керування, до складу яких входять контролери з нечіткою логікою або нейроконтролери [12].

Якщо світлофорний цикл не «справляється» з насиченим транспортним потоком, організують ручне керування. У цьому разі на перехресті знаходиться регулювальник, який перемикає сигнали світлофора зі стаціонарного або переносного пульта керування.

Під час оперативного керування, коли потрібно оновити порушений рух (наприклад, після довгої затримки через ДТП) і якнайшвидше забезпечити пропуск через перехрестя значної кількості рухомого складу, можна застосовувати примусовий вплив на роботу світлофорного об'єкту від диспетчера автоматизованої системи керування маршрутним транспортом. Для керування світлофорним об'єктом диспетчер використовує відеозображення з камер спостережень, які розташовані на вулично-дорожній мережі. Але не всі автоматизовані системи диспетчерського керування рухом мають програмне забезпечення, яке дає змогу забезпечити такий вплив на роботу світлофорного об'єкта.

Керування світлофорним об'єктом може бути організовано за певними програмами. Дозволений рух для трамвая і тролейбуса має включатися залежно від ситуації на вулично-дорожній мережі. У цьому випадку в обладнанні системи пріоритетного пропуску громадського транспорту має бути бортове навігаційне обладнання, спеціальне та серверне програмне забезпечення. Організацію двостороннього обміну даними створюють через GSM / GPRS / UTMS / LTE, Wi-Fi (рис. 3.6).

Супутникові GPS-технології, виявляють транспортні засоби в точках, запрограмованих бортовим комп'ютером (також відомих як «віртуальні петлі»). Проходження через кожну таку петлю, відповідно до передбаченого GPS місцем розташування рухомого складу, запускає зв'язок від нього до центру керування. Ця технологія вимагає радіозв'язку між рухомим складом і

нижчестоящим сигнальним контролером або центром керування для запиту пріоритету.

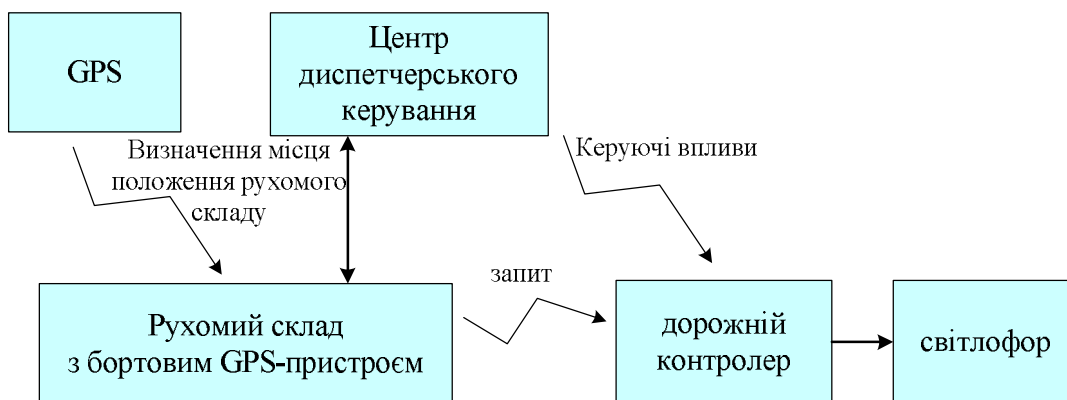


Рисунок 3.6 – Схема пріоритету громадського транспорту на світлофорах із використанням GPS-навігації

Такі системи впливу на світлофорний об'єкт для організації пріоритетного пропуску міського пасажирського транспорту мають певні модифікації в Європейських державах, а в Україні знаходяться у розвитку, тому широко не використовуються.

3.4 Інженерне забезпечення перегонів міського електротранспорту

Тролейбусні лінії проходять проїзною частиною в загальному транспортному потоці. За вимогами проектування троллейбусної лінії ширина проїзної частини для троллейбусу має складати 7 метрів в одному напрямку, що відповідає двом смугам руху (одна смуга руху може становити 3,5...3,75 м). [7, 8]. Першу смугу руху будують ширшою на 0,5 метрів з урахуванням місця для розташування лівнезбірників.

Тролейбусні лінії забезпечують контактною мережею, кабельною сіткою та тяговими підстанціями [28]. Відстань від найближчого контактного проводу троллейбусної лінії до бордюрного каменю приймають від 1,75 до 4,0 метрів залежно від ширини проїзної частини, від інтенсивності руху автомобільного

транспорту та кліматичних умов. Закруглення тролейбусної контактної мережі в межах вулиці приймають радіусом не менше 70 метрів (у стислих умовах не менше 40 м) [13]. Біля зупиночних пунктів контактні проводи проєктують на відстані не більше 4 м від початку тротуару.

До спеціальних частин контактної мережі належать:

- повітряні тролейбусні перетинання проводів контактної мережі тролейбусних ліній;
- повітряні трамвайно-тролейбусні перетинання проводів контактної мережі трамвая з проводами контактної мережі тролейбуса;
- автоматичні керовані повітряні стрілкові вузли (стрілки розходження) ;
- повітряні збіжні стрілкові вузли (стрілки сходження).

Стрілка автоматична (протишерстна) – це пристрій, призначений для переведення струмозійомників тролейбуса в одне з двох напрямків руху за вибором водія. Нормальним положенням керуючої водієм стрілки є відкритий правий напрямок, який автоматично відновлюється кожного разу після проходження тролейбусним транспортним засобом наліво. Автоматичні стрілки встановлюють перед перехрестями не менше як за 20 м.

Стрілка пошерстна – це пристрій, призначений для переведення для злиття двох тролейбусних ліній, який не має рухомих частин. Східну стрілку розташовують за перехрестям не менше як за 10 м.

Траси маршрутів трамваю і тролейбусу можуть проходити по ухилах. Ухил – це елемент поздовжнього профілю шляху, який має наклони до горизонтальної лінії. Ухил при русі від нижчої точки до вищої називають підйомом, протилежний – спуском .

Експлуатація тролейбусних машин дозволяється на вулицях та дорогах зі схилом не більше 80 ‰, допускається експлуатація зі схилами до 90 ‰ довжиною не більше 30 м. На схилах більше 80 ‰ можуть експлуатувати машини, конструкція яких спеціально розрахована на роботу в таких умовах [13, 27].

Поздовжні схили ліній трамвая не повинні перевищувати:

– 90 ‰ – під час руху одиночних вагонів або двовагонних поїздів за системою «багатьох одиниць».

– 80 ‰ – під час руху поїздів з моторного та причіпного вагонів, тривагонних поїздів, керованих по системі «багатьох одиниць»;

– 60‰ – під час руху тривагонних (моторного та двох причіпних вагонів) або одновагонного з'єднаного шестивісного вагона.

Трамвайні лінії здебільшого проєктують двоколійними. Відносно проїжджої частини вулиці трамвайні колії розташовують у загальному з нею рівні, на відокремленому або на власному полотні. У першому випадку головки рейок знаходяться на рівні з дорожнім покриттям і трамвайне полотно становить як би єдине ціле з проїжджою частиною. Це дає можливість автотранспорту використовувати трамвайне полотно у разі обгонів, об'їзду перешкод та ін. У разі влаштування відокремленого трамвайного полотна його ізолюють від проїжджої частини бортовим каменем, що виключає його використання іншими видами транспорту. Застосування відокремленого трамвайного полотна можливо на вулицях шириною не менше 35 м. На нових магістральних вулицях трамвайні лінії повинні проєктуватися тільки на відокремленому полотні. Ширина трамвайної колії на відособленому полотні складає 9 метрів, в одному рівні з проїзною частиною – 7 метрів.

Переваги відокремленого розташування трамвайного шляху полягають у такому: а) примусовій фіксації пішохідних переходів шляхом використання огорожень; б) більш високому рівні безпеки руху; в) більш високій швидкості руху трамвайного транспорту внаслідок повної ізоляції трамвайного полотна від інших видів транспорту і пішоходів; г) менших витратах електроенергії трамвайним транспортом у результаті більш плавного руху трамвайних поїздів, меншої кількості уповільнень і прискорень, кращого використання вибігу; д) менших капіталовкладень під час влаштування трамвайних колій завдяки застосуванню більш дешевих залізничних рейок, а також відсутність укладання

дорожнього покриття в трамвайній полотнині; е) простоті і дешевизні виконання колійних ремонтних робіт через відсутність необхідності розбирання і подальшого відновлення дорожнього одягу.

Розміщення зупиночних пунктів визначають оптимальною довжиною перегонів, особливостями планування вулиць, вимогами безпеки і розташуванням об'єктів тяжіння. Оптимальна довжина перегону наземного маршрутного транспорту знаходиться в межах 400...600 м, причому, як правило, у центральній частині міста перегони коротше, ніж на окраїнах. Для швидкісних маршрутів довжина перегону може становити 800...1200 м [13].

З погляду зручності пересадки зупиночні пункти розміщують навпроти один одного по обидва боки вулиці, а коли це неможливо забезпечують максимально взаємне наближення зупиночних пунктів прямого і зворотного напрямку.

Зупиночні пункти розташовують поблизу перехресть, що забезпечує збільшення зони тяжіння. На підставі вимог безпеки зупиночні пункти тролейбуса рекомендується розміщати по ходу руху за перехрестями і пішохідними переходами, відстань від посадочної площадки до пішохідного переходу повинна бути не більше 5...10 м, а від краю перехрестя 20 метрів. В окремих випадках у разі наявності потужного об'єкта тяжіння, може виявитися доцільним розміщення зупиночного пункту тролейбуса до перехрестя. У цьому випадку відстань від зупиночного пункту до перехрестя має бути не менше 100 метрів.

Для трамвая характерним є розміщення зупиночних пунктів перед перехрестями. Відстань від місця установки дорожнього знака, що позначає зупинку електричного транспорту, до пішохідного переходу має бути не менше 5 м. У разі великих відстаней між перехрестями зупиночний пункт трамваю може бути розміщений між ними. У цих випадках варто забезпечити можливість обходу трамвайного вагону попереду, тоді посадочна площадка розміщується на відстані 2...3 м від пішохідного переходу. Відстань між

взаємним розташуванням зупиночних пунктів прямого і зворотного напрямку не має бути меншою 8 м. Ширина посадкових площадок трамваю у разі відособленого розташування становить 1,5...2,0 метри.

Зону зупиночного пункту тролейбуса облаштовують «кишенею» глибиною 3,5...4 метри для того, щоб зупинений для посадки-висадки тролейбус не заважав руху іншим транспортним засобам. Не обов'язково створення «кишені», якщо проїзна частина має три і більше смуги руху або виділена окрема смуга для тролейбуса. Довжина «кишені», як і усього зупиночного пункту, залежить від типу маршрутних транспортних засобів і їхньої кількості, що одночасно можуть здійснювати висадку і посадку пасажирів. Отже, довжина посадкового майданчика може становити 20...45 м [28].

Зручність і швидкість посадки-висадки пасажирів підвищуються, якщо різниця висоти підніжки тролейбуса, трамвая і посадкового майданчика мінімальна. Тому висадка і посадка пасажирів мають здійснюватися або безпосередньо з тротуару, або зі спеціальної посадкової площадки, піднесеною над рівнем проїжджої частини на 0,2...0,3 м. Ширина майданчика повинна бути не менше 1,5...3,0 м.

Зони зупинок маршрутного транспорту позначають знаками: трамвая – 5.42.1 , тролейбуса – 5.43.1 та розміткою 1.17 (зигзагоподібною лінією жовтого кольору) [14].

Зупиночні пункти трамвая і тролейбуса обладнують павільйонами для очікування [13]. Вибір конструкції павільйону залежить від кліматичних умов району розміщення зупинки. Розмір павільйону визначають з урахуванням кількості пасажирів, які одночасно знаходяться в годину пік на зупиночному пункті з розрахунку 4 люд./м². У павільйоні має розташовуватися інформація про маршрути, які проходять через зупинку (траса, розклад руху), візуальні засоби відображення інформації, вони можуть бути обладнані автоматами з продажу проїзних документів, засобами відеоспостереження тощо.

Важливим заходом забезпечення безпеки є організація руху пішоходів. Згідно з Правилами дорожнього руху перехід проїзної частини пішоходами має відбуватися в спеціально призначених місцях. Пішохідні переходи можуть бути ізольованими (підземні і надземні) і наземні.

Ізольовані переходи влаштовують на швидкісних магістралях шириною більше 14 м. Розташування ізольованих пішохідних переходів визначають з урахуванням розміщення об'єктів тяжіння пішоходів і зупиночних пунктів маршрутного транспорту. Відстань між ізольованими пішохідними переходами має бути не більше 600 м, але не менше 400 м. Відстань між ізольованими переходами і наземними пішохідними переходами рекомендується приймати від 150 м до 300 м залежно від взаємного розташування об'єктів тяжіння пішоходів і зупиночних пунктів.

Ширина пішохідного переходу на поверхні приймається рівною 4 м для вулиць з інтенсивністю пішохідного потоку не більше 2000 люд/год. Такий пішохідний перехід позначається розміткою 1.14.1. На магістральних вулицях з інтенсивністю дорожнього руху понад 600 авт/год і на усіх вулицях з інтенсивністю пішохідного потоку більше 2000 люд/год ширину переходу встановлюють 6 м і наносять стрілки, що вказують напрямок руху пішоходів під час переходу проїзної частини. Нерегульований пішохідний перехід у місцях з підвищеною небезпекою скоєння ДТП позначають розміткою 1.14.3. Регульований пішохідний перехід позначають розміткою 1.14.2.

Зони наземних пішохідних переходів позначають дорожніми знаками 5.35.1, 5.35.2 «Пішохідний перехід», та ізольованих: 5.36.1, 5.36.2 «Підземний пішохідний перехід», 5.37.1, 5.37.2 «Наземний пішохідний перехід» – їх встановлюють зображенням назустріч головному пішохідному потоку.

Якщо ширина дороги 14 м і більше облаштовують острівцець безпеки, який позначають розміткою 1.16.4. З обох боків його огорожують острівцями з бордюром, який позначають вертикальною розміткою 2.7, горизонтальною розміткою 1.16.1 для розділення транспортних потоків різних напрямків і

наказовим знаком 4.7 «Об'їзд перешкоди з правого боку» для зазначення напрямку його об'їзду, а на колонку знаку наносять розмітку 2.3.

Регульовані пішохідні переходи обладнують пішохідним світлофором, а іноді світлофорами виклику. Для запобігання виходу пішоходів на проїзну частину в невстановленому місці встановлюють пішохідні огороження довжиною не менше 50 м. Їх розташовують на тротуарі на відстані 0,3 м від бордюру або по середині розподільної смуги руху проїзної частини.

Для забезпечення безпеки руху трамваїв і тролейбусів використовують маршрутні знаки. Знаки 1.1 і 1.2 «Автоматична стрілка» встановлюють перед місцем розташування автоматичних повітряних стрілок. Знак 4 «Зона розвороту тролейбуса» встановлюють перед ділянкою, де організовано розворот тролейбусу. Знаки 7.1 і 7.2 «Обмеження максимальної швидкості на кривій» застосовують для заборони руху електротранспорту з більшою швидкістю, ніж зазначено на знаках. Наприкінці ділянки обмеження максимальної швидкості розташовуються знаки 9.1 і 9.2. Для відокремлення відособленої смуги руху тролейбуса застосовують знак 5.11 [14].

Регульовані перехрестя і пішохідні переходи обладнують світлофорами, які встановлюють на колонках, кронштейнах, на спеціальних консольних опорах і тросах-розтяжках, їх прикріплюють до існуючих опор і стінам будинків. Існують такі види світлофорів: трисекційні світлофори, які застосовують для регулювання рухом транспортних засобів; трисекційні з додатковою секцією, що призначені для регулювання руху транспортних засобів за визначеним напрямком; пішохідні світлофори; реверсивні світлофори для регулювання руху транспортних засобів по смугах проїзної частини, напрямок руху яких може змінюватися на протилежний; світлофор з чотирма сигналами біло-місячного кольору для регулювання руху трамваїв; світлофори для регулювання руху через залізничний переїзд [25].

Світлофори розміщують так, щоб забезпечити найкращу видимість учасникам руху. З цією метою, крім головних, застосовують світлофори

дублери, які розміщують на протилежному боці проїзної частини. Якщо проїзна частина має більше двох смуг руху в одному напрямку, світлофори розташовують на розподільній смузі або на острівці безпеки. Найкраща видимість сигналів світлофора досягається у разі їх встановлення над проїзною частиною на висоті 5...6 м або збоку на висоті 2...3 м.

Транспортні світлофори встановлюють за стоп-лінією. Відстань від неї до світлофора не має бути меншою за 10 м, якщо світлофор розташований над проїзною частиною, і 3 м – у разі його встановлення збоку. Зменшує цю відстань відповідно до 5 і 1 метрів використання світлофорів-дублерів. Пішохідні світлофори встановлюють по обох боках пішохідного переходу – вони не мають знаходитися більш ніж на 1 м від його найближчої межі.

Для визначення пріоритету використовують дорожні знаки 2.3 «Головна дорога» і 2.1 «Уступіть дорогу», які розташовують безпосередньо перед перехрестям і сповіщають водіїв про першочерговість проїзду. У разі змінювання напрямку головної дороги передбачається застосування знака 2.3 з табличками 7.3.1, 7.3.2. Безпосередньо за перехрестям встановлюють знаки, що інформують про напрямок руху по смугах (5.16–5.19). Також на підходах до перехрестя встановлюють наказові знаки (4.1–4.10). Знаки, що забороняють рух (3.1, 3.21, 3.29, 3.34, 3.35), встановлюють безпосередньо перед ділянками доріг, на яких змінюється порядок руху та вводяться обмеження [25].

Для регулювання рухом маршрутного транспорту і усього транспортного потоку використовують дорожню горизонтальну розмітку. Для позначення стоп-лінії головної дороги використовують розмітку 1.12, другорядної дороги – 1.13. Розподіляють потоки різних напрямків у разі двох- або трисмугового руху в кожному напрямку подвійною суцільною лінією 1.3. Потоки одного напрямку поділяють переривчастою лінією 1.5. Через заборону перестроювання в зоні перехрестя з однієї смуги до іншої потоки одного напрямку розділяють суцільною лінією розмітки 1.1, довжина цієї лінії у такому випадку має становити 20 метрів. Потоки одного напрямку розділяють розміткою 1.5. Для

того, що сповістити водіїв про те, що розмітка 1.5 переходить в лінію 1.1 використовують переривчасту лінію 1.6 з меншими штрихами [11].

Якщо на перехрещуваних дорогах є тільки одна смуга руху в кожному напрямку, тоді розмітку 1.1 використовують перед стоп-лінією для розподілу потоків різного напрямку, а попереджає про наближення до неї розмітка 1.6.

Розмітку 1.1 також застосовують: на заокругленнях вулиць, наприкінці підйому або на початку спуску для заборони виконання маневрів через обмеження видимості та виокремлюють нею смугу руху для маршрутного транспорту. У разі необхідності перетину тролейбусом лінії 1.1 наносять розмітку 1.11, яка дозволяє маневр тільки з одного боку.

Розмітка має бути погоджена з розміщенням спецчастин контактної мережі тролейбуса: повітряні стрілки розташовуються не ближче ніж за 20 метрів до суцільної лінії 1.1 розподілу транспортних потоків. Повітряні перетинання, протишерстні та пошерстні стрілки не мають розташовуватися над острівцями безпеки і над пішохідними переходами.

Проїзна частина і дорожні знаки в темний час доби мають стаціонарну систему освітлення. Схеми розташування світильників визначають шириною вулиці. Якщо вона становить 14 м і більше ефективним вважається розташування їх з обох боків у шаховому порядку або у прямокутному розташуванні. Залежно від потужності світильників і висоти їхньої установки відстань між освітлювальними опорами знаходиться в межах 30...45 м. Освітлювальні опори висотою 11 м розташовують на відстані не менше 0,6 м від краю проїзної частини. На заокругленнях і з'їздах опори розташовують не ближче 1,5 м від початку кривої. З метою економії опори для світильників й підвісу контактної мережі трамвая і тролейбуса суміщають – з цією метою застосовують опори висотою 9 м.

Запитання для самоконтролю

1. Скільки має становити ширина проїзної частини для руху тролейбусу, який радіус повороту має бути забезпечений?
2. Вкажіть головні конструктивні елементи трамвайного шляху.
3. Які способи розміщення трамвайного шляху стосовно проїзної частини Ви знаєте? Які переваги і недоліки кожного з них?
4. Як мають бути облаштуванні сучасні зупиночні пункти? Чому необхідно інформувати пасажирів про час прибуття рухомого складу?
5. Якими елементами мають бути забезпечені кінцеві станції міського електротранспорту? Чи впливає тип кінцевої станції на техніко-експлуатаційні показники маршрутів?
6. Які системи керування стрілочними переводами існують? Чи впливає система керування на пропускну спроможність стрілочного переводу?
7. Які датчики можуть бути застосовані для керування стрілочними переводами і де вони мають бути розташовані?
8. Для чого потрібно впроваджувати системи пріоритетного пропуску рухомого складу?
9. Які системи пріоритетного пропуску рухомого складу існують?
10. З яких головних пристроїв має складатися система пріоритетного пропуску рухомого складу через регульовані перехрестя? Поясніть принцип роботи цієї системи.
11. Яке обладнання необхідно встановити на рухомому складі, щоб забезпечити його ідентифікацію в системі пріоритетного пропуску?
12. Яку функцію виконує обладнання центрального диспетчерського пункту?
13. У чому складається принцип раціонального розміщення спецчастин контактної мережі? Поясніть на прикладі певної ділянки транспортної мережі.

Лекція 4

НОРМУВАННЯ ТРИВАЛОСТІ РЕЙСУ

План:

- 4.1 Визначення поняття оборотного рейсу та обґрунтування необхідності його нормування.
- 4.2 Методи визначення часу оборотного рейсу.
- 4.3 Методика проведення хронометражних спостережень на маршруті.
- 4.4 Бортові пристрої для проведення хронометражних вимірювань.
- 4.5 Нормування швидкостей руху по маршруту.
- 4.6 Заходи, що спрямовані на підвищення швидкості руху та зменшення часу оборотного рейсу.

4.1 Визначення поняття оборотного рейсу та обґрунтування необхідності його нормування

Визначення часу оборотного рейсу є однією з найважливіших завдань служби руху.

По-перше час рейсу – це головна техніко-економічна характеристика, яка необхідна для розробки і складання маршрутних розкладів, на підставі яких планують діяльність трамвайно-тролейбусних підприємств, а саме складають графіки технічного обслуговування і ремонтів рухомого складу тощо.

За правильно встановленим оборотним рейсом визначають потрібну швидкість рухомого складу, яка забезпечує регулярність і безпеку руху міського електротранспорту.

Час оборотного рейсу – це час руху рухомого складу від однієї кінцевої станції маршруту до іншої і далі у зворотному напрямку до початкової кінцевої станції.

У разі скорочення часу оборотного рейсу зменшується кількість використовуваного рухомого складу, який не потрібно обслуговувати, платити

заробітну плату водіям тощо, зменшується електроспоживання, незважаючи на те, що зменшення оборотного рейсу підвищує загальну швидкість руху, що супроводжується незначним зростанням споживання електроенергії на рух кожною рухомою одиницею.

З іншого боку, у разі зменшення часу оборотного рейсу, підприємство може залишити незмінною кількість рухомого складу на лінії, зменшуючи маршрутний інтервал. Отже, завдяки збільшенню обертів рухомого складу підприємство може перевозити більшу кількість пасажирів і мати більший дохід. Такий підхід буде ефективним, якщо є тенденція збільшення пасажиропотоків. Якщо не має тенденції збільшення попиту на пасажироперевезення, тоді підприємству необхідно використовувати перший підхід і економити ресурси.

Отже, час оборотного рейсу потрібно нормувати. Нормування створюють за складниками, з яких він утворюється:

$$T_{об} = t_{рух\ пер} + t_{зн} + t_{кc},$$

де $t_{зн}$ – час стоянки на зупиночних пунктах, необхідний для посадки і висадки пасажирів, с;

$t_{кc}$ – час стоянки на кінцевих станціях, с;

$t_{нз}$ – часу затримок і простою із причин вуличного руху (непередбачені затримки);

$t_{рух\ пер}$ – час руху на перегонах маршруту і включає час безпосереднього руху $t_{рух}$, затримки на перехрестях $t_{пх}$ і світлофорних об'єктах $t_{св}$:

$$t_{рух\ пер} = t_{рух} + t_{св} + t_{нз} + t_{пх}.$$

Тоді загальний час оборотного рейсу має такі складники:

$$T_{об} = t_{рух} + t_{св} + t_{нз} + t_{пх} + t_{зн} + t_{кc}.$$

Отже маємо формулу, яка є базовою для розрахунків і нормування часу оборотного рейсу. Крім цього має бути врахована технічна зупинка – це

зупинка транспортного засобу у спеціальних місцях, яка не пов'язана з посадкою або висадкою пасажирів, а обумовлена вимогами безпеки руху. Технічну зупинку виконують транспортні засоби трамвая та тролейбуса під час руху ухилами, перед шляхопроводами, дамбами.

4.2 Методи визначення часу оборотного рейсу

Визначають час оборотного рейсу маршруту двома методами [1, 15]:

- 1) методом тягових розрахунків (розрахункове визначення часу рейсу);
- 2) методом хронометражних спостережень (спеціальні обстеження в дійсних умовах руху).

Методом тягових розрахунків визначають перший елемент часу – час, необхідний безпосередньо для руху по перегонах $t_{рух}$. Цей час враховує змінення швидкості перед спецчастинами контактної мережі і трамвайного шляху, на поворотах і ділянках зі складними умовами руху. Для проведення тягових розрахунків використовують план маршруту, на якому вказують його повздовжній профіль, радіуси кривих в плані і повороти, наявність перехресть, спецчастин контактної мережі (трамвайного шляху), розташування зупиночних пунктів світлофорних об'єктів. Тобто визначають усі елементи дорожнього середовища, які впливають на швидкість рухомого складу.

Створюють побудування діаграми руху на першому перегоні. Спочатку будують тягову характеристику рухомого складу $F(v)$ на підставі електромеханічних характеристик двигуна рухомого складу, приведеного до ободу колеса. Для побудування діаграм руху використовують метод інтервалів швидкостей, призначаючи інтервал швидкості 2, 5, 10 км/год. В розрахунках основного опору руху враховують ухил дороги. Далі розраховують значення інтервалу часу Δt , використовуючи значення відповідної прискорюючої або сповільнюючої сили і потім визначають шлях Δl . За пройденим шляхом беруть

до уваги елементи, на яких потрібно знижувати швидкість: розташування спецчастин контактної мережі, повороти, криві.

Отже, розрахунок є графо-аналітичним: роблять розрахунки, співставляють їх із тим, що отримано за допомогою діаграми руху (рис. 4.1). У разі потреби виконують корегування розрахунків, повертаються на попередні кроки і виконують перерахування, визначаючи інше місце змінювання режимів руху (перехід на розгін, вибіг або гальмування). Крім цього, необхідно враховувати змінювання режимів роботи тягового електродвигуна, коли необхідно зменшувати швидкість перед перехрестями і зупинятися на світлофорах.

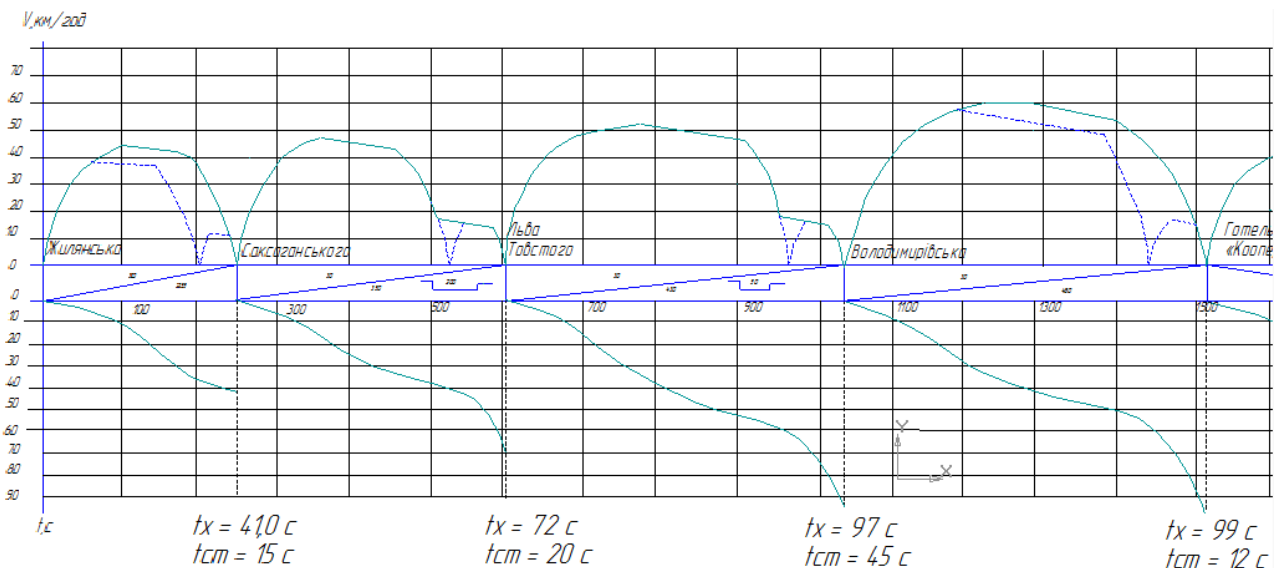


Рисунок 4.1 – Діаграми руху тягових розрахунків часу руху по перегонах маршруту

У підсумку розрахунків складають усі значення Δt і Δl . Отже, отримують час руху за кожним перегонем. Після розрахунку діаграм і часу руху додають ймовірний час зупинки на зупиночних пунктах, який попередньо встановлюють на підставі даних про потенціал привабливості зупиночного пункту. Якщо не має певних об'єктів тяжіння пішоходів, цей час може бути призначений до 15 с. У разі наявності міцних об'єктів тяжіння пішоходів – до 45 – 60 с. До цього часу додають час стоянки на світлофорах, який розраховують як ймовірність

включення забороненого сигналу і додають 10–15 % на непередбачувані зупинки і ще тривалість стоянки на кінцевих станціях, яка становить не менше 2 хв, відповідно до діючих положень про режим роботи поїзних бригад.

Вище наведена методика розрахунку діаграм руху є достатньо складною і для одного перегону займає багато часу, а для усього маршруту завдання дуже ускладнюється. Тому для її виконання розрахунків використовують спеціальні програми, які дають змогу моделювати рух. Для цього можуть використовуватися електронної таблиці в середовищі *Excel* або програми *MathCad*.

Теоретичні розрахунки не завжди відповідають дійсним умовам, оскільки можуть бути неврахованими певні фактори в рівняннях руху. Тому під час експлуатації час оборотного рейсу корегують, а для корегування використовують дані натурних хронометражних вимірювань.

Отже, за хронометражними вимірюваннями уточнюються дані тягових розрахунків часу руху трамваю-тролейбусу із урахуванням фактичних умов, встановлюють фактичну тривалість стоянки на зупиночних пунктах.

Крім цього, хронометражні вимірювання призначенні для виявлення потреби змінювання часу оборотного рейсу діючого маршруту, коли необхідно зробити корегування розкладу руху, який не відповідає потребам перевізного процесу.

Взагалі *хронометраж* – це один з головних засобів вивчення витрат часу на виконання елементів виробничих операцій.

Зміст хронометражу становлять такі головні частини:

- розкладення операції на складові елементи;
- спостереження (вимірювання тривалості виконання кожного окремого елемента);
- обробка результатів спостереження для встановлення середньої тривалості елементів;

– аналіз та внесення раціональних змін у зміст і структуру елементів операції;

– узагальнення матеріалів для встановлення норм часу.

Отже хронометраж використовують для встановлення необхідного часу оборотного рейсу, тривалість якого розкладають на елементи. Витрати часу за кожним елементом аналізують, проводять пошук рішень зі скорочення тривалості певної операції, вишукують резерви для організації експлуатації рухомого складу на лінії.

4.3 Методика проведення хронометражних спостережень на маршруті

Як і тягові розрахунки хронометражні спостереження виконують за наявності попередньо підготовлених у службі руху технічних маршрутних паспортів, в яких досить повно і всебічно описані умови руху. Хронометражні спостереження проводить технік відділу організації руху, який перед початком спостережень ретельно вивчає технічний паспорт маршруту.

Для підготовки проведення хронометражу обирають день тижня (це має бути будній день або вихідний – в залежності від того який за видом розклад руху потрібно корегувати), визначають який рухомий склад використовують на маршруті. Якщо він різний, то необхідно під час хронометражу використовувати різні види рухомого складу, і навпаки. Так само для досліджень долучають водіїв різної класності і стажу роботи (за винятком маршрутів з важкими умовами руху).

Розпочинаючи спостереження, технік заповнює верхню частину карту хронометражних спостережень у хронометражній картці, у якій вказані наступні дані: дата і час спостережень, прізвища водія, стаж їхньої роботи, склад поїзду, інтервал проходження і стан погоди – тобто враховуються, за можливістю, всі фактори, що впливають на результати вимірювання (рис. 4.2).

Номер маршруту Лимаренка – пр. Науки
 Дата 20.02.20 Час проведення 7.00 – 13.00 Водій Пилипенко П. П.

Назва зупиночного пункту	Час прибуття, год хв с	Час відправлення, год хв с	Час затримки на перегоні, год хв с	Примітка
Вул. Лимаренка –ТЮГ	14.34.10	14.55.06	–	–
ТЮГ – вул. Зелена	14.57.30	14.58.02	14.59.00 – 15.01.45	злетіла штанга
вул. Ковтуна – вул. Пожежна	15.02.00	15.02.20	15.03.36 – 15.04.05	світлофор

Рисунок 4.2 – Хронометражна карта

Під час спостережень технік розташовується поблизу кабіни водія, маючи в руках папку з підготовленою хронометражною картою, секундомір і годинник. Технік включає секундомір у момент відправлення з кінцевого пункту рухомого складу і записує в часах, хвилинах і секундах час прибуття і відправлення з зупиночного пункту, усі затримки на перегоні, в тому числі і непередбачені, виникнення яких фіксує у стовпчику «примітка» та записує час стоянки рухомого складу на кінцевих станціях.

Спостереження проводяться в салоні однієї рухомої одиниці протягом повного робочого дня водія. Водіям, за роботою яких ведуться спостереження, не потрібно дотримувати поїзних розкладів, а вести рухому одиницю, використовуючи найвигідніші режими.

Як показали дослідження вчених, для одержання досить повних даних слід проводити спостереження протягом 6–9 рейсів у кожному періоді дня. Доцільна тривалість періоду 2–4 години.

Після закінчення вимірювання технік відділу організації руху на підставі даних вимірювань будує графік хронометражних спостережень (рис. 4.3).

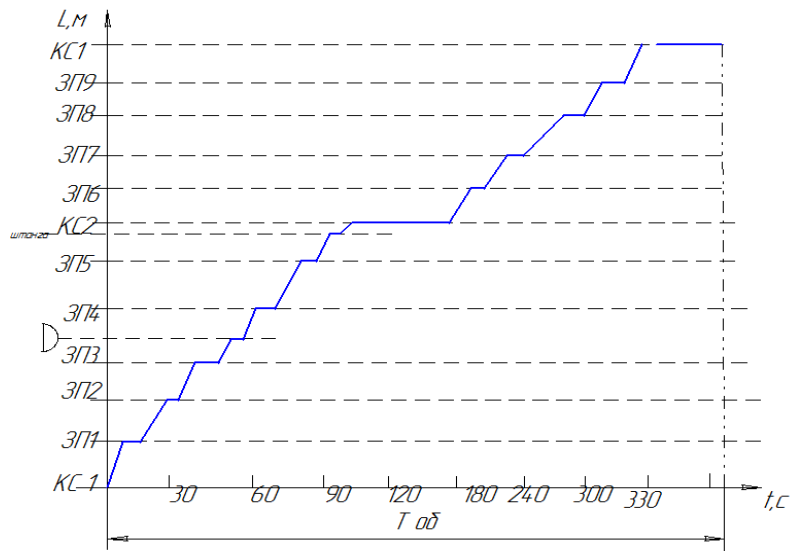


Рисунок 4.3 – Графік хронометражних спостережень одного рейсу

На рисунку 4.3 показано побудування графіку для одного оборотного рейсу. На вісь X наносять значення часу оборотного рейсу, а на Y – довжину маршруту з вказівкою розташування усіх зупиночних пунктів. Далі відкладають початок руху і час прибуття на наступний зупиночний пункт – утворюється похила лінія, відкладають час стоянки – це горизонтальний відрізок. Тобто лінії, які є похилими показують рух по перегону, горизонтальні лінії – стоянку на зупиночних пунктах, а також відмічають стоянки на світлофорах та інші непередбачувані.

Потім на графік хронометражних спостережень наносять усі проведенні декілька разів вимірювання (рис. 4.4) і проводять їхній аналіз.

Аналіз інформації виконують наступним чином. Наприклад, під час аналізу стоянки на k -тому зупиночному пункті зрівнюють значення часу стоянки за значенням координати X – із них вибираються мінімальне та максимальне значення. Це значення зрівнюється зі встановленим значенням стоянки, що закладено розкладом руху. Якщо аналіз показує, що отримане значення стоянки є менше встановленого, тоді розглядають можливий резерв зменшення тривалості стоянки на зупиночному пункті. Так само аналізують значення руху по перегону.

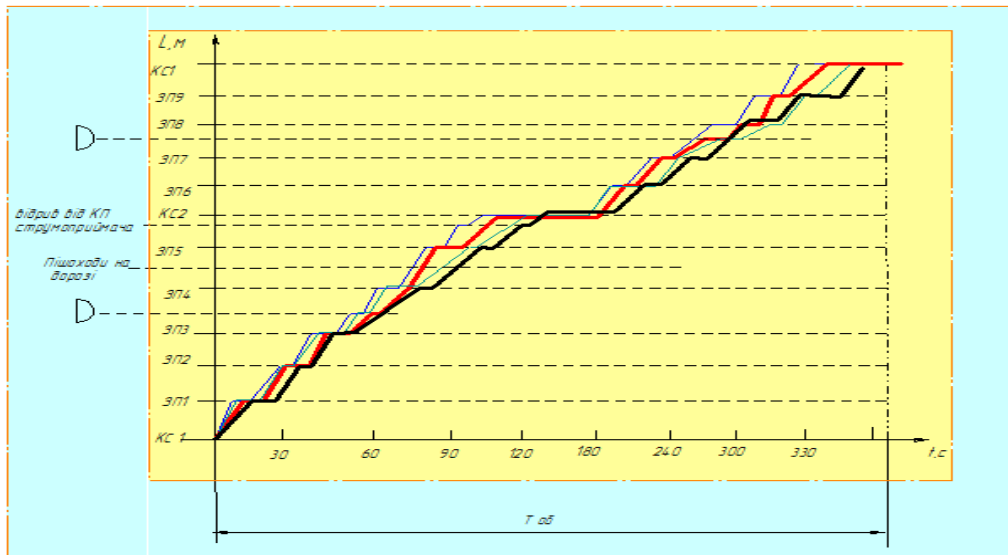


Рисунок 4.4 – Загальний графік хронометражних спостережень

Далі аналізують час стоянки на світлофорних об'єктах та інші непередбачені стоянки, на підставі яких технолог має розробити можливі заходи, що направлені на зменшення часу руху або стоянки.

Для цього на підставі отриманої інформації технолог має визначити з якими факторами пов'язано зниження швидкості, і чи існує можливість скорочувати час руху і час стоянки завдяки впровадженню відповідних заходів.

4.4 Бортові пристрої для проведення хронометражних вимірювань

Проведення хронометражних вимірювань може створюватися автоматично за допомогою бортових пристроїв, які встановлюють на рухомому складі.

Вимірювання часу оборотного рейсу, як правило, виконується автоматизованою системою диспетчерського керування. Ця система дає можливість визначити і записати параметри виконаного руху маршрутних транспортних засобів, в тому числі, і оборотного рейсу. На моніторі, на якому показано рух транспортних засобів, диспетчер наводить курсор на певну рухому одиницю і визначає швидкості руху в онлайн часі. Але ця система не

дає змогу виконати покрокову оцінку швидкості і часу руху, що створює неможливість визначити тривалість складників оборотного рейсу. Також GPS, в силу деяких методичних похибок алгоритму розрахунку швидкості, на етапах розгону і гальмування рухомого складу вимірює швидкість з деякою затримкою (із запізненням), тому її точність набагато гірше, ніж у спідометра. Є варіант підключення до ланцюга «спідометр-датчик швидкості» записуючий пристрій, який дасть змогу фіксувати швидкість і час руху.

Для автоматизації процесу проведення хронометражу можуть бути використані додаткові пристрої на борту рухомого складу.

Наприклад, тахограф, який встановлюють на маршрутних автобусах. Його призначення відрізняється від тахографів на автомобілях. Це пристрій, за функціями нагадує чорний ящик в літаку. На тахограф записують швидкість транспортного засобу, місця і час його зупинок, зупинок, пов'язаних з режимом відпочинку водія. Після закінчення роботи тахографи знімають з борту автобуса і перезаписують усі данні на комп'ютер, де їх зберігають. Таким чином, накопичується інформація про рух, але не має можливості оцінити, який фактор дорожнього середовища впливає на час руху. Виходячи з цього, потрібно додатково використовувати відеокамери або програмне забезпечення для співставлення вимірювань зі схемою маршруту. Отже тахограф поки що використовують як пристрій, що підвищує дисципліну праці, і допомагає зібрати необхідні данні про рух.

Ще один пристрій, який використовують на автомобільному транспорті для запису параметрів руху, Racelogic – це програмно-апаратний комплекс, що містить потужний GPS-трекер, який передає в реальному часі інформацію на пристрої аналізу даних результати вимірювань: змінювання швидкості руху, положення транспортного засобу, прискорення протягом маршруту. Отримана інформація записується на карту пам'яті і далі може детально аналізуватися на стаціонарному комп'ютері за допомогою відповідного програмного забезпечення. Дані, отримані Racelogic, можуть передаватися до центрального

диспетчерського пункту. Застосування Racelogic дає змогу отримувати великий обсяг інформації про рух транспортного засобу, однак на цей час його використовують для оцінки режимів руху автомобілів.

Для вимірювання складових оборотного рейсу може бути запропонований пристрій, який розглядається у патенті «Спосіб і пристрій визначення швидкості транспортного засобу». Розглянемо, як він може бути пристосований для проведення хронометражу, і з яких структурних блоків він складається. Для підрахунку довжини і часу пересування і часу стоянки використовується датчик швидкості, який розташовують на лівих і правих колесах рухомого складу.

Спосіб заснований на обчисленні окружної швидкості і прискорення коліс, вимірюванні лінійного прискорення в напрямку руху транспортного засобу, і обчисленні швидкості руху транспортного засобу в режимах розгону, вибігу і гальмування. Пристрій містить блок формування сигналу режиму руху транспортного засобу і блок визначення максимальної і мінімальної швидкостей коліс, блоки обчислення швидкості і прискорення транспортного засобу. За допомогою відповідних блоків створюється підрахунок часу руху у різних режимах: розгону, вибігу, гальмування і стоянки, а також для того, щоб розрізнити стоянку на світлофорі від стоянки на зупиночному пункті в систему бажано ввести додатковий блок, пов'язаний з системою відкриття і закриття дверей.

Отже, для проведення хронометражних вимірювань можуть бути застосовані бортові пристрої, завдяки яким буде отримана інформація про режими руху маршрутного транспорту з подальшою передачею до сервера центрального диспетчерського пункту часу оборотного рейсу за складниками. Таким чином, інформація буде накопичуватися і оперативно використовуватися в завданнях корегування розкладів руху.

4.5 Нормування швидкостей руху по маршруту

Тривалість часу руху по маршруту знаходить своє відображення у значенні швидкості руху. На міському електротранспорті виокремлюють декілька видів швидкості – така класифікація дає змогу оцінити певну характеристику або якість процесу руху:

– *конструктивна* – швидкість, що залежить від міцності конструкцій рухомого складу. Вона визначається конструктивними характеристиками, динамічними характеристиками пускового режиму, гальмівним уповільненням у період гальмування. Значення швидкості є характеристикою якості рухомого складу. Максимальне значення швидкості, до якої може бути створений розгін рухомого складу міститься у його технічному паспорті;

– *гранично припустима швидкість* – швидкість, яку може розвивати рухомий склад на еталонній ділянці з дотриманням правил дорожнього руху (еталонна ділянка – прямолінійна, горизонтальна ділянка з гарним покриттям, відстань між перехрестями більше 500 м, склад потоку – однорідний);

– *середня ходова швидкість* – це швидкість рухомого складу по перегону, яка визначається як відношення довжини перегону до часу, що витрачається на рух. Значення цієї швидкості є характеристикою якості організації руху на тому або іншому перегоні, тобто вона характеризує дорожні умови на перегоні. Дорожні умови включають наявність перехресть, видимість шляху в плані і профілі, стрілки і інші спецчастини контактної мережі, зношеність шляхових пристроїв, інтенсивність стороннього дорожнього руху, вплив пішоходів й тощо. Цю швидкість визначають за формулою:

$$V_{сxi} = \frac{l_{неpi}}{t_{рух\ неpi}} 3,6,$$

де $V_{сxi}$ – середньо ходова швидкість на i -му перегоні, км/год;

$t_{рух\ неpi}$ – час руху по i -му перегону, с;

$l_{пyx\ nep_i}$ – довжина i -го перегону, м;

– *швидкість сполучення* – швидкість руху пасажирів визначеним маршрутом. Її розраховують як V_C , як відношення шляху (суми довжин перегонів $\sum_{i=1}^K l_{nep_i}$), які проїхав пасажир, до загального часу, витраченого на рух по

перегонах маршруту $\sum_{i=1}^K t_{пyx\ nep_i}$ і стоянки на зупиночних пунктах $\sum_{n=1}^N t_{cm_n}$. На

величину швидкості сполучення впливає в першу чергу тривалість часу стоянки на зупиночному пункті, що, в свою чергу, визначається витратами часу на посадку і висадку одного пасажирів, сумарною кількістю пасажирів, які входять і виходять, кількістю дверей у рухомому складі, а також і нерівномірністю входу і виходу пасажирів через різні двері:

$$V_C = 3,6 \frac{\sum_{i=1}^K l_{nep_i}}{\sum_{i=1}^K t_{пyx\ nep_i} + \sum_{n=1}^N t_{cm_n}}.$$

Значення швидкості сполучення використовують в питаннях організації руху маршрутного транспорту, а підвищення цієї швидкості вигідно саме пасажиру, тому вона є показником якості перевезення пасажирів;

– *експлуатаційна швидкість* – це швидкість руху по маршруту (швидкість обертання рухомого складу по маршруту). Визначають цю швидкість як відношення шляху, пройденого по маршруту в прямому й зворотному напрямку, до часу, що затрачується на рух по перегонах, стоянку на зупиночних пунктах і на кінцевих станціях t_{kc} , з урахуванням їхньої кількості P :

$$V_{EK} = 3,6 \frac{2 \sum_{i=1}^K l_{nep_i}}{P \cdot t_{kc} + \sum_{i=1}^K t_{пyx\ nep_i} + \sum_{n=1}^N t_{cm_n}}.$$

Експлуатаційна швидкість характеризує якість роботи транспортного підприємства, тому що значення цієї швидкості впливає на кількість рухомого складу на маршруті. Зростання експлуатаційної швидкості скорочує потребу в рухомому складі, оскільки при цьому вивільнюється рухомий склад, що зменшує обсяг обслуговування і ремонтних робіт у депо, кількість водіїв, кондукторів і обсяг використаної електроенергії. З іншого боку, якщо кількість рухомого складу на маршруті залишається незмінною, підвищення експлуатаційної швидкості супроводжується скороченням інтервалів руху на маршруті, збільшенням кількості перевезених пасажирів та збільшенням доходів.

Середньостатистичні дані з експлуатаційної швидкості для різних видів транспорту: трамвай – 15–16 км/год; тролейбус – 16–18 км/год; автобус – 20 км/год; метро – 40 км/год. Останнім часом значення експлуатаційної швидкості на місцевих маршрутах зменшилося. Це пов'язано з ускладненням дорожнього руху, підвищенням аварійності.

На рисунку 4.5 показано, в якими документами встановлені значення перерахованих вище швидкостей.

<i>конструкційна</i>	Технічний паспорт рухомого складу
<i>середня ходова</i>	Маршрутний паспорт Технологічна карта маршруту
<i>сполучення</i>	Вимоги до показників якості обслуговування пасажирів
<i>експлуатаційна</i>	Технічний паспорт маршруту, Наряд на випуск трамваю і тролейбусу

Рисунок 4.5 – Документи, які встановлюють значення відповідних швидкостей

4.6 Заходи, що спрямовані на підвищення швидкості руху та зменшення часу оборотного рейсу

Методи підвищення швидкості можна поділити на організаційні, конструктивні, планувальні [22]:

1) конструктивні. Ці заходи спрямовані на змінення конструкції рухомого складу і шляхового господарства або доріг. Що стосується конструкції рухомого складу, то це може бути зміна конструкції салону, кількості дверей, створення більш широких накопичувальних площадок, зміна рівня підлоги, зменшення кількості ступенів, створення посадочних платформ й тощо;

2) організаційні. До цих заходів належать: підвищення регулярності руху шляхом застосування технічних засобів, перерахування світлофорної сигналізації, скасування або перенесення зупиночного пункту, установка дорожнього знаку, коригування розкладу руху й тощо;

3) планувальні. Це містоутворюючі заходи, що потребують великих капіталовкладень: розширення проїзної частини, організації кільцевих перетинань і перетинань у різних рівнях, побудові швидкісно-перехідних смуг, розширення проїзних частин й тощо.

Заходи підвищення швидкостей можна поділити за категоріями швидкостей. Це дає змогу легше розуміти які заходи потрібно впровадити, щоб забезпечити можливість нормування певної швидкості.

Для підвищення конструкційної швидкості розроблюють нові типи двигунів і засобів їх регулювання, забезпечують високих значень прискорень шляхом додавання додаткових ступенів ослаблення поля, впроваджують пристроїв, які підвищують надійність розгальмовування рухомого складу на початку руху, засоби, що подовжують ресурс акумуляторної батареї, підвищують якість ходових частин рухомого складу і, взагалі, підвищують надійність усього обладнання.

Але, незважаючи на те, що розробляється багато напрямків поліпшення динамічних якостей рухомого складу, їх реалізація іноді не можлива через незадовільні дорожні умови. Ці питання стосуються підвищення середньої ходової швидкості на перегонах.

Головним заходом залишається підвищення якості дороги і рейкових колій, те, що забезпечує необхідне зчеплення коліс з поверхнею котіння, запобігає буксованню і юзовому стану.

Звісно, що на значення середньо ходової швидкості впливає загальний транспортний потік, до того ж, інтенсивність руху з кожним роком зростає. Тому дієвим засобом є організація пріоритетного руху трамваю і тролейбусу між перехрестями і їх пріоритетний пропуск через перехрестя. Для руху тролейбуса організують окремі смуги руху, а трамвайний шлях переводять на відособлене полотно.

На розгалуженнях трамвайних шляхів як захід підвищення середньо ходової швидкості є автоматизація стрілочних переводів. На сьогодні необхідно впроваджувати більш сучасні пристрої, тому, що система керування стрілками за допомогою повітряних контактів не забезпечує достатньою пропускною спроможністю. Має сенс використовувати інші конструкції стрілок для тролейбусів. Наприклад в деяких містах використовують стрілки, що виготовлені чешською фірмою «Elektroline». Тролейбуси можуть проходити її без зниження швидкості.

Наступний захід – це раціональне розміщення спецчастин контактної мережі шляхом перенесення тролейбусних стрілок в місця, в яких заздалегідь зменшується швидкість руху. Наприклад, якщо є розгалуження контактної мережі, можна перенести стрілку ближче до попереднього зупиночного пункту, до того місця, де тролейбус виїжджає з зупинки і робить розгін до швидкості 5 км/год і встановити протишерстну стрілку.

Швидкість сполучення, яка відрізняється за складниками від середньо ходової швидкості часом, витраченим на зупиночних пунктах, тому її

нормування і підвищення передбачає впровадження усіх заходів, що спрямовані на зниження часу на посадку і висадку пасажирів: використання рухомого складу з низьким рівнем підлоги, створення посадкових площадок в зоні зупиночних пунктів. Якщо середній час посадки пасажира до рухомого складу, де є сходинки становить 2 сек, то на метрополітені, де посадкова площадка знаходиться на одному рівні з підлогою вагону становить 0,2 сек. Цьому сприяє вдосконалення конструкцій дверних механізмів, розширення накопичувальних площадок салонів тощо.

Експлуатаційна швидкість, яка в зрівнянні іншими швидкостями враховує затримки на кінцевих станціях. Враховуючі це наступні заходи мають бути спрямовані на зменшення часу перебування рухомого складу в зоні кінцевих станцій, а саме: змінення і спрощення конфігурацій кінцевої станції. Для трамвайних кінцевих станцій застосовують велике шляхове господарство із складним розгалуження шляхів зі стрілками, якими теж потрібно керувати. Кінцеві станції і пункти займають велику площу, що впливає на загальний час руху в зоні станції. Як захід може бути використана кінцева станція у вигляді тупіка, але за умови використання трамваїв з двома кабінами управління по обидва боки. Це вирішує проблему організації укорочених маршрутів і підвищення надійності руху просто за рахунок монтажу перехідного стрілочного переводу, а наявність дверей з двох боків вагона дозволяє організувати зупиночний пункт між коліями різного напрямку руху.

Ще одним заходом зменшення експлуатаційної швидкості є організація кільцевих маршрутів, тому що кільцевий маршрут має тільки одну кінцеву станцію.

Запитання для самоконтролю

1. Дайте визначення перегону транспортної мережі. Накресліть діаграму руху на перегоні, назвіть відповідні режими.
2. Що таке «час руху на перегоні», із чого він складається, як визначити

його на практиці?

3. Назвіть динамічні характеристики рухомого складу, що впливають на час руху перегонами.

4. Обґрунтуйте, яка швидкість характеризує рух за маршрутом та обертання рухомого складу на ньому?

5. Обґрунтуйте, чому експлуатаційна швидкість є важливим показником роботи міського електротранспорту.

6. Проаналізуйте та назвіть фактори, що впливають на швидкість сполучення по маршруту, експлуатаційну та ходову швидкості, визначте заходи щодо їх підвищення.

7. Обґрунтуйте, чим відрізняються містобудівні заходи від конструктивних та організаційних заходів з підвищення швидкості руху.

8. Дайте оцінку складовим частинам тривалості оборотного рейсу маятникового й кільцевого маршрутів.

9. Що таке «хронометраж»? Обґрунтуйте, чому необхідно проводити хронометражні спостереження для різних часових періодів.

10. Обґрунтуйте, чому тривалість оборотного рейсу – головний планово-нормативний показник маршруту.

11. У зв'язку з якими змінами в перевезеннях пасажирів необхідно проводити хронометраж часу оборотного рейсу?

12. Які види хронометражу використовують для визначення тривалості руху на перегоні, затримки на зупиночному пункті, затримки на перегоні та зупинки на кінцевій станції?

13. Які види затримок на перегоні Ви знаєте? Наведіть приклади.

14. Визначте мету і послідовність виконання хронометражних спостережень у салоні рухомої одиниці.

15. Що таке «графік хронометражу», що він показує і як будується?

16. Проаналізуйте відомі Вам типи швидкостей руху і розташуйте їх у порядку підвищення значення.

17. Вкажіть фактори, що впливають на величину ходової швидкості. Обґрунтуйте відповідь.
18. Запропонуйте можливі заходи з підвищення експлуатаційної швидкості.

Лекція 5

ВИЗНАЧЕННЯ ПОТРЕБИ В РУХОМОМУ СКЛАДІ ТА ЙОГО РОЗПОДІЛ

План:

- 5.1 Наряд на випуск рухомих одиниць.
- 5.2 Різновиди випусків і змін.
- 5.3 Графоаналітичний метод формування випусків і змін.
- 5.4 Закріплення маршрутів і рухомого складу за депо.

5.1 Наряд на випуск рухомих одиниць

Розклад руху трамваю і тролейбусу за кожним маршрутом складають на підставі наряду, що є первинним, розрахунковим планом перевезень. Наряд визначає кількість рухомого складу, призначеного на лінію, їхній розподіл за маршрутами, депо, періодами дня, а також основні показники маршрутів: кількість і види випусків, тривалість роботи рухомого складу, експлуатаційну швидкість та ін.

За нарядом визначають кількість бригад, необхідних щодня для обслуговування рухомого складу, кількість виконаних вагоно(машино)-кілометрів, середньодобове перебування випуску на лінії.

Відповідно до встановлених коливань пасажиропотоків рухомий склад у наряді має бути правильно розподілений за маршрутами і годинами дня. При цьому, в першу чергу, враховують інтереси пасажирів.

Вихідними даними для розрахунку кількості рухомого складу і наряду на випуск є діаграма максимального пасажиропотоку. Її отримують на підставі вимірів пасажиропотоків на двох-трьох перегонах маршруту, на яких спостерігається найбільший пасажиропотік, і в цих місцях проводять обстеження пасажиропотоків візуальним методом протягом доби. На підставі вимірів будують діаграми розподілу пасажиропотоків за годинами доби в прямому і зворотному напрямках за кожним з перегонів. З побудованих діаграм створюють «сполучену» діаграму, яку отримують шляхом вибору з кожної години максимального значення пасажиропотоку. Таким чином, отримують діаграму максимального пасажиропотоку.

Необхідну кількість рухомого складу на маршруті обчислюють для кожної години, використовуючи відповідне значення потужності пасажиропотоку R_{\max} , значення планованого наповнення салону V_m і часу оборотного рейсу $T_{об}$:

$$N_{об} = \frac{R_{\max} \cdot T_{об}}{V_m \cdot 60}.$$

Наповнення рухомого складу обирають для «пікових» і «не пікових» періодів. Для визначення цих періодів на діаграму розподілу пасажиропотоків наносять горизонтальну лінію, що відповідає середньому значенню пасажиропотоку, який визначають як:

$$R_{cp} = \frac{\sum_{i=1}^{20} R_i}{20},$$

де R_i – значення потужності пасажиропотоку в кожену годину, пас/год.

Значення пасажиропотоків, що лежать вище цієї лінії, є «піковими», а нижче – «не піковими». На підставі розрахунків будують діаграму розподілу вагоно(машино)-годин.

Наряд на випуск має забезпечувати мінімальну кількість рухомих одиниць на маршруті в «непікові» періоди. З цією метою кількість

вагоно(машино)-годин у кожному стовпці поділяють на максимальний інтервал руху 10 хв і одержують мінімальну кількість рухомого складу:

$$N_{\min} = \frac{60 \cdot T_{об}}{i_{\max}}.$$

Наряд на випуск рухомих одиниць на маршруті враховує загальну тривалість нульових пробігів. Нульовий пробіг – це час руху рухомої одиниці від депо до кінцевої станції маршруту. Його враховують у робочому часі водія. Загальну тривалість нульових пробігів розраховують окремо для виходу з депо і заходу рухомих одиниць у депо. Час на нульові пробіги на вихід з депо знаходяться як добуток кількості випусків на тривалість одного нульового рейсу. Аналогічно визначають загальну тривалість нульових пробігів на захід у депо. Вагоно(машино)-години на нульові пробіги додаються у відповідні періоди часу на діаграму розподілу рухомого складу за годинами [1].

5.2 Різновиди випусків і змін

Наряд на випуск рухомих одиниць на маршруті містить, як правило, такі види випусків:

1. Однозмінні випуски. Випуски цього виду працюють у періоди ранкового або вечірнього піка, залежно від того, який «пік» (ранковий або вечірній) пасажирських перевезень переважає на діаграмі максимального пасажиропотоку. Тобто, якщо ранкова потужність пасажиропотоку більше, ніж вечірнього, то однозмінний випуск працюватиме в першу зміну. Тривалість роботи даної зміни 5-10 годин. У вільний час рухомий склад знаходиться в депо або працює на інших маршрутах.

2. Двозмінні випуски. Рухомий склад, що працює на цих випусках виходить на лінію вранці, з початку роботи маршруту, і завершує роботу ввечері, в години закінчення роботи маршруту на лінії. Тобто години роботи двозмінного випуску – з 5–7 до 21–24 год і включає дві зміни роботи водіїв із

тривалістю роботи 5–12 год кожна. Наряд передбачає перезмінку водіїв рухомого складу, зазвичай, на кінцевій станції, в середині кожної зміни надається обідня перерва.

3. Оглядовий випуск. У наряді оглядові випуски передбачені для можливості проходження двозмінними випусками щотижневого технічного обслуговування. Оглядовий випуск є також двозмінним з тією різницею, що рухома одиниця в період з 8–17 (час роботи ремонтної бригади) годин мусить заїхати в депо для технічного обслуговування ТО–1. Тривалість ТО–1 для тролейбусних машин складає 1,7–2,0 год, для трамвайних вагонів – 2,2–2,5 год. Після проходження ТО–1 рухома одиниця виїжджає з депо і працює іншу зміну. Отже, оглядовий випуск «розривається» на дві зміни, причому тривалість однієї із змін може бути набагато меншою, тому що потрібен період часу для проведення ТО–1.

4. Розривний випуск. У наряді розривні випуски передбачені для роботи в «пікові» години роботи транспорту. Розривний випуск це одна зміна, що розривається на дві частини. Перша частина зміни працює в ранкову годину «пік», друга – у вечірню годину «пік». Тривалість роботи всього випуску близько 8 год з розривом всередині зміни не менше 3 і не більше 5 год. У період «розриву» рухомий склад знаходиться на відстої на кінцевій станції або заїжджає до депо. Тривалість першої або другої частин змін поділяють навпіл або планують від 3 год до 5 год, що за сукупністю має становити загальну тривалість роботи випуску 8 год. Наряд не передбачає обідню перерву для цього виду зміни.

Для визначення режимів роботи поїзних бригад за діаграмою розподілу вагоно(машино)-годин обчислюють кількість і типи змін. Кількість змін можна визначити, якщо загальну кількість вагоно(машино)-годин на діаграмі розділити на середню тривалість однієї зміни $t_{зм}$ (8 години):

$$N_{зм} = \left(\sum_i \sum_j N_{ij} \right) / t_{зм}.$$

Випуск – це номер порядку виходу з депо рухомого складу на маршрут упродовж доби. Кількість випусків встановлюють як максимальне значення рухомого складу у годину «пік»:

$$n_{\text{вип}} = N_j^{\text{max}}.$$

Кількість двозмінних випусків визначають як різницю кількості змін і кількості випусків:

$$n_{\text{дв}} = N_{\text{зм}} - n_{\text{вип}}.$$

Кількість двозмінних випусків, що проходять ТО–1, залежить від кількості робочих днів ремонтної бригади K_p . Вважають, що кожний двозмінний випуск має протягом тижня пройти ТО–1.

У такий спосіб, кількість оглядових випусків визначають за формулою:

$$n_{\text{огл}} = \frac{N_{\text{дв}}}{K_p}.$$

Кількість однозмінних випусків знаходять як різницю ранкової і вечірньої години «пік» N^{pn} , N^{en} :

$$n_{\text{од}} = |N^{pn} - N^{en}|.$$

Кількість рухомого складу, що працює в розривних випусках, обчислюють за формулою:

$$n_p = n_{\text{вип}} - n_{\text{дв}} - n_{\text{од}} - n_{\text{огл}}.$$

Визначивши види випусків і кількість змін, встановлюють межі їх розташування на діаграмі вагоно(машино)-годин у такій послідовності: двозмінні, оглядові, розривні, однозмінні випуски.

5.3 Графоаналітичний метод формування випусків і змін

Формування змін здійснюють графоаналітичним методом, що базується на такому принципі: не змінюючи сумарної кількості вагоно(машино)-годин (кліток) у межах однієї години (стовпця), пересувають вагоно(машино)-години,

домагаючись за кожним випуском (рядком) створення оптимальної тривалості зміни.

Мета графоаналітичного методу – одержати максимальну кількість змін з оптимальною тривалістю або близькою до неї, дотримуючись умови наступних обмежень:

1) трудовим законодавством встановлена мінімальна тривалість зміни – 3,5 год, максимальна – 10 годин;

2) обідні перерви надають через 4 години після початку роботи. Якщо графіком роботи встановлена тривалість щоденного робочого часу більше 8 годин, водію надають дві перерви загальною тривалістю не більше 2 годин;

3) тривалість обідньої перерви знаходиться в межах від 16 хв до 2 годин, стоянка до 15 хвилин є подовженою стоянкою і входить до складу робочого часу водія;

4) обідню перерву не надають в годину «пік» і розривним випускам.

Порядок формування змін здійснюється в такій послідовності:

1) на початку формують однозмінні випуски по 8 годин;

2) далі – двозмінні випуски. Поділяють кількість вагоно(машино)-годин у кожному рядку навпіл, і знаходять попередній час перезміни водіїв;

3) в оглядових випусках формують спочатку першу зміну, потім час на проходження ТО–1, потім формують другу зміну випуску;

4) обчислюють сумарну тривалість обідніх перерв. Для цього в зоні розривних змін підраховують кількість наявних вагоно(машино)-годин і порівнюють їх з рекомендованими. Рекомендовану кількість вагоно(машино)-годин у зоні розривних змін визначають як добуток кількості розривних змін на тривалість зміни (8 год);

5) планують перерви всередині змін однозмінних і двозмінних випусків першої і другої змін, а також оглядових, виходячи із загальної тривалості обідніх перерв;

б) одночасно формують розривні зміни, віддаючи вагоно(машино)-години, призначені для обіду розривним випускам, і, тим самим, створюючи необхідну їхню тривалість;

7) у випадках, коли в період перерв на відстійних майданчиках (шляхах) кінцевих станцій недостатньо місця для відстою рухомого складу, рекомендується переглянути періоди надання перерв, виконуючи корегування у графоаналітичному формуванні змін. Якщо за допомогою таких операцій неможливо вирішити цього завдання, планується відправляти рухомі одиниці на перерву у депо, а у графоаналітичному розрахунку додають вагоно(машино)-години на нульові рейси у «міжпіковий» період;

8) для того, щоб не випускати підряд на маршрут випуски одного виду, виконують їх чергування. Тобто призначають таку послідовність виходу випусків, що б у «непікові» періоди, коли не будуть працювати розривні, однозмінні й можливо оглядові, було зручніше забезпечувати у розкладі руху рівні інтервали між двозмінними випусками. Отже, отримують діаграму чергування випусків. Після цього кожному випуску присвоюють свій порядковий номер.

Таким чином, виконуючі необхідні графічні побудови, отримують наряд на випуск, що є первинним документом для складання розкладу руху.

5.4 Закріплення маршрутів і рухомого складу за депо

Після встановлення необхідної кількості рухомого складу для кожного окремого маршруту і всіх маршрутів у цілому необхідно вирішити питання про розподіл рухомого складу по депо.

Для чого керуються наступними положеннями.

1. Пробіги від депо до кінцевої станції маршруту (нульові рейси) мають бути, за можливості, меншими. Кінцеві пункти маршруту мають

розташовуватися як найближче до визначеного депо. Якщо маршрут обслуговують два депо – в середині маршруту.

2. Рухомий склад, який обслуговує маршрут, бажано розмістити у одному депо. Небажано обслуговувати маршрут більше ніж двома депо, щоб уникнути ускладнення розкладу і роботи рухомого складу на лінії.

3. Небажано мати в депо багато маршрутів з невеликою кількістю рухомого складу на кожному з них.

4. Для забезпечення регулярного руху і можливо кращого використання динамічних показників рухомого складу необхідно, щоб на маршруті знаходилися, як правило, однотипний рухомий склад.

5. Якщо здійснюють «перекидання» рухомого складу з маршруту на маршрут (наприклад ранковий максимум на одному маршруті, а вечірній – на іншому), то потрібно стежити за тим, щоб за кожним депо кількість додаткових вагонів на ранок дорівнювало кількості додаткових вагонів на вечір.

Запитання для самоконтролю

1. Обґрунтуйте, що є спільного й відмінного між тривалою зупинкою та перервою в середині зміни.

2. Проаналізуйте тривалість зміни водія з точки зору робочого та неробочого часу.

3. Що таке «нульовий пробіг»? Як виконують корегування діаграми вагоно(машино)-годин за допомогою нульових пробігів під час виходу з депо та заходу з нього?

4. Визначте, що таке «випуск». Чому дорівнює їхня кількість? Які типи випусків Ви знаєте?

5. Обґрунтуйте, в чому різниця маршрутного інтервалу руху від мережного.

6. Назвіть випуски, яким надають перерву в середині зміни.

7. У чому призначення тривалої зупинки, коли її встановлюють, назвіть її

тривалість?

8. Обґрунтуйте, чому і на яких випусках маршруту можна виконувати ТО–1 протягом доби?

9. Визначте, що таке ТО–1? В який проміжок часу доби його проводять, назвіть його тривалість для трамвайних вагонів?

10. Визначте, що таке ТО–1? В який проміжок часу доби його проводять, назвіть його тривалість для тролейбусних машин?

11. Дайте оцінку тривалості робочої зміни водіїв розривного, оглядового, двозмінного, однозмінного випусків.

12. Що таке планове наповнення рухомого складу? Як його обрати під час визначення необхідної кількості рухомого складу на маршруті в кожну годину доби?

13. Як визначити «пікові» та «непікові» години роботи на маршруті?

14. Розгляньте режими роботи поїзних бригад і рухомого складу на лінії за змінністю.

15. Визначте призначення наряду на випуск рухомих одиниць та фактори, які він враховує.

16. Проаналізуйте графоаналітичний метод розрахунку наряду на випуск рухомих одиниць на маршрутах.

17. Якої мети та обмежень дотримуються під час формування випусків графоаналітичним методом?

18. Обґрунтуйте свої міркування щодо закріплення маршрутів й рухомого складу за депо і перевізниками.

Лекція 6

ГРАФІК І РОЗКЛАД РУХУ

План:

6.1 Загальні відомості про розклад руху.

6.2 Види розкладів руху.

6.3. Дані, необхідні для складання графіка руху.

6.4 Формування розкладу руху в табличній формі.

6.5. Автоматизовані інструментальні засоби складання та контролю розкладу руху громадського міського транспорту.

6.6. Корегування розкладу руху.

6.7. Показники виконаного руху.

6.8 Показники регулярності руху.

6.1 Загальні відомості про розклад руху

Рух трамваїв і тролейбусів має відбуватися за заздалегідь розробленим планом. Таким планом є розклади руху на кожен маршрут, що складаються на підставі наряду, який враховує норми часу на пробіг рухомого складу і режими роботи випусків.

Складання розкладу руху належить до одного з відповідальних завдань служби руху, тому що цей документ є передумовою належної якості процесу пасажироперевезень [2, 3, 6, 15].

Розклад руху є підсумковим документом усього комплексу робіт планування руху. Він спрямовує і організовує роботу всіх служб трамвайно-тролейбусного підприємства, що пов'язані з рухом транспортних засобів.

Розклад руху – закон для всіх підрозділів і працівників Служби перевезень, починаючи з водіїв транспортних засобів і закінчуючи начальниками відповідних Служб.

Потребу у транспортних послугах визначає замовник (міська влада) на підставі постійного вивчення попиту на пасажироперевезення із застосуванням погоджених з перевізником (трамвайно-тролейбусне підприємство) методик дослідження. Замовник затверджує розклади руху, які розробляє перевізник.

Розклад руху повинен забезпечувати:

– максимальну експлуатаційну швидкість з урахування вимог Правил дорожнього руху, рельєфу місцевості, інтенсивності руху транспорту, пішохідного руху, роботи системи регулювання дорожнього руху;

– високі якісні показники перевезення пасажирів і виконання встановлених планових завдань щодо перевезень пасажирів і отримання виручки;

– рентабельність маршрутів;

– безпеку руху;

– найефективніше використання місткості рухомого складу;

– узгодженість роботи маршрутів з іншими видами транспорту;

– дотримання встановленої трудовим законодавством тривалості роботи водіїв;

– безперебійне функціонування системи технічного обслуговування рухомого складу.

У маршрутних розкладах, який є головним документом організації руху, вказують докладні відомості, що уточнюють режим руху всього рухомого складу на лінії (на відміну від наряду, що визначає план руху лише взагалі).

У сучасних умовах забезпечити регулярність руху маршрутного транспорту без розкладів руху не можливо. Тому складання і систематична розробка маршрутних розкладів руху є першочерговим і найважливішим завданням служб руху трамвайно-тролейбусного підприємства.

Маршрутні розклади руху на міському транспорті розробляють за сезонами року, але у разі введенні їх у виробничий процес враховують фактичний стан погоди, дорожні й місцеві кліматичні умови.

6.2 Види розкладів руху

Найчастіше маршрутні розклади вводяться на літній і осінньо-зимовий періоди року. За кожним періодом складають, зазвичай, три комплекти

розкладів руху на маршрут: а) на робочі дні тижня; б) на суботні дні; в) на неділю [2, 6]. Крім того, в святкові дні, а також у дні спортивних змагань міського масштабу підготовляються особливі маршрутні розклади руху транспорту. У разі змінених умов руху на маршруті, вводять нові норми часу на пробіг рухомого складу і вносять відповідні корективи.

Головним розкладом руху рухомих одиниць на міському транспорті є маршрутний розклад. У маршрутному розкладі має бути зазначено: 1) час виходу рухомого складу з депо; 2) час прибуття і відправлення з кінцевого і проміжного пункту на кожному рейсі; 3) час і місце перезміни бригад; 4) час повернення рухомого складу в депо; 5) тривалість роботи кожного рухомого складу і кількість рейсів; 6) тривалість роботи бригад [1, 5].

На підставі маршрутних розкладів складають поїзні розклади на кожен рухому одиницю (ними керуються водії), для чергових кінцевих станцій маршрутів, для чергових проміжних станцій (за ними контролюють рух вагонів в контрольних точках маршрутів), для диспетчерів депо (для випуску рухомого складу на лінію), маршрутні розклади для пасажирів (їх вивішують на зупиночних пунктах маршрутів з великим інтервалом руху).

За формою розрізняють розклади: 1) табличні або матричні; 2) графіки руху. Великим недоліком табличного розкладу є ненаочність. Це утруднює і користування ним і його розробку. Тому найчастіше застосовують графічну форму розкладів руху – графіки руху. Графік руху – це графічне зображення траєкторії руху рухомого складу в просторі і в часі. По осі ординат відкладають довжину маршруту з указівкою кінцевих станцій і головних проміжних точок, включаючи точки введення випусків на маршрут. По осі абсцис відкладають час у хвилинах.

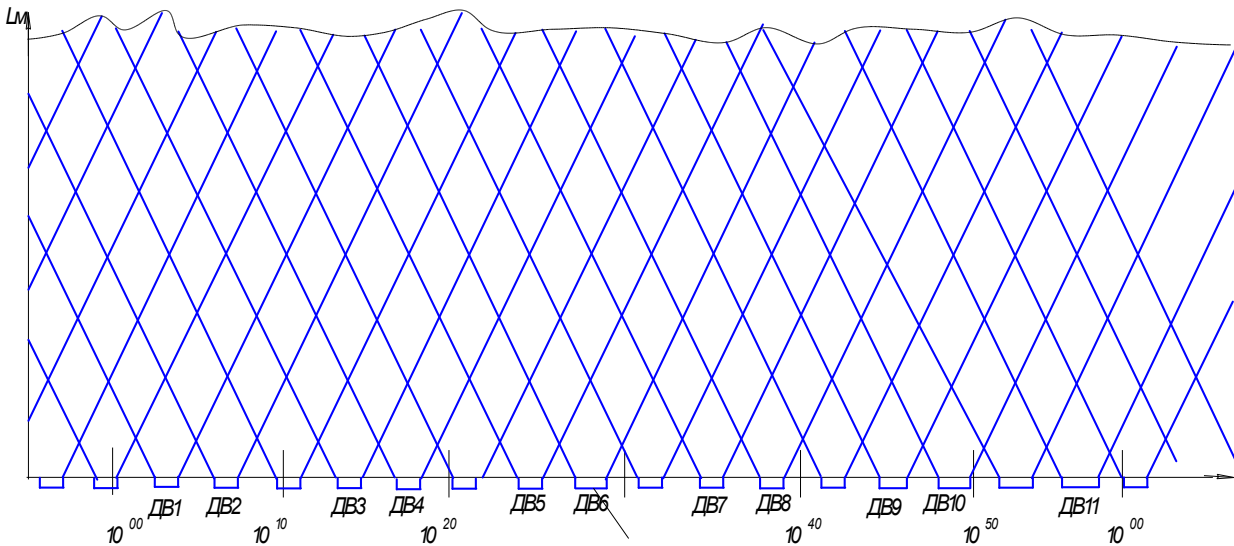


Рисунок 6.1 – Графічне зображення графіку руху

Крім того, маршрутний розклад дозволяє:

- скласти графік роботи водіїв на певний період часу (тиждень, місяць);
- спланувати роботу диспетчерського персоналу і працівників довідково-інформаційної служби;
- розрахувати показники роботи маршруту;
- спланувати організаційно-технічні заходи щодо технічного обслуговування і ремонту рухомого складу для забезпечення його своєчасного і якісного випуску на лінію;
- встановити плановий рівень якості транспортного обслуговування населення за показником максимального наповнення рухомих одиниць в кожен годину роботи маршруту і планову регулярність руху;
- оцінити економічну ефективність роботи рухомих одиниць на маршруті відповідно до розробленого розкладу руху.

6.3 Дані, необхідні для складання графіка руху

Приставаючи до складання маршрутного розкладу, необхідно мати:

- 1) наряд на випуск рухомого складу;

- 2) тривалість рейсів для кожного маршруту і періоду дня з розділенням їх за контрольними пунктами;
- 3) час, що витрачається на нульові рейси;
- 4) початок руху з кожного кінцевого пункту;
- 5) час денного і вечірнього відправлення випусків у депо з указівкою тривалості перебування.

Найбільш важливим елементом маршрутних розкладів є час рейсу. При нормуванні часу рейсу між окремими контрольними пунктами особливо важливо стежити за тим, щоб на всіх маршрутах, які проходять визначеною ділянкою, час руху в кожний період часу був однаковим.

Тривалість оборотного рейсу встановлюється для «пікових» і «непікових» годин роботи маршруту.

Тривалість нульових рейсів приймають окремо для виходу і повернення до депо (парку) залежно від того, на яку кінцеву станцію (зупинку) прибуває рухома одиниця.

Місткість рухомих одиниць залежить від моделі рухомого складу, який використовують. У разі роботи різного рухомого складу для спрощення розрахунків місткість приводять до однієї найбільш поширеної моделі.

Тривалість робочої зміни залежить від режиму роботи водіїв. Тривалість зміни $t_{зм}$ складає у разі:

- шестиденного робочого тижня – 6,83 год;
- п'ятиденного робочого тижня і двох вихідних днів – 8,2 год;
- графіку, що передбачає вихідний день через кожні два робочих дня – 8,7 год.

6.4 Формування розкладу руху в табличній формі

Розробку розкладу починають зі складання й заповнення матриці (таблиці розкладу). У рядках матриці приводять дані, що відповідають різним номерам випусків. Для цього в першому стовпці матриці проставляють номери випусків.

У стовпцях матриці представляється інформація про час прибуття й відправлення з кінцевих станцій А та Б випусків маршруту – тому в першому рядку матриці проставляються умовну позначку кінцевих станцій (у нашому випадку – А і Б).

Далі проставляють часи прибуття рухомих одиниць на кінцеві станції з урахуванням часу оборотного рейсу, встановленого на маршруті, його тривалості в «пікові» й «непікові» періоди.

Рекомендують починати розставляти значення часу з «контрольного» стовпця, що належить до моменту часу ранкового «піку», коли всі випуски, що призначені до роботи, мають бути в русі.

Для побудови «контрольного» стовпця потрібно розрахувати інтервал руху за формулою:

$$i = \frac{T_{об}}{N_{вип}},$$

де $T_{об}$ – тривалість оборотного рейсу в «пікові» години, хв;

$N_{вип}$ – кількість випусків.

Починаючи від цього стовпця (у нашому прикладі 7 год 59 хв) будують стовпець регулярних відправлень випусків у рейс. Кількість цих випусків визначає кількість рухомого складу ранкового випуску. Розміщення виходів за інтервалами показаний на рисунку 6.2.

Таким чином, виконують побудову стовпця «пікової» роботи випусків кожної з кінцевих станцій.

Наступний етап полягає в оформленні лівої частини таблиці-матриці. Клітки матриці заповнюються зліва – направо від стовпця «пік» по стовпцях пунктів А і Б. Для цього обирають перший випуск, бажано двозмінний. До кожного попереднього значення часу прибуття випуску додається час рейсу з урахуванням допустимої тривалості стоянки на кінцевій станції. Одночасно виконують контроль тривалості оборотного

рейсу, що належить до «пікового» або «непікового» періоду по одній з кінцевих станцій (наприклад, станція Б).

N выпуска	А		Б		А		Б		А		Б		А		Б		А		Б	
	прибут.	відправл.	прибут.	відправл.	прибут.	відправл.	прибут.	відправл.	прибут.	відправл.	прибут.	відправл.	прибут.	відправл.	прибут.	відправл.	прибут.	відправл.	прибут.	відправл.
1					7.02	7.04	7.14	7.17	7.26	7.28	7.37	7.39	7.48	7.50	7.59	8.01	8.10	8.12	8.22	8.24
2						←									8.02	8.04				
3		←													8.04	8.06				
4						←									8.07	8.09				
5		←													8.11	8.13				
6		←													8.14	8.16				
7						←									8.17	8.19				

Рисунок 6.2 – Приклад розроблення фрагмента маршрутного розкладу руху

Час прибуття розписують далі, доки не відбудеться наближення до часу виходу випуску на маршрут. Цей час орієнтовно визначають за діаграмою чергування змін.

Далі, зліва направо від стовпця «пік» аналогічно проставляють час прибуття й відправлення інших випусків. Причому головним завданням на цьому етапі є вирівнювання інтервалів за стовпцями. Для цього потрібно розрахувати інтервал руху для кожної години роботи, з урахуванням кількості рухомого складу (випусків) і тривалості оборотного рейсу в «пікові» та «непікові» періоди.

У разі недотримання інтервалів корегують час відправлення кожного з випусків з кінцевого пункту (у межах допустимої тривалості стоянки). Тут потрібно врахувати необхідність «згладжування» інтервалів часу між випусками, в межах розглянутих періодів, і відповідного корегування часу прибуття на протилежний кінцевий пункт маршруту, при незмінному часі оборотного рейсу. У процесі розробки маршрутного розкладу до цієї операції звертаються найчастіше.

Наступний етап полягає в оформленні правої частини маршрутного розкладу. Тобто в інші періоди дня інтервали оформляють і коректують проходом стовпців-рейсів зліва направо.

Під час виконання наступних дій рекомендують враховувати час простою на кінцевих станціях в період перерви, у випадку коли підмінна водіїв на час перерви не передбачена. Розміщення перерв і відстоїв заданої тривалості за випусками полягає у виключенні частини рейсів (значень матриці).

Тривалість й період відстою або перерви закладені графоаналітичним розрахунком після побудування діаграми чергування змін. Завдання формування розкладу на цьому етапі може ускладнюватися тим, що випуски можуть мати перерви різної тривалості й рівномірний за часом розподіл роботи маршруту може бути порушений. Такі випадки можуть бути після ранкових, денних і вечірніх перерв. Тим самим на різних стадіях розробки маршрутного розкладу не виключається можливість перезакріплення послідовності випусків із внесенням всіх необхідних корегувань. Таким чином, при складанні розкладу на весь період роботи маршруту, можливе багаторазове переміщення випусків за рядками матриці й змінювання порядку їх чергування.

Далі встановлюють час вечірнього прибуття в депо.

Виконуючи будь які корегування розкладу, наприклад, вирівнювання інтервалів між рейсами, що належать до початку (або закінчення) роботи випусків, треба вносити відповідні зміни часу виходу й повернення випуску в депо. У ході розробки розкладу треба вести постійний контроль за дотриманням допустимої тривалості роботи за часовими інтервалами: від часу виходу з депо до початку перерви, від часу закінчення перерви до часу зміни водіїв.

Можливі випадки виникнення нерозв'язних протиріч, що вимагають розробки іншого варіанта розкладу, інших рішень під час виконання певної операції або певного корегування вихідної інформації (виконання іншого графоаналітичного розрахунку змін).

Оцінку розробленого варіанту маршрутного розкладу здійснюють за двома показниками: точності дотримання вихідної інформації щодо розподілу обсягів руху за годинами (періодами) дня й показником регулярності відправлень випусків у розробленому варіанті розкладу.

6.5 Автоматизовані інструментальні засоби складання та контролю розкладу руху громадського міського транспорту

Компанією ЗАТ «Меракас» створена програма для складання і координації розкладів всіх видів громадського транспорту «PIKAS», яка призначена для складання, оптимізації та координації розкладів всіх видів громадського транспорту.

Підприємство НВП «Транснавігація» пропонує систему РМТ – це програмно-технологічний комплекс «автоматизована система формування та ведення розкладів руху маршрутизованого транспорту». Система РМТ призначена для розробки розкладів руху наземного маршрутизованого транспорту, їх зберігання та колективного використання.

Компанії CSBI-Group та «Бюджетні та фінансові технології» представили програмно-апаратне рішення – систему комплексної автоматизації транспорту (СКАТ), що забезпечує автоматизацію повного циклу процесів з управління інфраструктурою громадського транспорту – планування маршрутів, моніторинг транспортних засобів, оперативне управління, аналіз результатів, бюджетування та звітність. Система СКАТ базується на сучасних навігаційно-комунікаційних технологіях і використовує дані глобальної навігаційної супутникової системи ГЛОНАСС/GPS. Впровадження СКАТ дозволяє створити цілісну систему управління транспортним комплексом, координувати роботи різних служб, підприємств і організацій, сприяє підвищенню якості транспортного обслуговування населення, забезпечує економію бюджетних коштів і підвищення ефективності експлуатації транспортного комплексу.

6.6 Корегування розкладу руху

Підставами для корегування розкладу руху є такі випадки [1–3]:

- 1) реорганізація маршрутної системи;
- 2) тимчасова зміна роботи маршруту;
- 3) необхідність оперативного керування рухом;
- 4) уточнення розкладу руху після адаптації пасажирів до змін в організації перевезень.

Реорганізація маршрутної системи виконується у разі:

- зміни пасажиропотоку (появи нового або ліквідації існуючого об'єкта тяжіння пасажирів);
- подовження або вкорочення траси маршруту;
- змін в організації дорожнього руху;
- будівництва нових вулиць і доріг.

У випадку реорганізації маршрутної системи у разі коригування розкладу руху потрібно повністю повторити розрахунки та затвердити новий розклад. Затвердження нового розкладу руху здійснюється відповідним органом місцевого самоврядування за погодженням з перевізником.

Тимчасова зміна роботи маршруту виконується під час впровадження особливих режимів руху:

- проведення масових заходів: свят, мітингів, спортивних змагань тощо;
- звільнення транспортних магістралей для проїзду колон автомобілів, спецтехніки;
- ремонт вулиць і доріг або об'єктів, що примикають до них.

Тимчасова зміна режиму роботи маршруту здійснюється за вказівкою відповідного органу місцевого самоврядування. Підприємство – перевізник має розробити розклад руху відповідно до поставлених вимог та затвердити наказом керівника підприємства або старшого (центрального) диспетчера. В

разі виконання тимчасової зміни необхідно оповістити мешканців міста про зміни в розкладі руху.

Необхідність в оперативному керуванні рухом виникає:

– у разі відновлення порушеного руху на маршруті після затримок руху або дорожньо-транспортних пригод;

– у разі вибуття рухомої одиниці з маршруту;

– у разі неповного виходу на маршрут запланованого рухомого складу.

Оперативне керування рухом здійснюють з метою забезпечення дотримання встановленого розкладу руху.

Існують фактори, що впливають на порушення розкладу руху. Наприклад, маршрути рухомого складу електричного транспорту пролягають, як правило, шляхами загального користування, тобто створюють рух разом з іншими транспортними засобами, які є своєрідною перешкодою. Тому час прибуття рухомих одиниць на відповідні контрольні точки має ймовірнісний характер.

Наступним фактором порушення руху може бути вибуття однієї або декількох рухомих одиниць з маршруту, що пов'язано з технічною несправністю рухомого складу або з дорожньо-транспортною пригородою.

Технічна несправність окремих ділянок контактної мережі і трамвайної колії, відсутність електропостачання на них також є причиною затримки рухомого складу на лінії.

Виникнення дорожньо-транспортної пригоди між іншими транспортними засобами на лініях маршрутів іноді викликає значні затримки рухомого складу електротранспорту.

Не менш важливим фактором затримки рухомих одиниць на маршруті є несправність технічних засобів регулювання рухом, особливо на перехрестях.

Роботу транспорту з перевезення пасажирів можна вважати виконаною у тому випадку, якщо на маршруті рух здійснюється відповідно до затвердженого розкладу. У випадку порушення розкладу руху завдання диспетчера – в

найкоротший час відновити порушений рух. Для цього використовуються такі методи диспетчерського керування:

- розсунення часу відправлення рухомих одиниць;
- відправлення рухомих одиниць зі збільшеним рівномірним інтервалом;
- відправлення рухомих одиниць в укорочений рейс;
- відправлення на подовжений рейс;
- використання рухомих одиниць іншого маршруту;
- розсунення часу відправлення рухомих одиниць;
- використання регулювальних заходів завдяки скороченню тривалості

стоянки, відстою, перерви в роботі.

Уточнення розкладу руху після адаптації пасажирів до змін в організації перевезень виконують не раніше ніж за два тижні після відповідних змін.

6.7 Показники виконаного руху

У процесі диспетчерського керування визначаються показники, що є вихідними і служать для розрахунків показників якості роботи транспортних засобів на маршруті [35].

Кількість рейсів виконаний за розкладом – рейс вважається виконаним за розкладом, якщо на всі контрольні точки рейсу та кінцеві зупинки рухома одиниця прибула без відхилення від розкладу або з відхиленням в межах допустимих значень (+1хв, - 2 хв).

Кількість рейсів виконаний за пробігом – всі виконані рейси (виконані із запізненням).

Випуск рухомого складу в неповному обсязі – різниця кількості запланованих для випуску з депо (парку) і фактично випущених перевізником рухомого складу на встановлені маршрути.

Кількість випадків затримки руху – кількість випадків призупинення на маршруті руху транспортних засобів на час, що перевищує встановлений інтервал руху.

Кількість випадків вибуття з руху – кількість випадків, коли рухома одиниця, яку було випущено на маршрут, припинила перевезення пасажирів та не відновила їх упродовж встановленого часу роботи на маршруті відповідно до розкладу руху.

Кількість випадків тимчасового вибуття з руху – кількість випадків, коли транспортний засіб, який був випущений на маршрут, призупинив перевезення пасажирів на не передбачений розкладом руху період часу та відновив такі перевезення.

Відхилення від розкладу руху – кількість випадків прибуття рухомого складу на кінцеву зупинку або контрольний пункт з порушенням допустимої величини часу відхилення.

За одержаними результатами розраховуються показники, які послугують оцінкою якості роботи підприємства для здійснення перевезення пасажирів.

Планова кількість рейсів – кількість рейсів, встановлених розкладом руху (виходячи з потреби у перевезеннях).

Регулярність руху на маршруті – відсоткове відношення кількості фактично виконаних рейсів до планової кількості рейсів, передбачених розкладом.

Затримки в русі – відсоткове відношення кількості затримок руху до кількості рейсів виконаних за розкладом;

Крім розглянутих вище показників виконання розкладу руху системи моніторингу на основі GPS можуть надавати таку додаткову інформацію:

- *фактичний пробіг* рухомого складу в кілометрах, безпосередньо вимірний засобами супутникової навігації;
- *транспортну роботу* в машино(вагоно)-годинах;

- *час затримок* рухомого складу в пробках під час виконання рейсу;
- *максимальну швидкість* рухомого складу на маршруті;
- *ділянки маршруту*, де рухомий склад рухався з перевищенням дозволеної швидкості.

В разі додаткового обладнання рухомого складу датчиками визначення чисельності пасажирів, системою обліку оплати за проїзд та датчиками витрат енергоресурсів під час виконання моніторингу можна одержати додатково такі показники:

- *максимальне і мінімальне наповнення салону* із зазначенням періодів часу;
- *середню дальність поїздки пасажирів*;
- *витрати енергоресурсів* – кіловат-годин електроенергії для електротранспорту;
- *виручку* в гривнях.

6.8 Показники регулярності руху

Регулярність руху є найважливішим показником якості пасажироперевезень. У разі регулярного руху:

- скорочуються витрати часу пасажирів на очікування транспорту;
- наповнення рухомого складу розподіляється більш рівномірно;
- збільшується загальна кількість перевезених пасажирів на маршруті;
- зростає збір проїзної плати.

У разі нерегулярного руху:

- транспортні підприємства мають великі втрати;
- пасажирів не мають наміру очікувати рухому одиницю міського електротранспорту і пересідають на альтернативний, а трамвайно-тролейбусні підприємства втрачають своїх потенційних пасажирів.

Існує розбіжність в понятті «регулярний рух», що розглядається як повторюваний процес прибуття рухомих одиниць на зупиночні пункти через

певні проміжки часу, і «регулярність руху», як показник оцінки якості обслуговування пасажирів транспортним підприємством. Тобто окремі рейси можуть бути регулярними, а належна регулярність руху на маршруті в цілому не досягнута.

Нормативним документом встановлено рекомендовані показники якості послуг з урахуванням вимог європейських стандартів [35]. До категорії оцінки регулярності руху належать такі два показники:

1) регулярність руху на маршруті P , яку визначають як відношення фактично виконаних рейсів до запланованої кількості рейсів:

$$P = K_{pf} / K_{pz} \cdot 100 \% ,$$

де K_{pf} – кількість фактично виконаних рейсів;

K_{pz} – планова кількість рейсів;

2) дотримання графіка руху на маршруті D , яке визначають як відношення кількості рейсів виконаних за розкладом до кількості фактично виконаних рейсів (за пробігом):

$$D = K_p / K_{pf} \cdot 100 \% ,$$

де K_p – кількість рейсів, виконаних за розкладом.

Така оцінка якості послуг є не зовсім правильною так, як в показнику регулярності руху P враховують кількість фактично виконаних рейсів, тобто рейсів, які виконані з відхиленнями за значенням вище допустимих відхилень від розкладу руху.

З іншого боку в показнику дотримання графіка руху D є облік правильно виконаних рейсів, але в ньому не враховані планові рейси, які розраховуються виходячи безпосередньо з попиту на пасажироперевезення.

Тому для оцінки якості обслуговування пасажирів необхідно застосовувати ще один показник регулярності руху – це коефіцієнт

регулярності B , який обчислюють як відношення кількості рейсів виконаних за розкладом до запланованої кількості рейсів:

$$B = K_p / K_{pz} \cdot 100 \%$$

Запитання для самоконтролю

1. Доведіть, чому розклад руху називають головним документом роботи усього транспортного підприємства.
2. Визначте види розкладів руху за призначенням.
3. Обґрунтуйте необхідність складання графіку роботи водіїв на місяць.
4. Чим відрізняється наряд на випуск рухомих одиниць від розкладу або графіку руху?
5. Якою службою розробляються і затверджуються розклади руху?
6. Назвіть вихідні дані для побудови графіка руху.
7. Дайте оцінку тривалості щоденного відпочинку водіїв оглядових, двозмінних, однозмінних, розривних випусків.
8. Обґрунтуйте, чому тривалість робочої зміни для всіх водіїв не можна встановити однаковою?
9. Визначте, які експлуатаційні показники маршруту наведені в маршрутному розкладі?
10. Визначте, для яких періодів складають розклад руху?
11. Назвіть, у чому різниця між маршрутним та поїзним розкладами руху?
12. Назвіть які автоматизовані інструментальні засоби складання та контролю розкладу руху громадського міського транспорту Ви знаєте.
13. Назвіть межі допустимого значення відставання та випередження графіку руху.
14. Перелічіть етапи технології складання маршрутного розкладу.
15. Визначте призначення чергування змін, як воно створюється?

16. Чи враховується під час складання розкладу руху непередбачувані зупинки?
17. Назвіть недолік табличного розкладу під час керування рухом.
18. Назвіть, в яких випадках корегують розклад руху?
19. Яким чином затверджується новий розклад руху?
20. Якщо відкривається нова станція метрополітену, чи є необхідним розробляти новий розклад руху маршрутів, що проходять повз?
21. Якщо в місті проводяться святкові заходи, чи потрібно для цього складати новий розклад руху?
22. Якщо на маршрут не вийшла певна кількість рухомого складу, чи потрібно розробляти новий розклад руху?
23. Поясніть, як створюється відновлення порушеного руху на маршруті після затримок руху або дорожньо-транспортних пригод.
24. Що називають регулярністю руху? Які показники Ви знаєте і які їх недоліки?
25. Назвіть причини порушення руху. Перелічить методи встановлення порушеного руху.
26. Які розпорядження має дати центральний диспетчер при порушеному русі?

Лекція 7

ДИСПЕТЧЕРСЬКЕ КЕРУВАННЯ РУХОМ

План:

- 7.1 Загальні відомості про системи диспетчерського керування.
- 7.2 Методи визначення місцеположення рухомого складу.
- 7.3 Методика керування рухом диспетчерами кінцевих станцій.
- 7.4 Автоматизовані системи диспетчерського керування під час застосування контрольних пунктів.
- 7.5 Автоматизовані системи диспетчерського керування під час застосування засобів супутникової навігації.

7.1 Загальні відомості про системи диспетчерського керування

Впроваджуючи системи автоматизації диспетчерського керування міським пасажирським транспортом, транспортні підприємства ставлять своєю головною метою забезпечити регулярний й надійний рух міського транспорту при мінімальному парку рухомого складу й чисельності керуючого персоналу.

Системи централізованого оперативного (диспетчерського) контролю й керування рухом міського суспільного транспорту забезпечують:

- контроль руху рухомих одиниць на маршруті і моніторинг виконаних рейсів, що є гарантуванням якості пасажироперевезень, дотримання регулярності руху;

- оперативне керування рухом у разі затримок, відновлення порушеного руху, складання оперативного розкладу руху;

- автоматизацію обробки й видачі інформації про рух на маршрутах і формування звітності.

У різних автоматизованих системах керування прийняті різні принципи побудови і перелік виконуваних функцій. Найбільш типовими є наступні функції:

- 1) автоматичне визначення дислокації всіх рухомих одиниць, керованих системою, у реальному масштабі часу;

- 2) автоматичне порівняння за допомогою комп'ютерного програмного забезпечення заданого за розкладом і фактичного режимів руху маршрутного транспорту, реєстрація всіх виявлених при цьому відхилень і доведення інформації про істотні затримки до диспетчерського персоналу й водіїв;

- 3) забезпечення двостороннього зв'язку між диспетчерським пунктом і водіями рухомого складу, який перебуває на лінії;

- 4) передача кодованих повідомлень між диспетчером і водієм з виводом цих повідомлень у словесній формі на спеціальній панелі в кабіні водія, і на інформаційному табло в приміщенні диспетчерської;

5) передача й вивід оперативної інформації для пасажирів на спеціальних показниках, встановлених на зупинках і у найбільш великих транспортних вузлах.

Такі системи містять у собі центр керування перевезеннями, обладнаний комп'ютерами і програмним забезпеченням, що забезпечує прямий зв'язок з рухомими одиницями й періодично опитує їх, приймаючи інформацію про місце їх знаходження, номер маршруту, інвентарний номер рухомого складу, номер водія.

На вулично-дорожній мережі розміщують периферійне обладнання: контрольні пункти з пристроями обміну інформацією, радіомаяки різного радіусу дії, пеленгатори, вишки операторів мобільного зв'язку.

Передача інформації створюється автоматично без участі водія, каналами зв'язку передаються команди оперативного керування, які виводяться на табло водія в кабіні рухомого складу, і здійснюється оперативний двосторонній зв'язок диспетчерського персоналу з водіями. Вся інформація про рух транспорту накопичується, створюючи бази даних.

Диспетчерський персонал забезпечується інформацією про рух за допомогою дисплеїв, мнемосхем, табло, пов'язаних з комп'ютерами, також систем диспетчерського радіотелефонного зв'язку й телевізійного контролю за складними ділянками транспортної мережі.

В окремих системах на зупиночних пунктах встановлюється інформаційні табло для пасажирів, на які автоматично, за командами виводиться інформація про рух на лінії. Інформація передається від диспетчерського центра лініями зв'язку.

Крім цього, функції автоматизованих системи диспетчерського керування можуть бути розширені завдяки впровадженню бортових і стаціонарних периферійних технічних засобів та програмного забезпечення. В цьому разі є можливість:

1) забезпечувати прямий однобічний радіозв'язок для безпосереднього звертання диспетчера до пасажирів через гучномовні установки, що розташовані в салонах рухомого складу, а також всіх зупиночних пунктах;

2) створювати керування окремими лінійними пристроями міського транспорту (трамвайними й тролейбусними стрілочними переводами, світлофорами для пріоритетного пропуску суспільного транспорту через перехрестя й ін.);

3) оцінювати стан рухомого складу, окремих вузлів і агрегатів, систем, контролювати параметри цих систем за допомогою борових пристроїв та забезпечувати відправлення цієї інформації до центрального диспетчерського пункту, обробляти і накопичувати статистичну інформацію про стан рухомого складу;

4) діагностувати стан водія, та виявляти порушення Правил дорожнього руху;

5) автоматизацію визначення й обробки інформації про пасажиропотоки за допомогою борових та периферійних пристроїв і автоматизацію розробки розкладів;

6) автоматизацію складання оперативного розкладу руху під час збоїв у русі;

7) автоматичне звітування перед замовником про виконані перевезення з передачею звітної інформації на сервер замовника.

7.2 Методи визначення місцеположення рухомого складу

Методи визначення місцеположення рухомого складу можна поділити на три категорії:

1) методи наближення:

– *метод прямого наближення*, за яким на території міста створюється мережа контрольних пунктів. Місце розташування рухомого складу

визначають, коли він проходить вповз контрольного пункту. Розпізнаний індивідуальний код контрольного пункту передається до бортової апаратури, яка через підсистему передачі даних передає цю інформацію, а також свій ідентифікаційний код в підсистему управління і обробки даних;

– *інверсний метод наближення*, за яким виявлення та ідентифікація рухомого складу здійснюється за допомогою встановлених на них активних або напівактивних малопотужних радіомаяків, що передають на приймач контрольного пункту свій індивідуальний код, або ж за допомогою оптичної апаратури. Інформація від контрольного пункту далі передається в підсистему керування і обробки даних центрального диспетчерського пункту.

2) методи за радіочастотою дають змогу визначити місце розташування рухомого складу шляхом вимірювання різниці відстаней від рухомого складу до трьох або більше радіомаяків за двома підгрупами:

– *радіопеленгація*, при якій місце розташування рухомого складу визначається шляхом прийому випромінюваного ним радіосигналу мережею стаціонарних або мобільних приймальних пунктів;

– *пеленгація*, коли за допомогою розподіленої території міста мережі мобільних засобів пеленгації можливе відстеження місця розташування рухомого складу, обладнаного радіопередавачами-маяками;

3) методи навігаційного числення.

Ці методи засновані на вимірюванні параметрів руху рухомого складу за допомогою датчиків прискорень, кутових швидкостей, пройденого шляху і напрямку. На підставі отриманих даних обчислюється поточне місце розташування рухомого складу щодо відомої початкової точки. В цілому дані методи можуть використовуватися в системах, що застосовують методи радіонавігації. Головна перевага методів навігаційного числення – незалежність від умов прийому навігаційних сигналів бортовою апаратурою.

На сьогодні найбільш застосовуваними можна вважати пристрої на підставі радіоприймальних пристроїв, що підключають через порти введення до

бортового контролера в сполученні із системою радіомаяків, розташованих уздовж маршруту, а також пристрої на основі GPS-приймачів, що визначають географічні координати рухомого складу за сигналами трьох видимих супутників.

Переваги супутникових систем очевидні, однак, системи з радіомаяками, поки що, не вважаються застарілими, у силу ще високої вартості GPS-приймачів. Для розміщення GPS-приймачів на рухомому складі, як мінімум, необхідно передбачити можливість їхнього підключення в майбутньому, або ще краще, використовувати єдиний інтерфейс сумісний і з GPS-приймачем і з приймачем сигналу радіомаяка.

До рухомого обладнання належить *бортовий контролер* – найважливіший компонент устаткування рухомого складу, що виконує функції збору й попередньої обробки телеметричної інформації, зберігає інформацію між сеансами зв'язку й керує роботою підключеного до нього устаткування.

Додаткові функції не тільки вимагають використання більше продуктивних контролерів, але і збільшують кількість додаткових портів вводу-виводу. Мінімальний склад портів вводу-виводу – два. Один для уведення інформації про місце розташування рухомого складу, інший – для підключення встаткування зв'язку з диспетчерським пунктом. Якщо потрібно передавати телеметрію про наповнення салону й показання споживчої електроенергії, то додаються ще два порти.

Звукова карта із внутрішніми портами додасть два зовнішніх рознімання. Якщо перед системою ставити більш скромні завдання, і потрібно скоротити представлений перелік, то як бортовий контролер можна використовувати кишеньковий персональний комп'ютер, що значно знижує вартість устаткування рухомого складу. Такий не повнофункціональний варіант можна рекомендувати малобюджетним транспортним підприємствам невеликих міст. У більшості кишенькові персональні комп'ютери вже мають два порти вводу-

виводу і цілком допускають підключення як пристрою для визначення місця розташування, так й устаткування зв'язку.

Пристрій зв'язку рухомого складу з диспетчерським пунктом можна назвати самою відповідальною ланкою автоматизованих систем диспетчерського керування й, на жаль, найбільш слабким місцем у структурі більшості діючих систем. Сьогодні випуск серійного радіоустаткування представлено більшою розмаїтістю моделей, а технічні характеристики (зокрема за швидкістю передачі цифрової інформації) зросли на кілька порядків.

Рекомендації з організації каналів зв'язку логічно почати із протоколів. Раніше при побудові автоматизованих систем диспетчерського керування це питання, як правило, не розглядався зовсім, оскільки більшість виконавців проєктів просто пропонували власні протоколи під власну апаратну частину.

Крім низької пропускну здатності такі канали практично неможливо модернізувати (єдиний варіант – повна заміна встаткування зв'язку). Сьогодні, найбільш підходяще рішення – це використання протоколу TCP/IP, що перевірений часом, прекрасно зарекомендував себе у всіляких за складністю телекомунікаційних системах, від локальних мереж, до Internet, і що найважливіше, підтримується як стандарт практично будь-яким устаткуванням зв'язку.

7.3 Методика керування рухом диспетчерами кінцевих станцій

У разі такого керування рухом контроль здійснюють диспетчера шляхом ручного внесення відміток часу прибуття рухомого складу на кінцеві станції або проміжні контрольні пункти.

Контрольні пункти створюються, як правило, в місцях зі складними умовами проїзду, де потрібно додатково контролювати роботу рухомого складу.

Диспетчер робить відмітку в шляховому листку та робить запис у станційній відомості про час прибуття та час відправлення рухомих одиниць. В разі потреби виконання регулювальних дій, диспетчер дає розпорядження водію і записує його шляховий лист водія та у станційну відомість. Кожен день роботи оформлюють окрему станційну відомість. До неї вносять записи диспетчери всіх змін, які працювали в цей день на станції. Після завершення робочого дня станційні відомості передають в службу руху або відповідний підрозділ підприємства перевізника.

Дані всіх відомостей заносять в журнал обліку або до комп'ютеру служби руху. За одержаними даними виконують розрахунки показників руху та їх аналіз. Одержані показники оформляють у вигляді протоколів та передають у відповідні служби підприємства (бухгалтерію, депо, службу експлуатації та ін.) та керівництву підприємства.

Система моніторингу руху та диспетчерського керування рухом з ручним керуванням диспетчерами кінцевих зупинок широко застосовувалась раніше. Недолік її – недостатня керованість рухом: інформацію про транспортну ситуацію на маршруті диспетчер отримує тільки по прибуттю рухомого складу на диспетчерський пункт. Розпорядження про зміну режиму руху диспетчер може видати водієві також тільки на диспетчерському пункті. Ще одним недоліком є великі операційні витрати, що йдуть на оплату праці диспетчерів.

Рекомендувати керування рухом диспетчерами кінцевих станцій можна тільки для міст населенням до 200 тис. мешканців.

7.4 Автоматизовані системи диспетчерського керування під час застосування контрольних пунктів

У таких системах знаходження рухомого складу визначають на контрольних пунктах маршруту, які розташовують на окремих зупиночних пунктах. Для фіксації моменту прибуття рухомого складу на рухомому

використовують датчики різного типу (індуктивні контури, фотозчитувачі, радіомаяки тощо). Периферійне обладнання контрольного пункту містить приймач сигналів і блок обміну інформацією з диспетчерським пунктом. Одержані дані датчиків за допомогою ліній зв'язку (телефонних ліній, радіо зв'язку, стільникового зв'язку) передаються на диспетчерський пункт, де зберігається на сервері перевізника. Програмне забезпечення обчислювальної системи перевізника розраховує показники виконання розкладу руху і видає інформацію керівництву.

У замовника може бути встановлений термінал диспетчерського центру, або самостійний сервер, на який інформація поступає паралельно з інформацією, що передається на сервер перевізника. Таким чином, замовник здійснює моніторинг виконаного руху в повному обсязі.

7.5 Автоматизовані системи диспетчерського керування під час застосування засобів супутникової навігації

На теперішній час рекомендують застосовувати найбільш прогресивні автоматизовані системи диспетчерського керування, у яких датчиком місцезнаходження рухомого складу є приймачі сигналів навігаційних супутників – трекери GPS/ГЛОНАСС, а каналами зв'язку послуговують системи стільникового зв'язку в стандарті GSM/GPRS.

Здійснення контролю створюється за таким порядком. На рухомому складі встановлюють трекери GPS, а диспетчерський пункт обладнують серверами GPS з відповідним програмним забезпеченням для обробки сигналів навігації рухомої одиниці. Апаратний GPS-трекер містить: мікропроцесор, антену, приймач сигналів навігаційних супутників, радіостанцію стільникового зв'язку, блок живлення з резервним джерелом живлення.

Трекер, розміщений на рухомому складі, через задані проміжки часу визначає параметри руху (місцезнаходження, швидкість, напрямок руху).

Параметри руху GPRS-трекер передає на сервер диспетчерського пункту. Сервер диспетчерського пункту приймає інформацію з усіх рухомих одиниць та зберігає її у базі даних. Обчислювальний комплекс диспетчерського пункту обробляє інформацію та розраховує показники виконання розкладу руху.

У великих містах, де є декілька різних перевізників, для збільшення ефективності моніторингу, координації роботи всіх видів транспорту, та зменшення витрат, рекомендують створювати єдині диспетчерські центри моніторингу і керування рухом.

Переваги автоматизованих систем диспетчерського керування на підставі трекерів GPS очевидні. Їх використання суттєво підвищує обсяг інформації, одержаної під час моніторингу руху, рівень керованості рухом транспортних засобів і якість транспортного обслуговування населення і, як наслідок, покращення економічних показників використання транспортних засобів. Операційні витрати системи диспетчерського керування із застосуванням GPS суттєво нижчі ніж в інших системах керування. Впровадження системи моніторингу, зазвичай, окупається в період одного двох років експлуатації.

Запитання для самоконтролю

1. З якою метою виконують контроль руху маршрутних транспортних засобів?
2. В яких контрольних точках маршруту фіксують недодержання водіями розкладу руху?
3. Які види робіт виконують диспетчери кінцевих станцій?
4. Що називають контрольним пунктом та які вимоги до його розташування?
5. Які види робіт виконують диспетчери контрольних пунктів та центральний диспетчер?

13. Поясніть переваги та недоліки автоматизованої системи контролю і регулювання.

14. Які види автоматизованої системи контролю і регулювання Ви знаєте?

15. Яке технічне обладнання входить до автоматизованої системи диспетчерського керування?

16. Поясніть, для чого необхідний зв'язок водія і диспетчера в системі керування рухом. Які методи зв'язку існують?

17. Подати свої міркування щодо доцільності завчасного інформування пасажирів на зупинках про час прибуття чергової рухомої одиниці засобами сучасних інформаційних технологій.

18. Обґрунтуйте необхідність інформаційного обслуговування пасажирів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Кульбашна Н. І. Текст лекцій з дисципліни «Організація експлуатації міського електротранспорту» / Н. І. Кульбашна, А. М. Сосіпатов, А. Г. Тарновецька; Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. – Харків : ХНУМГ, 2014. – 56 с.
2. Спири́н В. В. Пассажи́рские перевозки́ городским транспортом / В. В. Спири́н – М. : Высшая школа, 2004. – 420 с.
3. Варелопуло Г. А. Организация движения и перевозок на городском пассажирском транспорте / Г. А. Варелопуло. – М. : Транспорт, 1990. – 208 с.
4. Капский Д. В. Автоматизированные системы управления дорожным движением : учеб. пособие / Д. В. Капский, Е. Н. Кот, Д. В. Рожанский. – Минск : Новое знание ООО, 2015. – 368 с.
5. Давідіч Ю. О. Розробка розкладу руху транспортних засобів при організації пасажирських перевезень: навч. посібник / Ю. О. Давідіч ; Харків. нац. акад. міськ. госп-ва. – Харків : ХНАМГ, 2010. – 345 с.
6. Єфремов И. С. Технические средства электрического транспорта / И. С. Єфремов, В. М. Кобозев, В. В. Шевченко. – М. : Высш. Школа, 1985. – 448 с.
7. Косой Ю. М. Рельсовые пути трамваев и внутризаводских дорог / Ю. М. Косой. – М. : Транспорт, 1988. – 320 с.
8. Осетрін М. М. Міські дорожно-транспортні споруди : Навч. посібник для студентів / М. М. Осетрін . – ВНЗ. К ІЗМН, 1997. – 196 с.
9. Системологія на транспорті : [підручник у 5 кн.] / за заг. ред. Ф. М. Дмитриченка / Е. В. Гаврилов, М. Ф. Дмитриченко, В. К. Доля та ін. – Київ : Знання України, 2005. – 447 с. – кн. IV: Організація дорожнього руху.
10. Пушков П. М. Основи електричної тяги : навч. посібник / П. М. Пушков, В. П. Андрейченко. – Харків : ХНАМГ, 2006. – 150 с.

11. Кременец Ю. А. Технические средства организации дорожного движения : Учебник для вузов / Ю. А. Кременец, М. П. Печерский, М. Б. Афанасьев. – ИКЦ «Академкнига», 2005. – 279 с.
12. Тарасик В. П. Интеллектуальные системы управления транспортными средствами / В. П. Тарасик, С. А. Рынкевич. – Минск : УП «Технопринт», 2004. – 512 с.
13. ДБН В.2.3–18:2007. Споруди транспорту. Трамвайні та тролейбусні лінії. Загальні вимоги до проєктування. – Чинний від 2007–02–28. – Київ : Мінрегіонбуд України, 2008. – 58 с.
14. ДСТУ 3308–96. Знаки маршрутні для міського електротранспорту. Технічні умови та правила застосування. – Чинний від 2006–02–27. – Київ : НДКТІ МГ, 1996. – 30 с.
15. Ефремов И. С. Теория городских пассажирских перевозок / И. С. Ефремов, В. И. Кобозев, В. А. Юдин. – М. : Высшая школа, 1980. – 526 с.
16. Яновський П. О. Пасажи́рські перевезення / П. О. Яновський. – Київ : НАУ, 2012. – 436 с.
17. Костяков А. Н. Информационные технологии на транспорте: учеб. пособие / А. Н. Костяков. – Чита : ЧитГУ, 2007. – 362 с.
18. Ембулаев В. Н. Теоретические основы и методы управления транспортной системой крупного города / В. Н. Ембулаев. – Владивосток : Дальнаука, 2004. – 212 с.
19. Коссой Ю. М. Экономика и управление на городском электрическом транспорте : учебник / Ю. М. Коссой. – М. : Мастерство, 2002. – 352 с.
20. Карпушин Е. І. Організація та управління на електричному транспорті: Навчальний посібник / Е. І. Карпушин. – Харків : ХНАМГ, 2008. – 170 с.
21. Положення про робочий час і час відпочинку водіїв трамвая і тролейбуса : затв. наказом Держжитлокомунгоспу України 06.12.2004 : чинний з 17.12.2004. [Електронний ресурс]. – Режим доступу:

<https://zakon.rada.gov.ua/laws>, вільний (дата звернення 20.03.20). – Назва з екрана.

22. Садловська І. П. Стратегічне управління національною транспортною інфраструктурою : монографія / І. П. Садловська, І. П. Садловська. – Київ : П.П. «Сердюк В.Л.», 2011. – 355 с.

24. Правила розміщення та обладнання зупинок міського електро- та автомобільного транспорту : Наказ Державного комітету України по житлово-комунальному господарству : чинний з 15.05.95. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0160-95>, вільний (дата звернення 15.04.14). – Назва з екрана.

24. Про міський електричний транспорт : Закон України від 29.06.2004 № 1914-IV // Відомості Верховної Ради України. – 2004. – № 51. – Ст. 548.

25. Правила дорожнього руху : затв. постановою Кабінету Міністрів України 10.10 2001 № 1306 із змінами та доповненнями : чинний з 13.05.2020. – Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2020. – 68 с.

26. НПАОП 60.2–1.01–06–2006. Правила охорони праці на міському електричному транспорті. Затверджено 2006–08–21. Київ. Міністерство надзвичайних ситуацій України. – 28 с.

27. Правила експлуатації трамвая та тролейбуса: затв. наказом Міністерства інфраструктури України 03.02.2020 : чинний з 17.04.2020. [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/>, вільний (дата звернення 05.10.20). – Назва з екрана.

28. Горбачов П. Ф. Сучасні наукові підходи до організації роботи маршрутного пасажирського транспорту в містах : монографія / П. Ф. Горбачов. – Харків : ХНАДУ, 2009. – 196 с.

29. Бююль А. SPSS: искусство обработки информации. Анализ скрытых закономерностей: Пер. с нем. / А. Бююль. – СПб. : ДиаСофтЮП, 2002. – 608 с.

30. Николаев А. Б. Информационные технологии в менеджменте и транспортной логистике: учебное пособие / А. Б. Николаев – Saint-Louis, MO, USA: Publishing House Science and Innovation Center, 2013. – 254 с.
31. Яценков В. С. Основы спутниковой навигации. Системы GPS NAVSTAR и ГЛОНАСС / В. С. Яценков. – Горячая линия. Телеком, 2005. – 272 с.
32. Воробьев Е. А. Датчики-преобразователи информации : учеб. пособие / Е. А. Воробьев. – СПб : ГУАП, 2001. – 43 с.
33. Алейников А. Ф. Датчики (перспективные направления развития): учебное пособие / А. Ф. Алейников, В. А. Гридчин, М. П. Цапенко. – НГТУ, 2001. – 176 с.
34. Шевченко В. В. Электроснабжение наземного городского электрического транспорта : учеб. пособие для студентов вузов / В. В. Шевченко, Н. В. Армазайцев, С. С. Бодрухина. – М. : Транспорт, 1987. – 272 с.
35. СОУ 60.2-33635880002:2006. Послуги міського електричного транспорту. Показники якості. – Чинний від 2006–04–19. – [Електронний ресурс]. (Стандарт міністерства будівництва, архітектури та житлово-комунального господарства України). – Режим доступу: http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=3508, вільний (дата звернення 20.03.20). – Назва з екрана.

Навчальне видання

КУЛЬБАШНА Надія Іванівна

**ОРГАНІЗАЦІЯ ЕКСПЛУАТАЦІЇ
МІСЬКОГО ЕЛЕКТРОТРАНСПОРТУ**

КОНСПЕКТ ЛЕКЦІЙ

*(для здобувачів усіх форм навчання
та слухачів другої вищої освіти спеціальності
141 – Електроенергетика, електротехніка, електромеханіка,
освітньої програми «Електромеханіка»)*

Відповідальний за випуск *Ю. П. Бархасєв*

За авторською редакцією

Комп'ютерне верстання *Н. І. Кульбашина*

План 2021, поз. 199Л

Підп. до друку 23.12.2021. Формат 60 × 84/16.
Електронне видання. Ум. друк. арк. 7,7.

Видавець і виготовлювач:
Харківський національний університет
міського господарства імені О. М. Бекетова,
вул. Маршала Бажанова, 17, Харків, 61002.
Електронна адреса: office@kname.edu.ua
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи:
ДК 5328 від 11.04.2017.