

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

Н. І. Кульбашна
А. М. Сосіпатов
А. Г. Тарновецька

ТЕКСТ ЛЕКЦІЙ

З ДИСЦИПЛІНИ

ОРГАНІЗАЦІЯ ЕКСПЛУАТАЦІЇ **МІСЬКОГО ЕЛЕКТРОТРАНСПОРТУ**

*(для студентів напрямку підготовки 6.050702 – «Електромеханіка»
і слухачів другої вищої освіти
спеціальності 7.05070203 – «Електричний транспорт»)*

Харків
ХНУМГ
2014

Кульбашна Н. І. Текст лекцій з дисципліни «Організація експлуатації міського електротранспорту» (для студентів напряму підготовки 6.050702 – «Електромеханіка» і слухачів другої вищої освіти спеціальності 7.05070203 – «Електричний транспорт») / Н. І. Кульбашна, А. М. Сосіпатов, А. Г. Тарновецька; Харк. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. – Х. : ХНУМГ, 2014. – 56 с.

Автори: Н. І. Кульбашна, А. М. Сосіпатов, А. Г. Тарновецька.

Рецензент: доц. кафедри Транспортних систем ХНАДУ Очеретенко
Сергій Валентинович

Рекомендовано кафедрою «Електричного транспорту»,
протокол № 3 від 05.11.2013

Зміст

Лекція № 1. Попит на пасажирські перевезення.....	4
1.1 Методи оцінювання попиту на пасажирські перевезення.....	4
1.2 Оцінювання попиту на пасажирські перевезення за кількісним вимірниками та звітними даними підприємства.....	4
1.3 Прогнозування попиту на пасажирські перевезення.....	5
1.4 Вивчення попиту на пасажирські перевезення на базі обстеження пасажиропотоків.....	7
Лекція № 2. Транспортна мережа.....	16
2.1 Схеми міських транспортних мереж.....	17
2.2 Основні показники транспортної мережі.....	18
2.3 Принципи попереднього проектування транспортних мереж.....	20
2.4 Характеристики контрольних ділянок.....	21
Лекція № 3. Маршрути та маршрутна система.....	23
3.1 Маршрути, їхня основна класифікація й обладнання.....	23
3.2 Експлуатаційні характеристики маршрутів.....	24
3.3 Вимоги, що висуваються до маршрутної системи.....	25
3.4 Основні принципи проектування маршрутних систем.....	26
3.5 Основні показники маршрутної системи.....	27
Лекція № 4. Нормування тривалості рейсу.....	29
4.1 Час оборотного рейсу та методи його визначення.....	30
4.2 Методика проведення хронометражних спостережень на маршруті.....	31
4.3 Нормування швидкості руху.....	32
4.4 Заходи, що спрямовані на підвищення швидкості руху та зменшення часу оборотного рейсу.....	33
Лекція № 5. Визначення потреби в рухомому складі та його розподіл.....	35
5.1 Наряд на випуск рухомих одиниць.....	35
5.2 Режими роботи поїзних бригад.....	36
5.3 Графоаналітичний метод формування змін.....	38
5.4 Закріплення маршрутів і вагонів за депо.....	39
Лекція № 6. Графік і розклад руху.....	41
6.1 Загальні відомості про розклад руху.....	42
6.2 Види розкладів руху.....	42
6.3 Данні необхідні для складання графіка руху.....	43
6.4 Формування розкладу руху в табличній формі	44
6.5 Корегування розкладу руху.....	46
Лекція № 7. Диспетчерське керування рухом.....	49
7.1 Загальні відомості про системи диспетчерського керування	49
7.2. Методика керування рухом диспетчерами кінцевих станцій і контрольних пунктів	51
7.3. Автоматизовані системи диспетчерського керування під час застосування контрольних пунктів	51
7.4. Автоматизовані системи диспетчерського керування під час застосування засобів супутникової навігації.....	52
7.5. Показники виконаного руху.....	53
Список джерел.....	55

Лекція № 1

Тема: Попит на пасажирські перевезення

Питання:

- 1.1 Методи оцінювання попиту на пасажирські перевезення.
- 1.2 Оцінювання попиту на пасажирські перевезення за кількісним вимірниками та звітними даними підприємства.
- 1.3 Прогнозування попиту на пасажирські перевезення.
- 1.4 Вивчення попиту на пасажирські перевезення на базі обстеження пасажиропотоків.

1.1 Методи оцінки попиту на пасажирські перевезення

Місією міського пасажирського транспорту є – повне задоволення потреб пасажирів у поїздках. Потреба пасажирів в перевезеннях послуговує для вирішення комплексу завдань організації перевезень. Для одержання інформації про потреби в перевезеннях пасажирів використовують три групи методів:

- 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 показників;
- 3) експериментальні – ті, що засновані на обстеженні, які проведені за певними методиками.

1.2 Оцінка попиту на пасажирські перевезення за кількісними вимірниками та звітним даним 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;

L_{cp} – середня дальність поїздки пасажирів.

При оцінці звітних даних підприємства обсяг пасажироперевезень A використовується для оцінки доходів, а обсяг транспортної роботи Q можна представити як витрати підприємства.

Величину показників A і Q можна спрогнозувати, використовуючи *математичні моделі*. В основному це виконується у випадку проектування нових транспортних мереж. Тоді показник A використовується для визначення того, який вид транспорту необхідно використовувати у місті, показник Q – скільки цього виду транспорту необхідно мати для освоєння перевезень.

Обсяг роботи транспорту визначається в основному чисельністю населення міста, хоча не можна не враховувати такі важливі фактори, як характер розселення, планувальна організація 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 (МПТ). При однаковому обсязі пасажироперевезень A і різній середній довжині поїздок обсяг транспортної роботи підприємства може бути істотно різним. Якщо в місті транспортні райони мають змішаний характер, то величина середньої дальності поїздок буде менше, ніж у містах, де промислові підприємства винесені за межі міста.

1.3 Прогнозування попиту на пасажирські перевезення

У даний час не існує загальноприйнятої методики прогнозування пасажироперевезень. Прогнозування показників може виконуватися на підставі математичних моделей пасажироперевезень, що поділяються на дві групи:

- 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 росту, оцінюваних коефіцієнтами росту.

Синтетичні методи не потребують аналізу існуючого стану пасажироперевезень, їх застосовують при проектуванні 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 прийняту транспортну мережу, що характеризується певною густиною, інтенсивністю руху, транспортною ситуацією, видами пропонованого 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 труднощів повідомлення;

α, β, ρ – коефіцієнти нерівномірності розподілу пасажиропотоків.

Один із методів визначення перспективного обсягу роботи транспорту називається методом транспортної рухомості населення міста, тобто визначає кількість поїздок, що приходяться в середньому на одного жителя в рік.

Оскільки при проектуванні транспорту потрібно виходити з перспективи розвитку міста на 20 – 25 років (зразковий розрахунковий термін проектів планування і забудови міста), оскільки й обсяг роботи транспорту має розраховуватися на такий термін.

Виявляється ця транспортна рухомість шляхом аналізу річних звітних даних усіх транспортних підприємств міста. Сумарна кількість перевезених усіма видами транспорту пасажирів, поділена на все населення міста дасть *транспортну рухомість*. Маючи такі дані за ряд років, можна установити визначену закономірність у збільшенні транспортної рухомості, що обумовлюється ростом міста, поліпшенням транспортного обслуговування населення, підвищенням добробуту працівників і т. п.

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

Користуючись цим методом, можна встановити й обсяг роботи пасажирського транспорту. Для цього треба виявити, використовуючи звітні дані і дані обстежень, середню дальність поїздки пасажирів на масовому

транспорті, а потім скоригувати, з огляду 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, км²;

F' – існуюча селітебна територія міста, км².

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

Достоїнство викладеного методу полягає в його простоті, але властиві йому істотні недоліки не дозволяють рекомендувати цей метод для широкого використання при проектуванні транспортних систем. Даний метод не використовується в тих випадках, коли відсутні звітні дані про роботу транспорту або коли ці дані не є характерними, при проектуванні нових міст, або при корінній реконструкції міста, що досить поширено в практиці містобудування.

Тому метод транспортної рухомості рекомендується лише як експрес-метод для одержання наближених даних, що характеризують перспективний обсяг транспортної роботи для попередніх розрахунків.

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

1.4 Вивчення попиту на пасажирські перевезення на основі обстеження пасажиропотоків

Попит на пасажирські перевезення формується на підставі закономірностей, встановлених при проведенні натурних обстежень.

Натурні обстеження пересувань населення вимагають великих трудових витрат, але дають найбільш достовірні відомості на момент їхнього обстеження. Вони застосовуються в основному для вирішення завдань поточного планування і регулювання пасажироперевезень у діючих транспортних мережах.

Маршрутна система вимагає безперервного вивчення і коригування відповідно до змін пасажиропотоків. *Пасажиропотоком (ПП)* називається кількість пасажирів, які проїхали по визначеній ділянці транспортної мережі в заданому напрямку за певний проміжок часу.

Потреба в поїздках закономірно змінюється за *періодами* та *напрямами* пересувань. Напрямок і величина пасажиропотоку залежать головним чином від системи вуличної мережі, прийнятої схеми маршрутів, швидкості й наповнення рухомого складу, а також від взаємного розташування початкових і кінцевих пунктів пересування пасажирів.

Величина пасажиропотоку змінюється за годинами доби, днями тижня, місяцями, сезонами року, окремими роками. Величина коливань пасажиропотоків в окремих містах різна і залежить від характеру міста (адміністративний, індустріальний, курортний, торгівельний). Усі коливання пасажиропотоку треба систематично вивчати й оперативно враховувати.

Колівання потужності пасажирського потоку за годинами доби пов'язана з необхідністю організації перевезень працівників до місця роботи і назад у визначений час. Колівання потужності пасажирського потоку за годинами доби визначаються чотирма характерними періодами: ранковий «пік», «міжпіковий» період, вечірній «пік» та «післяпіковий» період.

Нерівномірність розподілу пасажирських перевезень протягом доби на маршруті оцінюється *коефіцієнтом денної нерівномірності* $K_{\text{дн}}$, визначеним як відношення максимального числа 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.

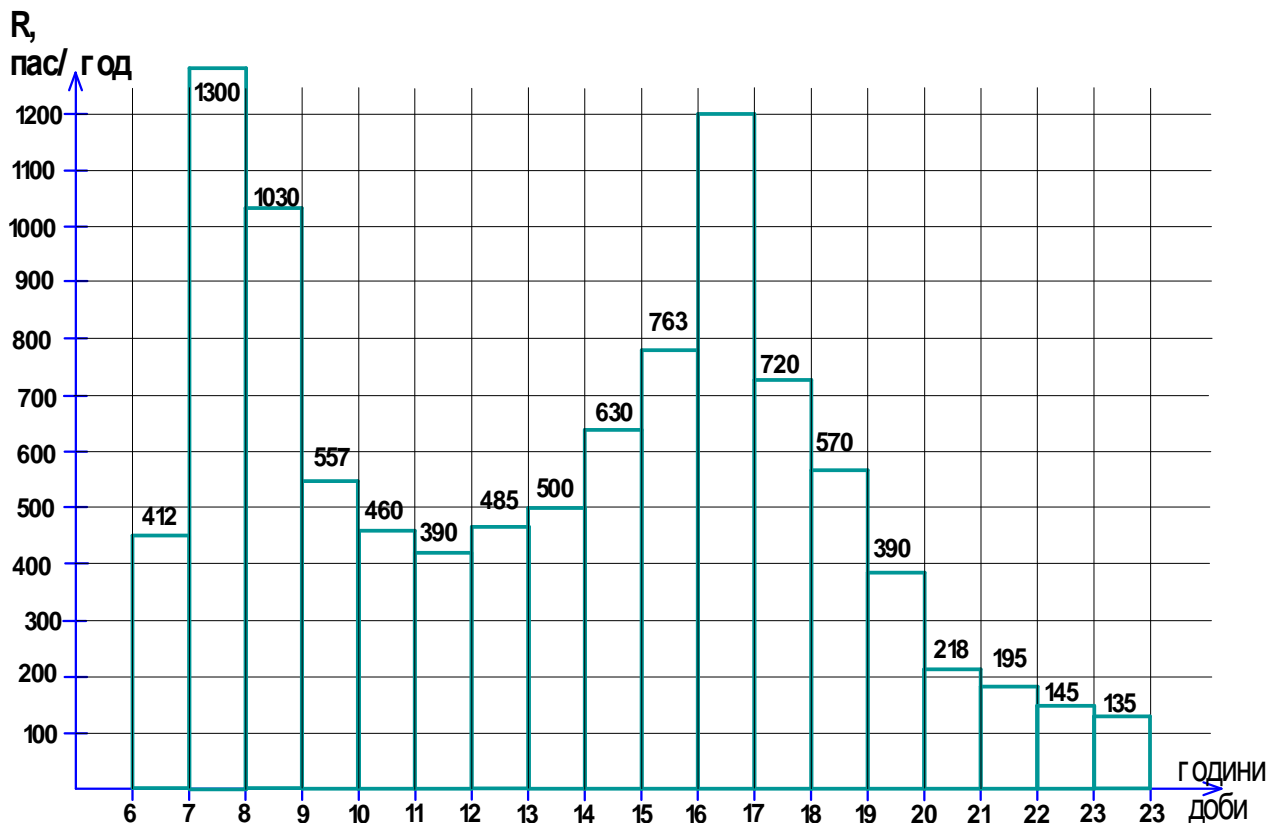


Рис. 1.1 – Діаграма розподілу пасажиропотоків за годинами доби

Крім зміни пасажиропотоку за годинами доби, він змінюється також за днями тижня. Розподіл пасажиропотоку у вихідні дні відрізняється від розподілу в робочі дні, тому що трудові поїздки замінюються культурно-побутовими.

Транспорт працює неоднаково в різні періоди року. Особливо різке коливання за сезонами року спостерігається головним чином у містах

курортного характеру, де в період курортного сезону обсяг перевезень зростає більше ніж удвічі. Перевезення в літні місяці можуть перевищувати середній обсяг пасажирських перевезень протягом року на 15 і більше відсотків.

Нерівномірність розподілу перевезення пасажирів за місяцями року вимірюється *коефіцієнтом сезонної нерівномірності* α , визначеним як відношення числа перевезених пасажирів за кожний з місяців до середньомісячного перевезення за рік, застосовується при складанні річної програми транспортної роботи окремих маршрутів і видів транспорту.

Крім тимчасових коливань пасажиропотоків існують ще *просторові коливання*. Просторові зміни ПП – це нерівномірність розподілу пасажирів по перегонах маршруту, напрямкам.

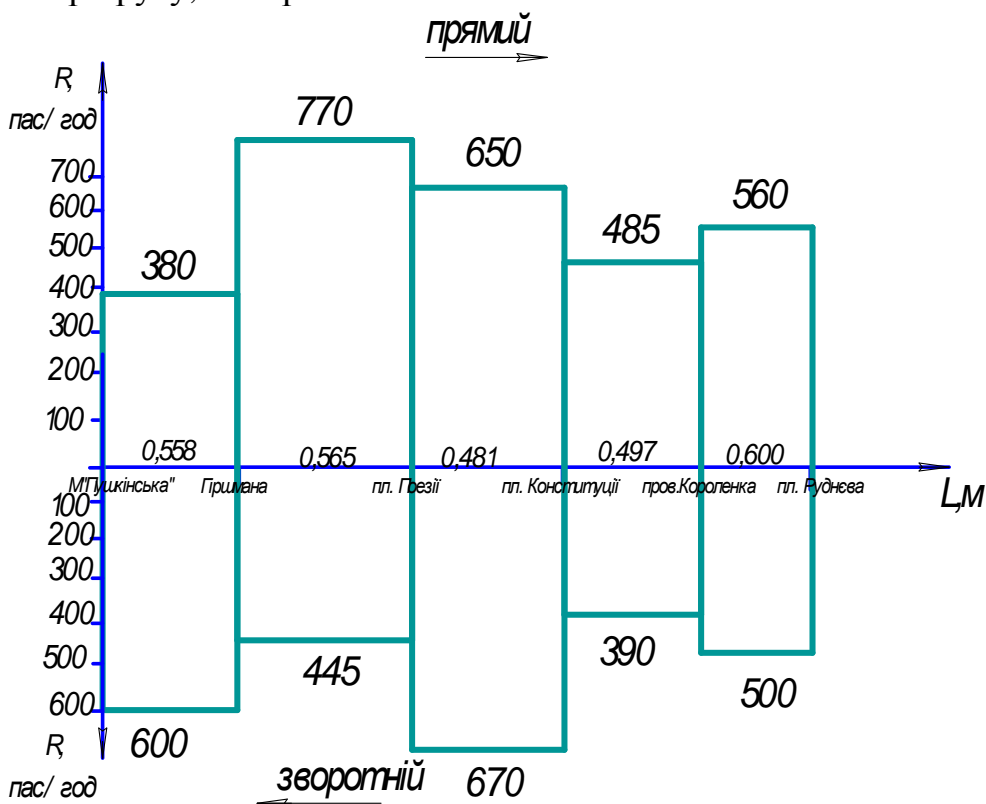


Рис. 1.2 – Діаграма розподілу пасажиропотоків за довжиною маршруту

Перша нерівномірність обумовлена тим, що на кожному зупиночному пункті входить і виходить неоднакова кількість пасажирів. Розподіл пасажирів по перегонах маршруту визначається за допомогою коефіцієнта нерівномірності наповнення рухомого складу за довжиною маршруту $K_{но}$, що є відношенням добутку максимального числа пасажирів, які проїхали перегonom розглянутого напрямку, і довжини маршруту до обсягу транспортної роботи:

$$K_{но} = \frac{R_{\max} l_m}{Q}.$$

Цей коефіцієнт використовують при розрахунку характеристик маршрутної системи, а також при наступній її оцінці на основі матеріалів періодично проведених обстежень пасажиропотоків.

Нерівномірність розподілу ПП за напрямками обумовлена тим, що існують періоди роботи транспорту, протягом яких здійснюються поїздки працюючих до місця роботи, а в зворотному напрямку ПП має меншу величину. Ця нерівномірність ПП оцінюється коефіцієнтом нерівномірності за напрямком, величина якого показує ефективність використання рухомого складу:

$$\beta = \frac{2R_{\max}}{R_{\max} + R_{\min}}.$$

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

Обстеження ПП виконують періодично (не менше одного разу на рік) або при зміні наповнення рухомих одиниць на маршруті і місць 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 спостереження за фактичними пасажирськими перевезеннями на діючих маршрутах: а) талонний метод; б) табличний метод; в) за проданими квитками; г) бальний спосіб; д) автоматизовані методи.

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.

Обстеження пасажиропотоків на трамвайно-тролейбусних підприємствах прийнято проводити за наступними методами.

Анкетний метод полягає в безпосередньому опитуванні населення про характер і напрямки регулярних поїздок. Дані заповнених населенням спеціальних анкет дозволяють судити про пересування населення між районами міста, пересадочність, витрати часу і т.д. Однак ці дані не відображають фактичних розмірів перевезень. Тому анкетний метод призначений для вирішення великих принципів питань, що стосуються реконструкції існуючих або проектування нових транспортних мереж. Цей метод дуже трудомісткий і складний в обробці. Для оперативних цілей транспортних підприємств цей метод не може бути рекомендований.

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

У результаті обстеження будують діаграму зміни пасажиропотоків за довжиною маршруту.

Однак талонний метод не дає відповіді на питання про пасажирів, що 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 звичайно застосовують для фіксування швидких змін на маршруті. Обліковців розміщують у середині салону рухомого складу біля кожної двері, які фіксують на зупиночному пункті кількість пасажирів, які ввійшли і вийшли через двері. Результати заносять у таблицю:

Номер маршруту _____

Випуск _____

Початок обстеження _____ Кінець обстеження _____

Найменування ЗП	Перші двері вийшло	Перші двері зайшло	Пасажирообмін
		12	12
	–4	+12	20
	– 20	+4	4

Таблиці збирають. Визначають кількість перевезених пасажирів у кожну годину і сумують їхню кількість. На підставі отриманих результатів будують діаграму розподілу ПП за довжиною маршруту і за годинами доби.

Метод визначення пасажиропотоків за *проданими квитками* дозволяє одержати тільки часткове значення числа перевезених пасажирів по маршруту. Користуючись цим методом, можна простежити тільки зміну числа пасажирів, які одержували в кондуктора квитки, за годинами доби, днями тижня і т. д., що тільки в якійсь мірі дозволяє судити про характер коливань пасажиропотоків. Пасажири, які мають службові посвідчення і місячні проїзні квитки, при цьому методі обстеження не будуть враховані.

Обстеження пасажиропотоків *бальним методом* виконують шляхом приблизного підрахунку і запису кількості пасажирів, що знаходяться в рухомому складі на окремих, найбільш завантажених ділянках транспортної мережі. Запис виконують спостерігачі, що знаходяться 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 східці).

У журнал спостережень заносять назву місця обстеження, напрямок руху, дату і складають таблицю вимірів.

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

У результаті обстеження будують діаграму коливання пасажиропотоків за годинами доби в двох напрямках.

Даний метод обстеження є важливим оперативним методом, найбільш простим, доступним і відносно дешевим. Однак при цьому методі обстеження не представляється можливості одержати повні дані про напрямок пасажиропотоків і середню довжину поїздки пасажирів.

Перевага *автоматизованих* методів обстеження полягає в здатності швидко одержати дані про потужності пасажиропотоків і чітко реагувати на їхню зміну. Обстеження автоматизованим способом проводять шляхом зчитування інформації про номер рухомої одиниці та її наповнення за допомогою різноманітних датчиків.

Приведення у відповідність розмірів руху й вимогою на перевезення, припускає наявність повної статистики про пасажиропотоки за годинами доби, за днями тижня й періодам року. Таку інформацію бажано накопичувати й обробляти безупинно. У цей час із використанням технічних засобів фіксації й обробки інформації стає можливим безперервне отримання інформації про пасажиропотоки, дозволяє прогнозувати пасажиропотоки з точністю до хвилин і коректувати розміри руху поїздів у відповідності з попитом на перевезення.

Автоматизований метод забезпечує зниження трудомісткості й вартості обстеження пасажиропотоків та підвищення оперативності одержання інформації. При цьому використовують реєстратори пасажиропотоку. Реєстратор складається з датчиків, що фіксують вхід і вихід пасажирів, блоку реєстрації даних і блоку живлення, що підключає до бортової електромережі рухомого складу. Застосовують датчики контактного типу (натискні педальні, змонтовані на щаблях) і безконтактного (інфрачервоні або ультразвукові). Краще використання ультразвукових датчиків з розміщенням випромінювача посередині верхньої частини дверного прорізу, а приймачів – з боків двоколійних дверей на рівні пояса пасажирів. Блок реєстрації фіксує інформацію на машинному носії (магнітний носій, мікросхема й ін.), що забезпечує наступне введення інформації в комп'ютер без трудомісткого перенесення даних на машинний носій. 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 дозволяє одержати важливу інформацію про міжзупиночні кореспонденції, що використовують для рішення ряду практичних завдань (наприклад для вибору експресних і скорочених маршрутів).

Ваговий метод підрахунку наповнення салону пасажирями заснований на використанні датчиків, змонтованих у підвіску (для одержання сигналу звичайно використовують тиск у пневморесорах), що виробляють сигнал, пропорційний масі пасажирів, які перебувають у салоні. Середня маса одного пасажиря приймається 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 $\pm 5\%$.

Розглянуті способи дозволяють автоматизувати збір вихідних даних, фіксувати їх або на проміжний носій, або безпосередньо на машинний носій (наприклад, на диск), що приводить до істотного здешевлення прискореного збору й обробки інформації про пасажиропотоки.

При необхідності інформація про пасажиромісткості транспортного засобу може бути передана в реальному масштабі часу безпосередньо в диспетчерський пункт для обробки на ЕОМ і використання в системі оперативного керування.

За кордоном використовують три основних способи автоматизації обліку пасажиропотоків.

1. Інформація про місткість поїздів передається в центральний контрольний пункт (ЦКП) водієм у формі кодованих повідомлень. Водій посилає в ЦКП інформацію про наповнення вагона за допомогою набору інформації на панелі керування. Ця інформація може бути в формі простого дробу ($1/4$, $1/2$, $3/4$ від місткості ТІ), у формі цілих чисел або в більш точній формі. Варто врахувати, що водієві досить важко одержати візуально точну інформацію про місткість рухомого складу.

Крім того, водій звичайно перевантажений своїми прямими обов'язками по водінню РО й покладання на нього обов'язків по визначенню місткості РО й передачі інформації може завдати шкоди його головній роботі й скоріше погіршує, чим поліпшує організацію перевезень.

2. Автоматичний збір і передача інформації за допомогою квиткодрукуючих машин. Цей спосіб має переваги в порівнянні з ручною системою й може бути рекомендований, якщо система продажу квитків достатньо проста.

Однак складність квиткової системи (різна вартість і різні види квитків) робить процедуру визначення й передачі інформації про

пасажиropотоки досить трудомісткою. Крім того апаратура, що реєструє й передає, займає багато місця в салоні. Використання магнітно-кодових квитків, цілком ймовірно, дозволить більш широко використати цей спосіб.

3. Облік пасажиропотоків за допомогою фотоелектричних лічильників і передача результатів у ЦКП. Цей спосіб є найбільш раціональним, тому що він дозволяє 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 ПП не перевищують 8%.

У Нью-Йорку для автоматизації обліку пасажиропотоків на кожному вході в автобус установлені по два фотоелектричних лічильника. Ця інформація фіксується на знімних дисках, періодично обробляється по стандартній програмі й використовується для автоматизації складання розкладів руху й рішення інших завдань. У Чикаго розроблена технологія визначення пасажиропотоків у реальному масштабі часу за допомогою фотоелектричних лічильників з обробкою інформації на ЕОМ. У Стокгольмі інформацію про пасажиропотоки фіксують за допомогою фотоелементів, записується на перфострічку з наступною обробкою на ЕОМ.

У Цюріху в першій черзі системи інформація про наповнення вагонів передається в ЦКП водієм кодованим повідомленням за допомогою установки на приладовій панелі ключа в одне із чотирьох положень (0, 1/3, 2/3, 3/3 номінальної місткості). У другій черзі системи передбачається автоматизувати збір і обробку інформації про пасажиропотоки з використанням або фотоелектричними лічильниками, або вагових датчиків. У Брістолі інформація про пасажиропотоки передається в ЦКП тільки при повному заповненні вагонів.

Однак ці системи не дають змоги одержати важливу інформацію про кількість пасажирів, що залишилися очікувати на зупинці й не ввійшли в поїзди через переповнення рухомого складу. Система дає тільки непряме подання про це (кількість наступних один за іншим заповнених поїздів), але не з повним ступенем визначеності. У системі Siemens інформація про наявність або відсутність пасажирів на зупинках передається в ЦКП водієм за допомогою кодованих повідомлень натисканням кнопки на панелі керування.

У Варшаві, Лейчестере, Ліверпулі, Франкфурте-на-Майне, Штутгарті й інших містах для контролю за кількістю пасажирів на зупинках міського транспорту використовують промислове телебачення. Камери забезпечують, як правило, об'єктивами для загального огляду й телеоб'єктивами для детального розгляду окремих ділянок.

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 і т.д.)

З короткого опису різних методів спостереження, можна зробити висновок, що жоден з них не є всеосяжним, що дає всі дані, необхідні для організації руху міського транспорту, але кожний з них може бути застосований залежно від цілей і завдань, що поставлені перед обстеженням.

Впровадження необхідного обладнання для автоматизованого вимірювання пасажиропотоків потребує значних капітальних витрат, тому використання цього методу обстеження пасажиропотоків непоширене в Україні.

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

Вихідними даними для побудови картограми пасажиропотоків служить діаграма розподілу пасажиропотоків за довжиною маршруту, що отримують на основі натурних спостережень та теоретичні розрахунки 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 як мусять прямувати маршрути.

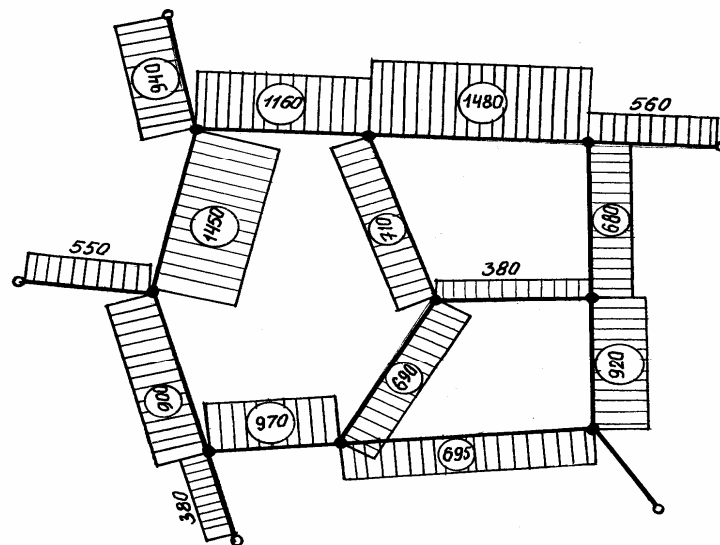


Рис. 1.3 – Картограма пасажиропотоків

Питання 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? Назвіть різницю між поняттями «пасажиропотік перегону», «пасажиропотік ділянки транспортної мережі».

5. Обґрунтуйте, чому необхідно періодично проводити обстеження пасажиропотоків.
6. Визначте, що являється вимірювачем будь-якого нерівномірного процесу та чим його визначають?
7. Обґрунтуйте, який серед методів обстеження пасажиропотоків оперативний та найменш трудомісткий.
8. Проаналізуйте показник «середня дальність поїздки пасажира».
9. Проаналізуйте показники «обсяг перевезення пасажирів» і «обсяг транспортної роботи». Визначте призначення цих показників.
10. В чому полягає методика проведення бального методу реєстрації наповнень поїздів? Визначить мету та назвіть його переваги й недоліки.
11. Перелічіть показники пасажирських перевезень, які можна отримати за тим чи іншим методами обстеження пасажиропотоків.
12. Назвіть й наведіть приклади видів графічного відображення пасажиропотоку. Що є поняттям «обсяг транспортної роботи на маршруті», як його визначити?
13. Визначте особливості будування та застосування картограм пасажиропотоків.
14. Проаналізуйте закономірність зміни пасажиропотоку у середині часу, за годинам доби та визначте показники, якими її оцінюють і їх практичне застосування.
15. Яку нерівномірність пасажиропотоку у часі та просторі Ви знаєте?
16. Порівняйте автоматизовані методи визначення пасажиропотоків.
17. Охарактеризуйте методи вивчення попиту на пасажирські перевезення за допомогою анкетування.

ЛЕКЦІЯ № 2

Тема: Транспортна мережа

Питання:

- 2.1 Схеми міських транспортних мереж.
- 2.2 Основні показники транспортної мережі.
- 2.3 Принципи попереднього проектування транспортних мереж.
- 2.4 Характеристики контрольних ділянок.

2.1 Схеми міських транспортних мереж

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

Від геометричної побудови системи магістралей залежить накреслення транспортної мережі. Аналіз планувальної структури міст дозволяє виділити

кілька принципових схем, що характеризують конфігурацію планів міст навіть у тому випадку, якщо схеми виражені в чистому вигляді.

Радіальна схема (Ярославль, П'ятигорськ, Дрезден) характерна для старих міст, які розвинулися у центрах перетинання, і забезпечує зручний зв'язок периферії з центром при утрудненому сполученні між периферійними районами міста, 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 (Москва, Казань, Ліон) функціонально являє собою подальший розвиток радіальної схеми. Тут однаково зручні зв'язки як периферійних районів з центром, так і окраїн міста між собою. Таким чином, усунутий недолік попередньої схеми. Але радіальні магістралі завантажені значно більше кільцевих і це знов-таки зводить до перевантаження центру. Подальше поліпшення схеми можливе за рахунок створення внутрішнього центрального кільця, на якому «заглушуються» радіальні магістралі, що не доходять до центрального міського вузла.

Прямокутна схема (Свердловськ, Одеса, Ростов, Нью-Йорк, Чикаго) властива порівняно молодим 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. Таким чином, зберігаючи всі переваги прямокутної схеми, прямокутно-діагональна схема вільна від головного її недоліку.

Вільна схема (Багдад, Бейрут, Дамаск) характерна для східних і старих європейських міст, які зберегли середньовічне планування. Вузькі, вигнуті в плані вулиці ніякою мірою не відповідають вимогам сучасного транспорту; схема в цілому не може застосовуватися для сучасних міст. Така схема доцільна для селищ і курортних населених пунктів, де завдяки вільному плануванню забудова здобуває мальовничість, гармоніює з рельєфом і може бути економічною.

Безпосередній вплив на накреслення транспортної мережі роблять розміщення в місті основних пасажироутворюючих пунктів і їхня потужність.

2.2 Основні показники транспортної мережі

Відповідність тієї або іншої конфігурації транспортної мережі пропонованим вимогам може бути виявлено різними показниками.

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 розуміється відношення суми фактичної відстані (за кривою лінією) до відстані за прямою, що з'єднує пункти відправлення і прибуття:

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

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

$\sum l_{ei}$ – відстань по повітрю між пунктами прибуття і відправлення, км.

Оскільки витрати на експлуатацію міського транспорту приблизно пропорційні загальному пробігу видів транспорту, то коефіцієнт непрямолінійності певною мірою оцінює витрати коштів на рух по визначеній транспортній мережі.

При однаковій загальній площі міста різним схемам транспортної мережі відповідають наступні коефіцієнти непрямолінійності:

- схема прямокутна з квадратною сіткою 1,41;
- схема прямокутна з прямокутною сіткою 1,27;
- схема радіальна (при 12 радіусах) 3,86;
- схема трикутна 1,1.

Раціонально запроектована радіально-кільцева схема є найбільш вигідною для пасажирів забезпечує (найменший час на поїздку) і для підприємства (виконується значний обсяг перевезень при найменшому пробігу рухомого складу).

2. *Щільність транспортної мережі δ* , що є відношенням довжини вулиць, що обслуговуються транспортом, до площі міста, визначають як:

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

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

F – площа міста, км².

3. *Середня витрата часу на одну поїздку T* .

При проектуванні довжини транспортної мережі в тому або іншому місті, а отже і величини її щільності слід виходити з часу T , який в середньому має

витратити пасажир на одну поїздку, включаючи час на підхід до зупиночного пункту і очікування рухомої одиниці, тобто

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

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 РО;

$t_{\text{тр}}$ – середній час, що витрачається пасажиром на одну поїздку на транспорті.

4. *Мережний коефіцієнт* – проміжок часу між наступними один за одним рухомими одиницями різних маршрутів, що рухаються через певну ділянку транспортної мережі:

$$i_{\text{мер}} = \frac{120 \cdot L_c}{N_{\text{рух}} \cdot V_{\text{ек}}}.$$

5. *Радіус пішохідної доступності* – це відстань, що оцінює імовірні витрати часу населення в пішохідних пересуваннях до зупиночного пункту. У сучасних містах радіус пішохідної доступності приймають рівним 0,7–1 км. Це відповідає витраті часу 10–15 хв., при цьому передбачається, що пересування на великі відстані здійснюють за допомогою транспорту.

6. *Провізна спроможність* транспортної мережі або того чи іншого виду транспорту – це максимальне число пасажирів, що може бути перевезено через переріз транспортної мережі протягом однієї години в одному напрямку. При цьому передбачається, що кількість рухомого складу в депо і на лінії цілком достатнє.

7. *Пропускна спроможність* – це максимальне число рухомих одиниць, що може бути пропущене через певну точку транспортної мережі в одиницю часу при дотриманні правил дорожнього руху.

Провізна спроможність міського транспорту залежить від пропускної спроможності, місткості й числа вагонів. У загальному вигляді провізна спроможність визначається за формулою:

$$P = B_{\text{м}} \cdot N_{\text{н}},$$

де N – пропускна спроможність, РО/год;

$B_{\text{м}}$ – припустиме наповнення РО пасажирами.

Практично пропускну спроможність транспортних ліній обмежують «лімітуючі точки» – ділянки, на яких потрібне зниження швидкостей і збільшення інтервалів між рухомими одиницями за умовами безпеки руху (криві малих радіусів, ділянки із затяжними ухилами, з поганою видимістю шляху, зупиночні пункти, кінцеві станції маршрутів, перехрестя, залізничні

переїзди і т. д.). Для оцінки ступеня їхнього впливу на пропускну спроможність останню порівнюють із пропускну спроможністю смуги руху при неперервному русі транспорту

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

де l_p – довжина шляху, що пройдено за час реакції водія;

l_m – довжина гальмівного шляху;

l_n – довжина рухомого складу;

l_o – довжина безпеки між рухомими одиницями.

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 з виразу:

$$N_{зп} = \frac{3600}{t_{підх} + t_{п/о} + t_{з/в} + t_3},$$

де $t_{підх}$ – час підходу рухомої одиниці до зупиночного пункту при гальмуванні, с;

$t_{п/о}$ – час на посадку й висадку пасажирів, с;

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

t_3 – часу вирушення і звільнення РО зупиночного пункту, с.

Поряд із зупиночними пунктами «критичними» точками транспортної мережі можуть бути перетинання транспортних ліній в одному рівні – перехрестя.

На пропускну спроможність регульованих перехресть впливає тривалість циклу світлофорного регулювання $T_{\text{ц}}$ і частка в ній тривалості дозволеного сигналу t_3 .

2.3 Принципи проектування транспортних систем

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.).

У кожній зоні міста можна виділити умовний центр масового скупчення пасажирів, з якого здійснюють поїздки в центри інших зон. Ці центри називають об'єктами тяжіння пасажирів.

Взаємне розміщення центрів масового тяжіння населення визначає кількість транспортних кореспонденцій і їхню довжину, витрати часу населення в пересуваннях, обсяг роботи МПТ.

Проектування транспортних систем складаються з наступних принципів:

- 1) спочатку з'єднують основні пасажироутворюючі пункти. Транспортними лініями повинна бути охоплена вся територія міста;
- 2) лінії транспортної системи по можливості 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 роботи.

2.4 Характеристики контрольних ділянок

Точка перетинання транспортних ліній називається транспортним вузлом.

Контрольна ділянка – це ділянка між двома сусідніми транспортними вузлами, протягом якої умови руху не змінюються.

До умов руху належать характеристики контрольних ділянок: швидкість, час проходження ділянки і його довжина; пасажиропотік, частота руху, мережний інтервал, кількість маршрутів, що експлуатуються.

Кожна ділянка характеризується значенням середньої швидкості руху, яку визначають як швидкість сполучення. Значення швидкості впливає на час руху по контрольній ділянці. Довжина маршрутів, що проходять певними ділянками, дорівнює сумі довжин цих ділянок.

Протягом ділянки транспортної мережі, якщо до її складу входить більше одного перегону, пасажиропотік змінюється. Але з погляду того, що контрольна ділянка характеризується постійним пасажиропотоком, визначають максимальний значенню ПП (див. картограму). У такий спосіб кількість маршрутів і рухомих одиниць, а також частота руху на контрольній ділянці не мусить змінюватися.

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

Треба розрізняти частоту руху маршруту і середню частоту руху мережі того чи іншого виду транспорту. Частота мережі по контрольній ділянці визначається за величиною пасажиропотоку на картограмі. Це значення ділять на максимальну місткість рухомого складу, який передбачається використовувати для перевезення пасажирів за даним напрямком. Частота руху на контрольній ділянці визначається як

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

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

B_m – максимальна місткість рухомого складу, пас.

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

$$F_q = f_1 + f_2 + \dots + f_n.$$

Величина, що зворотна частоті, називається інтервалом руху:

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

Інтервал руху по контрольній ділянці є мережним інтервалом. Мережним інтервалом називають інтервал часу між однією і другою рухомими одиницями різних маршрутів, які слідкують в одному напрямку.

Питання для самоконтролю

1. Дайте визначення транспортної мережі, її пропускної й провізної спроможності.
2. Що є вузлом, ділянкою транспортної мережі? Наведіть приклади.
3. Які види транспортних мереж існують? Знайдіть недоліки і переваги.
4. Перелічіть основні 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. Обґрунтуйте, чи є різниця між частотою руху на лінії та пропускною спроможністю лінії.
8. З чого починають проектування транспортної мережі?
9. Визначить, чим визначається 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 постійні показники контрольної ділянки.
13. Проаналізуйте заходи щодо зменшення черги рухомого складу перед зупиночним пунктом та часу пасажирообміну на ньому.
14. Проаналізуйте заходи щодо підвищення пропускної спроможності транспортної мережі.

ЛЕКЦІЯ № 3

Тема: Маршрути і маршрутна система

Питання:

- 3.1 Маршрути, їхня основна класифікація і обладнання.
- 3.2 Експлуатаційні характеристики маршрутів.
- 3.3 Вимоги, що висуваються до маршрутної системи.
- 3.4 Основні принципи проектування маршрутних систем.
- 3.5 Основні показники маршрутної системи.

3.1 Маршрути, їх основна класифікація і обладнання

Маршрутом називається заздалегідь установлений шлях проходження рухомих складом між певними пунктами, обладнаними відповідним чином.

Розрізняють маршрути:

- 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 проїздах – 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 обслуговують 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 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.

Лінійне облаштування маршрутів виконується наступним чином. Зупиночними пунктами маршрут розділений на перегони. По кінцях маршрутів створюють оборотні кільця призначені для обороту РО (перекладу їх на зворотний напрямок руху) у кінцевих точках маятникових маршрутів (на кільцевих маршрутах немає зворотних кіл). Для контролю і регулювання руху на кінцях маршрутів влаштовують розпорядницькі й технічні станції, а в проміжних контрольних точках – проміжні станції.

Кожен маршрут має свій технічний документ – *маршрутний паспорт*, в якому відображають наступне:

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

- характеристики вуличного руху за напрямками маршруту – перехрестя з регульованим і нерегульованим рухом, сигнальні знаки, що обмежують швидкість, відомості про пасажироперевозки, пасажирооборот зупиночних пунктів, середня дальність поїздки пасажирів на маршруті;

- час початку і закінчення руху на маршруті, характеристику, склад і кількість РС, інтервали проходження за годинами доби, місця розташування проміжних, кінцевих станцій і контрольних пунктів, довжину нульових рейсів;

- технологічні карти раціональних режимів водіння поїздів за напрямками маршруту – рекомендовані прийоми водіння вагона по перегонах і допущені швидкості. Місця включення і вимикання двигунів.

Маршрутний паспорт, будучи документацією для нормування швидкостей руху, послуговує начальникам маршрутів для вирішення питань про розподілення водіїв на той або інший маршрут залежності від їхньої кваліфікації та умов руху рухомого складу на маршруті.

3.2 Експлуатаційні характеристики маршрутів

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

Під *довжиною маршруту* розуміють довжину шляху проходження маршруту від однієї кінцевої станції до іншої кінцевої станції і назад.

$$L_m = V_{\text{ср}} \cdot T_{\text{об}}.$$

Орієнтовно середня довжина маршруту повинна бути розрахована на проходження його протягом години в одну сторону – для великих міст і в обидва боки – для малих і середніх міст. Отже, при існуючих швидкостях руху довжина маршруту звичайно складає 14–16 км у великих містах і 7–8 км у малих і середніх містах.

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 витрати часу на оборот рухомого складу транспорту на кінцевих пунктах.

Переваги короткого маршруту: а) полегшує досягнення більш рівномірного завантаження по всій довжині маршруту; б) забезпечує більш високу регулярність руху.

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

Частота руху на маршруті може бути визначена за формулою

$$f_m = \frac{N_{об}}{T_{об}},$$

де $N_{об}$ – число вагонів на маршруті в русі;

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

Відомо, що час обороту збільшується зі збільшенням довжини маршруту і зменшується зі збільшенням експлуатаційної швидкості руху:

$$T_{об} = \frac{L_m}{V_{э}},$$

де L_m – довжина маршруту, км;

$V_{э}$ – експлуатаційна швидкість, км/год.

Звідси частоту руху f_m можна виразити як:

$$f_m = \frac{N_{об} \cdot V_{э}}{L_m}.$$

Досить часто розміри руху визначають за інтервалом між рухомими одиницями в хвилинах

$$i_i = \frac{60}{f_m} = \frac{60 \cdot L_m}{N_{об} \cdot V_{э}}.$$

Цю формулу зазвичай використовують при всіх основних експлуатаційних розрахунках.

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

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

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

За заданого обсягу пасажирських перевезень частота руху на маршруті впливає на вибір типу рухомого складу за місткістю. Для скорочення експлуатаційних витрат підприємству вигідніше мати РО трамвая і тролейбуса більшої місткості. При цьому воно прагне сполучити необхідність зниження інтервалу проходження з підвищенням ефективності використання транспортних засобів. Інтервал між вагонами мусить знаходитися в межах, що

забезпечують як пропускну спроможність траси, так і зручність користування транспортом, і складає в середньому від 2 до 8 хв.

При інтервалах, менших 2 хв, унаслідок нерівномірності завантаження мережі утворюються окремі перевантажені ділянки, що викликають зниження експлуатаційної швидкості. При інтервалі більше 15 хв пасажери змушені втрачати додатковий час на очікування транспорту.

3.3 Вимоги, що висуваються до маршрутної системи

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

Складання маршрутної системи засновано на основних принципах, тобто маршрутна система мусить:

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

2) забезпечувати мінімуму витрат часу пасажиром при користуванні маршрутним транспортом;

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

4) бути гнучкою, тобто не вимагати великих капітальних і експлуатаційних витрат, зв'язаних з її корегуванням і оптимізацією;

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

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

7) забезпечувати сполучення між усіма пунктами транспортної мережі по найкоротших напрямках. У цьому випадку буде затрачатися найменший час на поїздку;

8) відповідати розмірам і конфігурації території міста.

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

3.4 Основні принципи проектування маршрутних систем

Основні принципи проектування маршрутної системи наступні:

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

б) маршрутну систему в цілому проектують з урахуванням забезпечення найменшої пересадочності сполучень по місту;

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

г) число маршрутів проектують виходячи з потреби пасажирів у безпересадочних сполученнях, з урахуванням кількості рухомого складу транспорту. Встановлення числа маршрутів має велике значення при проектуванні маршрутної системи. При цьому треба виходити з того, що розгалуженість маршрутної системи для пасажирів є бажаною з погляду скорочення кількості пересадок. Однак збільшення числа маршрутів веде до збільшення числа використовуваного рухомого складу, що є економічно не вигідним;

д) при проектуванні маршрутів прагнуть до можливо більш рівномірної завантаженості їх за всією довжиною маршруту;

е) середній маршрутний інтервал не має перевищувати в «піковий» час 6 хв;

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

з) сумарна частота руху маршрутів по 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 при проектуванні 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.

Намічена на першому етапі проектування транспортна мережа, має попередній характер. Після розрахунку пасажиронавантажень на мережі вона уточнюється в напрямку її оптимізації.

3.5 Основні показники маршрутної системи

Частота руху на ділянці маршрутної системи визначається як сума частот руху маршрутів одного виду транспорту:

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

Раціональною вважається маршрутна система, в якій необхідна частота через пасажиропотік відповідає дійсній частоті через маршрутну систему.

Середня довжина маршруту \overline{l}_M . Її підраховують за довжиною маршрутних мереж різних видів транспорту

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

де $\sum^S l_M$ – 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, режим 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 і 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 непрямолінійності маршруту оцінюється, як і при проектуванні транспортної мережі, коефіцієнтом непрямолінійності, тобто відношенням довжини маршруту до відстані між кінцевими його точками по повітряній лінії:

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

Слід прагнути до того, щоб цей коефіцієнт був не більше 1,25. Дана вимога не поширюється на кільцеві маршрути, коефіцієнт непрямолінійності яких перевищує 3, тому що кільцевий маршрут за характером «працює» не на всьому протязі, а окремими ділянками.

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, указує скільки маршрутів в середньому проходить кожною ділянкою мережі, а також розвиток маршрутної системи – число кілометрів маршрутів, що припадають в середньому на один кілометр довжини транспортної мережі.

При проектуванні 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 безпересаджованості $3 \geq 0,6$;

- 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.

Питання для самоконтролю

1. Визначте, що є елементами маршрутів і як вони відтворюються в маршрутних паспортах.
2. Дайте визначення маршруту і які види маршрутів існують?
3. Охарактеризуйте експлуатаційні характеристики маршрутів.
4. Дайте визначення маршрутному й мережному інтервалам руху та визначити чи є між ними різниця.
5. Які бувають маршрути за характером обігу? Наведіть приклади.
6. Порівняйте кільцевий і маятниковий маршрут, короткий і довгий. Покажіть їхні переваги і недоліки.
7. Проаналізуйте, від яких характеристик маршруту залежить значення маршрутного інтервалу. Що таке регулярність руху?
8. Обґрунтуйте, чому задача маршрутизації транспортних мереж є багато критеріальним завданням?
9. Охарактеризуйте відмінність транспортної мережі від маршрутної системи.
10. Надайте характеристику основним показникам маршрутної системи.
11. Представте послідовність проектування маршрутної системи. Який критерій оптимізації необхідно виконувати?
12. Визначить підстави для організації спеціальних маршрутів.

ЛЕКЦІЯ № 4

Тема: Нормування тривалості рейсу

Питання:

- 4.1 Час оборотного рейсу та методи його визначення.
- 4.2 Методика проведення хронометражних спостережень на маршруті.
- 4.3 Нормування швидкості руху.
- 4.4 Заходи, що спрямовані на підвищення швидкості руху та зменшення часу оборотного рейсу.

4.1 Час оборотного рейсу та методи його визначення

Визначення часу, необхідного на пробіг вагонів по маршруту є однією з найважливіших завдань служби руху. Час рейсу становить основну вихідну частину загальних даних, необхідних для розробки і складання маршрутних розкладів.

Правильно встановлена тривалість пробігу рухомих одиниць по маршруту не тільки визначає можливу швидкість, але і забезпечує регулярність сполучення і безпеку вуличного руху.

Визначають час пробігу по маршруту двома методами:

- А) методом тягових розрахунків (теоретичне визначення часу рейсу);
- Б) методом хронометражних спостережень (спеціальні обстеження дійсних умов руху).

Методом тягових розрахунків визначають перший елемент часу – час, необхідний на рух по перегонах.

Методом хронометражних спостережень уточнюються дані тягових розрахунків за часом руху вагона, з погляду фактичних умов руху (див. лекцію 2); крім того, встановлюють оптимальний час стоянки на зупиночних пунктах, залежно від пасажирообороту, і час затримок та простою вагонів із причин вуличного руху.

Остаточний час пробігу встановлюють після узгодження даних, отриманих цими методами. Час пробігу складається з таких складових:

$$T_{об} = t_{рух} + t_{зн} + t_{нз} + t_{кз}$$

де $t_{рух}$ – часу руху, що визначає середньоходові швидкості на перегонах маршруту і включає затримки на перехрестях і світлофорних об'єктах;

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

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

$t_{кз}$ – часу стоянки на кінцевих станціях.

Час простою рухомого складу на кінцевих пунктах складає не менше 2 хв і визначається, виходячи з місцевих умов, відповідно до діючих положень про режим роботи поїзних бригад. При цьому враховуються довжина маршруту, його напрямки і час доби.

Тягові розрахунки і хронометражні спостереження виконуються при наявності попередньо підготовлених у службі руху технічних маршрутних паспортів, що досить повно і всебічно характеризують умови руху рухомих одиниць на кожному маршруті.

4.2 Методика проведення хронометражних спостережень на маршруті

Хронометражні спостереження проводить технік відділу організації руху, який перед початком спостережень ретельно вивчає паспорт маршруту. Приступаючи до спостережень, технік заповнює верхню частину карти, в якій відбиваються наступні дані: дата і час спостережень, прізвища водія і кондуктора, стаж їхньої роботи, склад поїзду, інтервал проходження і стан погоди.

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 вагона з кінцевого пункту.

Хронометражна карта має такий вигляд:

Номер маршруту _____

Дата _____

Назва зупиночного пункту	Час прибуття, год хв с	Час відправлення, год хв с	Час затримки на перегоні, год хв с	Примітка
Постишева – ТЮГ	14.34.10	14.55.06	–	–
ТЮГ – вул. Ковтуна	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

Під час спостережень технік фіксує:

- а) час відправлення вагона з кінцевої станції;
- б) час прибуття на кожний зупиночний пункт і час відправлення;
- в) час проходження РС границі міжвузлової ділянки;
- г) час початку і закінчення всіх затримок на шляху проходження – перед зупинками, з причин вуличного руху та інших причин (причину затримки пояснює в стовпці «Примітка»);
- д) час стоянки вагонів на кінцевих станціях.

Поряд з цим технік фіксує обстановку та умови руху РС на перегонах, стежить за методами водіння поїзда і погодженістю в роботі водія і кондуктора.

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

Досвід показав, що для одержання досить повних даних слід проводити спостереження протягом 6–9 рейсів у кожному періоді дня. Число періодів дня, їхню тривалість встановлюють залежно від місцевих умов, характеру і

розподілу пасажиропотоків і величин вуличного руху, що змінюються. Доцільна тривалість періоду 2–4 години.

На підставі проведених вимірів будують графіки залежності часу від довжини маршруту. Графік наочно демонструє місця в яких більш всього відбувається затримок, на яких перегонах значно менші ходові швидкості. Аналіз хронометражу дає змогу виявити резерви часу по маршруту шляхом проведення заходів з підвищення швидкостей руху.

4.3 Нормування швидкості руху

При встановленні часу оборотного рейсу приймають до уваги швидкості руху РС, які характеризуються наступним чином:

- *конструктивна* – швидкість, що залежить від міцності конструкцій рухомого складу, визначається конструктивними характеристиками, динамічними характеристиками пускового режиму, гальмовим уповільненням у період гальмування. Значення швидкості є характеристикою якості рухомого складу;

- *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 перетинаннями більше 500 м, склад потоку – однорідний);

- *середня ходова швидкість* – це швидкість руху РС по перегону, яка визначається як відношення довжини перегону до часу, що витрачає на рух. Значення цієї швидкості є характеристикою якості організації руху на тому чи іншому перегоні, тобто характеризує дорожні умови на перегоні. Дорожні умови визначають наявністю перехресть, видимості шляху в плані і профілі, стрілок, зношеності шляхових пристроїв, інтенсивності стороннього дорожнього руху, впливу пішоходів і т. п.;

- *швидкість сполучення* – швидкість руху пасажирів визначеним маршрутом. Вона визначається, як відношення шляху, що проїхав пасажир, до часу, витраченого на рух по перегонах маршруту і стоянки на зупиночних пунктах. На величину швидкості сполучення впливає в першу чергу тривалість часу стоянки РС 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 РС і нерівномірністю входу і виходу пасажирів через різні двері;

- *експлуатаційна швидкість* – це швидкість руху по маршруту (іншими словами швидкість обертання РС на маршруті). Визначається ця швидкість як відношення шляху, пройденого РС по маршруту в прямому й зворотному напрямку, до часу, що затрачується на рух по перегонах, стоянки на зупиночних пунктах і на кінцевих станціях.

Експлуатаційна швидкість характеризує якість роботи транспортного підприємства, тому що значення цієї швидкості перш за все впливає на кількість рухомого складу на маршруті. Зростання експлуатаційної швидкості скорочує потребу в рухомому складі, тобто при цьому вивільняється рухомий склад, що зменшує обсяг обслуговування і ремонтних робіт у депо, зменшується 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.

Фактори, що впливають на швидкість руху трамвая і тролейбуса.

1. Конструктивні, динамічні якості і технічний стан РС.
2. Стан контактної мережі, дорожнього і шляхового господарства.
3. Планування вуличної мережі та її благоустрій.
4. Особливості траси (напрямок маршруту, граничні ухили, радіуси кривих, кількість перетинань та ін.).
5. Інтенсивність міського руху і система регулювання вуличного руху.
6. Місце розташування зупиночних пунктів і відстань між ними.
7. Величина пасажиропотоку та наповнення РС. Час простою вагонів на зупиночних пунктах.
8. Частота і регулярність руху вагонів, пропускна спроможність транспортної мережі.
9. Погодні умови.
10. Вуличне освітлення на маршруті і т. д.

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

1. Конструктивні. Ці заходи спрямовані на змінення конструкції РС і шляхового господарства або доріг. Що стосується конструкції РС, то це може бути зміна конструкції салону, кількості дверей, створення більш широких накопичувальних площадок, зміна рівня підлоги, зменшення кількості ступенів, створення посадочних платформ і т. д.

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 і т. д.

3. Планувальні. Це містоутворюючі заходи, що потребують великих капіталовкладень: розширення проїзної частини, організації кільцевих перетинань і перетинань у різних рівнях, побудові швидко-перехідних смуг, розширення проїзних частин т. д.

Питання 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 РС, що впливають на час руху перегонами.
4. Обґрунтуйте, яка швидкість характеризує рух за маршрутом та обертання РС на ньому?
5. Обґрунтуйте, чому експлуатаційна швидкість є важливим показником роботи МЕТ.
6. Проаналізуйте та назвіть фактори, що впливають на швидкість сполучення за маршрутом, 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 – основний 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 «діаграма хронометражу», що вона показує, як її будувати?
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

Тема: Визначення потреби в рухомому складі та його розподіл

Питання:

- 5.1 Наряд на випуск рухомих одиниць.
- 5.2 Режими роботи поїзних бригад.
- 5.3 Графоаналітичний метод формування змін.
- 5.4 Закріплення маршрутів і вагонів за депо.

5.1 Наряд на випуск рухомих одиниць

Основний розклад руху вагонів по кожному маршруту, будучи законом роботи підприємств міського транспорту, складають на підставі наряду, що являє собою первинний, розрахунковий план перевезень. Наряд визначає кількість РС, призначуваних на лінію, і їхній розподіл за маршрутами, депо, періодах дня, а також основні показники роботи трамвайного і тролейбусного підприємства: тривалість роботи рухомого складу, експлуатаційну швидкість та ін.

Нарядом визначається кількість бригад, необхідних щодня для обслуговування РС, і кількість виконаних вагоно (машино) – кілометрів. Таким чином, наряд РС є одним з основних документів, що регулює роботу підприємства. Провідним документом для підприємства є основний маршрутний розклад руху.

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.

У правильно складеному наряді кількість РС, що знаходяться на лінії, має змінюватися, як правило, не менше чотирьох разів упродовж дня.

Вихідними даними для розрахунку кількості РС і наряду на випуск є діаграма максимального пасажиропотоку. Її отримують на підставі вимірів пасажиропотоків на маршруті. З цією метою на маршруті вибираються два–три перегони, на яких спостерігається найбільший пасажиропотік, і в цих перетинах проводять обстеження пасажиропотоків візуальним методом протягом доби. На підставі вимірів будують діаграми розподілу пасажиропотоків за годинами доби в прямому і зворотному напрямках у цих же перетинах. З побудованих діаграм будують «сполучену» діаграму, яку отримують шляхом вибору з кожної години спостережень максимального значення пасажиропотоку. Називають таку діаграму – діаграмою максимального пасажиропотоку.

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

$$N_{\text{ог}} = \frac{R_{\max} \cdot T_{\text{об}}}{V_{\text{м}} \cdot 60}.$$

Наповнення рухомого складу вибирають для пікових і непікових періодів. Для визначення цих періодів на діаграму розподілу пасажиропотоків наносять горизонтальну лінію, що відповідає середньому значенню пасажиропотоку, що визначають як

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

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

Значення пасажиропотоків, що лежать вище даної 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 РС:

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

Наряд на випуск рухомих одиниць на маршрут враховує загальну тривалість нульових пробігів. Нульовий пробіг – це час руху рухомої одиниці від депо до кінцевої станції. Цей час враховують в загальній тривалості часу роботи 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.

5.2 Режим роботи поїзних бригад

Робота поїзних бригад – водіїв і кондукторів трамвая і тролейбуса – на РО потягів по маршрутах і періодах дня. Рухомий склад, як правило, закріплюється за поїзними бригадами. Це сприяє збільшенню міжремонтних пробігів і дозволяє організувати господарський розрахунок у підрозділах депо і службі руху.

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

1. Однозмінні випуски. Випуски даного виду змін 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 за іншими маршрутами.

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 перезміну водіїв рухомого складу, як правило, 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 необхідний час 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 відстоюється на кінцевій станції або заїжджає в депо. Тривалість першої або другої частин змін від 3 до 5 год., що в сукупності має складати загальну тривалість роботи випуску 8 год. Наряд не передбачає обідню перерву для даної зміни.

Для визначення режимів роботи поїзних бригад за діаграмою розподілу вагоно(машино)-годин обчислюють кількість і типи змін. Число 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 РС на маршрут упродовж доби. Число випусків встановлюється як максимальне значення РС у годину «пік»:

$$n_{вип} = N_j^{\max}.$$

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

$$n_{дв} = N_{зм} - n_{вип}.$$

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

У такий спосіб кількість оглядових випусків визначають за формулою:

$$n_{огл} = \frac{N_{огл}}{K_p}.$$

Кількість однозмінних випусків знаходять як різницю ранкової і вечірньої години пік $N^{рп}$, $N^{вп}$:

$$n_{од} = |N^{рп} - N^{вп}|.$$

Число РС, що працюють в однозмінному режимі з розривом в середині зміни, обчислюють за формулою:

$$n_p = n_{вип} - n_{огл} - n_{од} - n_{огл}.$$

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

5.3 Графоаналітичний метод формування змін

Формування змін здійснюють графоаналітичним методом, що базується на такому принципі: не змінюючи сумарного числа вагоно(машино)-годин (кліток) у межах однієї години (стовпця), пересувають вагоно(машино)-години, домагаючись по кожному випуску (ряду) оптимальної тривалості зміни.

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

- 1) трудовим законодавством установлена 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 більш 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. Кількість вагоно(машино)-годин, що рекомендується, у зоні розривних змін визначають як добуток кількості розривних змін на тривалість зміни (8 год);

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

6) 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 РО, 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 одно типові випуски, 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 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 вагонів за депо

Після виявлення необхідної кількості рухомого складу для кожного окремого маршруту і всіх маршрутів у цілому необхідно вирішити питання про порядок обслуговування маршрутів у депо. Рухомий склад треба розподілити по депо.

Для чого керуються наступними положеннями.

1. Пробіги від депо до кінцевої станції маршруту, нульові рейси, мусять бути по 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 розподілити між депо рівномірно.

3. Небажано обслуговувати маршрут більше ніж двома депо щоб уникнути ускладнення розкладу і роботи РС на лінії.

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

5. Для забезпечення регулярного руху і можливо кращого використання динамічних показників рухомого складу необхідно, щоб на маршруті знаходилися, як правило, однотипні РС.

6. Якщо практикується «перекидання» РС з маршруту на маршрут (наприклад ранковий максимум на одному маршруті, а вечірній – на іншому), то потрібно стежити за тим, щоб по кожному депо кількість додаткових вагонів на ранок дорівнювало кількості додаткових вагонів на вечір.

Питання 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, нульовими пробігами при виході з депо та при заході в депо?
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 і яка її тривалість?
8. Обґрунтуйте, на яких випусках маршруту можна виконувати ТО–1 протягом доби?
9. Визначте, що таке ТО–1? В який проміжок часу доби його проводять, його тривалість для трамвайних вагонів?
10. Визначте, що таке ТО–1? В який проміжок часу доби його проводять, його тривалість за тролейбусними машинами?
11. Дайте оцінку тривалості робочої зміни водіїв розривного, оглядового, двозмінного, однозмінного випусків.
12. Що таке планове наповнення РО? Як його вибирати при визначенні необхідної кількості РС на маршруті в кожну годину доби?
13. Як визначити «пікові» та «непікові» години роботи РО 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, що він враховує.
16. Проаналізуйте графоаналітичний метод розрахунку наряду на випуск рухомих одиниць на маршрутах.
17. Якій меті головного принципу та обмежень дотримуються при формуванні змін графоаналітичним методом?
18. Обґрунтуйте свої міркування щодо закріплення маршрутів й рухомого складу за депо і перевізниками.

Лекція № 6

Тема: Графік і розклад руху

Питання:

- 6.1 Загальні відомості про розклад руху.
- 6.2 Види розкладів руху.
- 6.3 Данні необхідні для складання графіка руху.
- 6.4 Формування розкладу руху за допомогою табличної форми.
- 6.5 Корегування розкладу руху

6.1 Загальні відомості про розклад руху

Рух трамваїв і тролейбусів має відбуватися за заздалегідь заданим конкретним планом. Таким планом є розклади руху на кожен маршрут, що складаються на підставі наряду, норм часу на пробіг рухомого складу і режиму роботи поїзних бригад.

Складання розкладу руху для окремих видів транспорту здійснюють відповідно до Комплексної схеми транспорту і розподілу роботи транспортних засобів.

Складання розкладу руху належить до одного з відповідальних завдань служби руху, тому що цей документ є передумовою належної якості процесу пасажироперевезень. Розкладом руху називають документ, що нормує рух транспортних засобів у просторі (на лінії) та в часі. Розклад руху є підсумковим документом усього комплексу робіт планування руху. Він спрямовує і організовує роботу всіх служб транспортного 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 начальником Служби.

Потребу у транспортних послугах визначається замовником на основі постійного вивчення попиту на пасажироперевезення із застосуванням погоджених з перевізником методик.

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 транспортного засобу;

- узгодженість роботи маршрутів з іншими видами транспорту;
- дотримання встановленої трудовим законодавством тривалості роботи водіїв;
- безперебійне функціонування системи технічного обслуговування рухомого складу.

У маршрутних розкладах, що являють собою основний документ організації руху, вказують докладні відомості, що уточнюють режим руху всіх рухомих одиниць 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 при введенні їх у практику роботи враховуються фактичний стан погоди, дорожні й місцеві кліматичні умови.

6.2 Види розкладів руху

Найчастіше маршрутні розклади вводяться на літній і осінньо-зимовий періоди часу. За кожним періодом складають, як правило, три комплекти розкладів руху на маршрут: А) на робочі дні тижня, Б) на суботні дні, В) на неділю. Крім того, в святкові дні, а також у дні спортивних змагань міського масштабу підготовляються особливі маршрутні розклади руху транспорту. При змінених умовах руху РО по маршруту, введенні нових норм часу на пробіг РС у маршрутні розклади періодично вносять відповідні корективи.

Основним розкладом руху рухомих одиниць на міському транспорті є маршрутний розклад. Маршрутні розклади розробляють в службі руху і затверджуються керівництвом підприємства.

У маршрутному розкладі має бути зазначено: 1) час виходу вагона з депо; 2) час прибуття і відправлення вагона з кінцевого і проміжного пункту на кожному рейсі; 3) час і місце зміни бригад; 4) час повернення вагону в депо; 5) тривалість роботи кожного вагона і кількість рейсів; 6) тривалість роботи бригад.

На підставі маршрутних розкладів складають поїзні розклади на кожний вагон (ними керуються водії), для чергових кінцевих станцій маршрутів, для чергових проміжних станцій (по них контролюють рух вагонів через контрольні точки), для диспетчерів депо (випуск вагонів на лінію), маршрутні розклади для пасажирів (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 складання. Тому більше застосовують графічну форму

розкладів руху – графіки руху. Графік руху вагонів – це графічне зображення траєкторії руху вагона в просторі й в часі. По осі ординат відкладають довжину маршруту з указівкою кінцевих станцій і головних проміжних точок, включаючи точки введення вагонів на маршрут. По осі абсцис відкладають час у хвилинали.

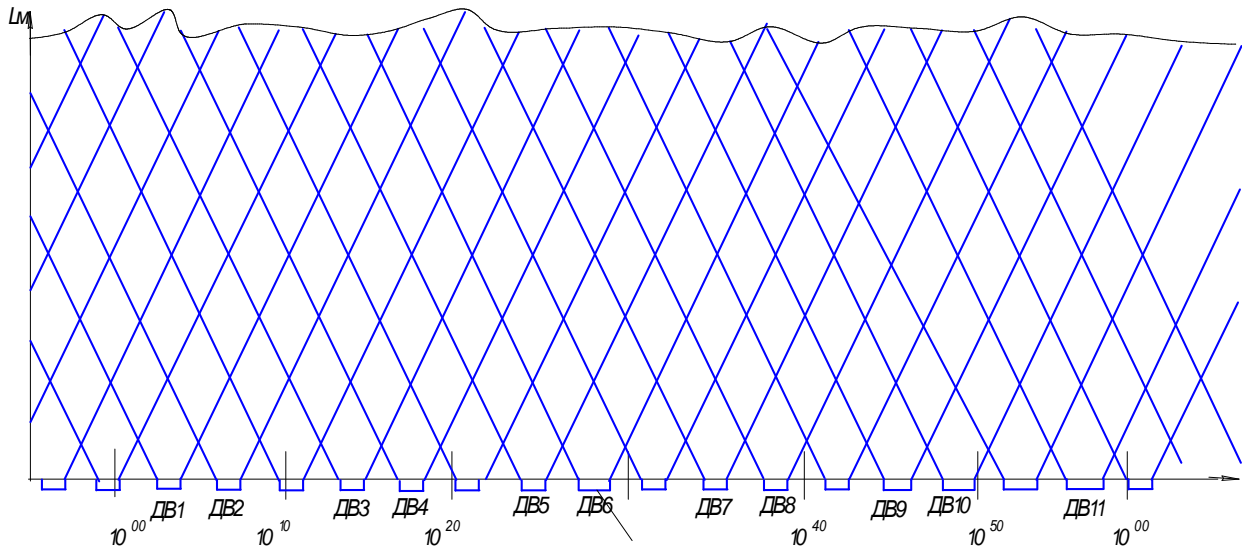


Рис. 6.1 – Графічне зображення графіку руху

Крім того, маршрутний розклад дозволяє:

- скласти графік роботи водіїв на певний період часу (тиждень, місяць);
- спланувати зміни для 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 РО в кожну годину роботи маршруту і планову регулярність руху;
- оцінити економічну ефективність роботи РО на маршруті відповідно до розробленого розкладу руху.

6.3 Данні необхідні для складання графіка руху

Пристаупаючи до складання маршрутного розкладу, необхідно мати:

- 1) наряд РС;
- 2) тривалість рейсів для кожного маршруту і періоду дня з розчленуванням їх по контрольних пунктах;
- 3) час, що витрачається на нульові рейси;
- 4) початок руху з кожного кінцевого пункту;

- 5) час денного і вечірнього відправлення поїздів у депо з указівкою тривалості перебування;
- 6) всі особливості руху, наприклад, напрямок не за своїм маршрутом для посилення руху в робочих районах і т.п.

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 по тій самій ділянці, час руху в кожний період часу був однаковим.

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

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

Місткість рухомих одиниць залежить від моделі рухомого складу, що використовується. 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 при:

- шестиденному робочому тижні – 6,83 год;
- п'ятиденному робочому тижні і двох вихідних днях – 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 РО на кінцеві станції з урахуванням часу оборотного рейсу, встановленого на маршруті, з урахуванням 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.) будується стовпець регулярних відправлень випусків у рейс. Кількість цих випусків визначає число РО ранкового випуску. Розміщення виходів за інтервалами показаний на рис. 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 «пик» по стовпцях пунктів А і Б. Для цього вибирається 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 випуска	А		Б		А		Б		А		Б		А		Б		А		Б	
	прибут.	відправ.	прибут.	відправ.	прибут.	відправ.	прибут.	відправ.	прибут.	відправ.	прибут.	відправ.	прибут.	відправ.	прибут.	відправ.	прибут.	відправ.	прибут.	відправ.
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				

Рис. 6 2 – Приклад розроблення фрагменту маршрутного розкладу руху

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

Далі, зліва направо від стовпця «пик» аналогічним чином проставляють часи прибуття й відправлення інших випусків. Причому *основним завданням на цьому етапі* є вирівнювання інтервалів по стовпцях. Для цього треба розрахувати інтервал руху для кожної години роботи, з урахуванням кількості РО (випусків) і тривалості оборотного рейсу в «пікові» та «непікові» періоди.

При недотриманні інтервалів корегують час відправлення кожного з випусків (у межах допустимої тривалості стоянки на кінцевих станціях маршруту). Тут слід 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 даної операції звертаються найбільше часто.

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

При виконанні наступних дій рекомендуються 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 по випусках полягає у виключенні частини рейсів (значень матриці). Тривалість й період відстою або перерви передбачається графоаналітичним розрахунком і визначається за діаграмою чергування змін.

Завдання формування розкладу на даному 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 по рядках матриці й зміна 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 по часових інтервалах: від часу виходу з депо до початку перерви, від часу закінчення перерви до часу зміни водіїв і т. п.

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

Оцінка розробленого варіанту маршрутного розкладу здійснюється 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 Корегування розкладу руху

Підставами для корегування розкладу руху є такі випадки:

- 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'єкту тяжіння пасажирів);
- подовження або вкорочення траси маршруту;
- змін в організації дорожнього руху;
- будівництва нових вулиць і доріг.

У випадку реорганізації маршрутної системи при коригуванні розкладу руху потрібно повністю повторити розрахунки та затвердити новий розклад руху. 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 жителів міста про зміни в розкладі руху.

Необхідність в оперативному керуванні рухом виникає:

- при відновленні порушеного руху на маршруті після затримок руху або дорожньо-транспортних пригод;
- при вибутті РО з маршруту;
- при неповному виході на маршрут запланованих РО.

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, в основному, шляхами загального користування, тобто створюють рух разом з іншими транспортними засобами, які являються 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 рухомих одиниць 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 РО;
- відправлення РО зі збільшеним рівномірним інтервалом;
- відправлення РО у укорочений рейс;
- відправлення на подовжений рейс;
- використання РО іншого маршруту;
- розсунення часу відправлення РО;
- виконанні регулювальних заходів за рахунок скорочення тривалості стоянки, відстою, перерви в роботі.

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

Питання для самоконтролю

1. Чим відрізняється наряд на випуск рухомих одиниць від розкладу чи графіку руху?
2. Якою службою розробляються і затверджуються розклади руху?
3. Назвіть вихідні дані для побудови графіка руху.
4. Дайте оцінку тривалості щоденного відпочинку водіїв оглядових, двозмінних, однозмінних, розривних випусків;
5. Обґрунтувати, чому тривалість робочої зміни для всіх водіїв не можна встановити однаковою?
6. Обґрунтуйте, чому тривалість першої чи другої частини зміни розривного випуску не має перевищувати 3– 5 годин?
7. Визначте види розкладу руху за призначенням.
8. Визначте, для яких часових проміжків складають розклад руху?
9. Обґрунтуйте, у чому різниця між маршрутним та поїзним розкладами руху?
10. Визначте, які експлуатаційні показники маршруту наведені в маршрутному розкладі?
11. Перелічить етапи технології складання маршрутного розкладу.
12. Визначте призначення чергування змін, як воно виконується?;
13. Чи враховується при складанні розкладу руху непередбачувані зупинки?

Лекція №7

Тема: Диспетчерське керування рухом

Питання:

- 7.1 Загальні відомості про системи диспетчерського керування.
- 7.2 Методика керування рухом диспетчерами кінцевих станцій і контрольних пунктів.
- 7.3 Автоматизовані системи диспетчерського керування під час застосування контрольних пунктів.
- 7.4 Автоматизовані системи диспетчерського керування під час застосування засобів супутникової навігації.
- 7.5 Показники виконаного руху.

7.1 Загальні відомості про системи диспетчерського керування

Навіть при існуючих дорогах автоматизація дозволяє підвищити їхню пропускну здатність, безпеку й значно поліпшити обслуговування при менших витратах за рахунок створення повністю автоматизованої системи керування рухом на всьому маршруті.

За останні роки в ряді великих міст миру уведені в експлуатацію системи централізованого оперативного контролю й керування рухом міського суспільного транспорту, що використовують ЕОМ і інші технічні засоби для забезпечення прямих переговорів і обміну інформацією центрального диспетчера з водіями поїздів, автоматичного визначення дислокації поїздів на маршрутах, обліку пасажиропотоків у поїздах і на зупиночних пунктах, автоматизації обробки й видачі оперативної інформації про рух поїздів на маршрутах. Такі системи містять у собі центр керування перевезеннями, обладнаний ЕОМ, що по прямому радіоканалу пов'язаний з рухомими одиницями й періодично опитує їх, приймаючи інформацію про місце знаходження РО, номері маршруту, номері РО, номері водія й ступеня заповнення салону. Передача інформації виробляється автоматично без участі водія, по цьому ж каналу передаються команди оперативного керування, виведені на табло водія в кабіні РО, і здійснюється оперативний двосторонній зв'язок диспетчерського персоналу з водіями. Вся інформація про рух транспорту й пасажиропотоки накопичується, створюючи банк даних. Диспетчерський персонал забезпечується інформацією про рух за допомогою дисплеїв, мнемосхем, табло, пов'язаних з ЕОМ, також систем диспетчерського радіотелефонного зв'язку й телевізійного контролю. В окремих системах на зупиночних пунктах установлюється інформаційні табло для пасажирів, на які автоматично, за командами ЕОМ виводиться інформація про рух на лінії. Така

інформація передається з диспетчерського центра через гучномовці, що встановлені на зупинках.

Досвід експлуатації таких систем показав, що вони дозволяють істотно підвищити ефективність контролю за роботою рухомого складу, поліпшити регулярність руху поїздів і підвищити якість обслуговування пасажирів. Одночасно цей досвід дозволив виявити також деякі недоліки й обмеження подібних систем.

Впроваджуючи системи автоматизації диспетчерського керування міським пасажирським транспортом, транспортні підприємства ставлять своєю основною метою забезпечення регулярного й надійного руху міського транспорту при мінімальному парку рухливого состава й чисельності персоналу керування.

Більш конкретно ці мети (у порядку збільшення важливості) можуть бути сформульовані в такий спосіб: поліпшення якості обслуговування пасажирів і більше точне дотримання регулярності руху; скорочення експлуатаційних витрат; поліпшення умов роботи персоналу керування (диспетчерів, водіїв, інспекторів і ін.); підвищення привабливості суспільного транспорту, розширення числа пропонованих пасажирам послуг.

Відзначається, що реалізація цих цілей в умовах автоматизації керування дозволить у майбутньому більш гнучко забезпечувати попит на перевезення пасажирів і значно обмежити зростаюче використання особистого транспорту в більших містах.

У різних системах прийняті різні принципи їхньої побудови й перелік виконуваних функцій. Найбільш типовими характерними є наступні функції:

1) забезпечення двостороннього зв'язку між диспетчерським пунктом і водіями машин, що перебувають на лінії; передача кодованих повідомлень між диспетчером і водієм з виводом цих повідомлень у словесній формі на спеціальній панелі, і кабіні водія, і на інформаційному табло в приміщеннях диспетчерської. Забезпечення прямого однобічного радіозв'язку для безпосереднього обігу диспетчера до пасажирів через гучномовні установки, розташовані в салонах вагонів, а також всіх зупинних пунктах; передача й вивід оперативної інформації для пасажирів на спеціальних показниках, установлених на зупинках у найбільш великих транспортних вузлах;

2) автоматичне визначення дислокації всіх поїздів, керованих системою, у реальному масштабі часу; автоматичне порівняння за допомогою ЕОМ заданого за розкладом і фактичного режимів руху поїздів, реєстрація всіх виявлених при цьому відхилень і доведення інформації про істотні відхилення до диспетчерського персоналу й водіїв; автоматизація складання розкладу;

3) можливість керування окремими лінійними пристроями міського транспорту (керування трамвайними й тролейбусними стрілочними переводами, перемикання світлофорів для пріоритету в пропуску суспільного транспорту по магістралях і ін.); нагромадження й обробка статистичної інформації про роботу міського суспільного транспорту;

4) автоматизація визначення й обробки інформації про пасажиропотоки.

7.2 Методика керування рухом диспетчерами кінцевих станцій і контрольних пунктів

При такому керуванні рухом контроль здійснюється шляхом внесення відміток часу прибуття РО на зупинки, чи проїзду ними контрольних пунктів.

Керування рухом здійснюють диспетчери кінцевих станцій та контрольних пунктів. Контрольні пункти створюються, як правило, в місцях зі складними умовами проїзду, де потрібно додатково контролювати стан РО, або пропустити транспорт, що рухається в зустрічному напрямку.

Диспетчер робить відмітку в шляховому листку та робить запис у станційній відомості про час прибуття та час відправлення РО. В разі потреби виконання регулювальних дій диспетчер дає розпорядження водію і записує його в шляховому листі водія та в станційній відомості. Кожен день роботи ведеться окрема станційна відомість. До неї вносять записи диспетчери всіх змін, які працювали в цей день на станції. По завершенню робочого дня станційні відомості передаються в службу руху, чи 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. Розрахунки показників виконують, як правило за допомогою програмного забезпечення комп'ютерів служби руху. 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 РО 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. чоловік.

7.3 Автоматизовані системи диспетчерського керування під час застосування контрольних пунктів

У таких системах знаходження РО визначається на певних зупинках (контрольних пунктах маршруту). Для фіксації моменту прибуття РО використовують датчики різного типу (індуктивні контури, фотозчитувачі, радіомаяки тощо). Одержані дані датчиків за допомогою ліній зв'язку (телефонних ліній, радіо зв'язку, стільникового зв'язку) передаються на диспетчерський пункт.

Аналогічно попередній системі, дані датчиків поступають на диспетчерський пункт і зберігаються 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.

Додатково до приведених вище показників якості руху розглянуті АСДК можуть видавати інформацію про місцезнаходження РО в кожен момент часу. Цю інформацію відображають на фоні електронної карти дисплея комп'ютера або на окремому табло.

7.4 Автоматизовані системи диспетчерського керування під час застосуванні засобів супутникової навігації

На теперішній час рекомендується застосовувати найбільш прогресивні АСДК, у яких датчиком місцезнаходження РО є приймачі сигналів навігаційних супутників – трекери GPS/ГЛОНАСС, а каналами зв'язку служать системи стільникового зв'язку в стандарті GSM/GPRS.

Здійснення контролю створюється за таким порядком. В РО встановлюють трекери GPS, а диспетчерський пункт обладнують серверами GPS, з відповідним програмним забезпеченням, для обробки сигналів навігації РО. Трекер, розміщений в РО, через задані проміжки часу визначає параметри руху (місцезнаходження, швидкість, напрямок руху) РО. Параметри руху каналом GPRS трекер передає на сервер диспетчерського пункту. Сервер диспетчерського пункту приймає інформацію з усіх РО 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, рекомендується створювати єдині диспетчерські центри моніторингу і керування рухом.

Переваги АСДК на основі трекерів GPS очевидні. Їх використання суттєво підвищує обсяг інформації одержаної під час моніторингу руху, підвищує рівень керованості рухом транспортних засобів і дозволяє підвищити якість транспортного обслуговування населення та підвищити економічні показники використання транспортних засобів. Операційні витрати системи диспетчерського керування на основі GPS суттєво нижчі ніж в інших системах керування. Як правило, впровадження системи моніторингу окупається в період одного двох років експлуатації.

7.5 Показники виконаного руху

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

Кількість рейсів виконаний за розкладом – рейс вважається виконаним за розкладом, якщо на всі контрольні точки рейсу та кінцеві зупинках РО прибула без відхилення від розкладу або з відхиленням в межах допустимих значень.

Кількість рейсів виконаний за пробігом – всі виконані рейси.

Випуск рухомого складу в неповному обсязі – різниця кількості запланованих для випуску з депо (парку) і фактично випущених перевізником РО 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 РО, 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 РО на кінцеву зупинку чи контрольний пункт з порушенням допустимої величини часу відхилення.

За одержаними результатами розраховуються показники, які служать оцінкою якості роботи підприємства із здійснення перевезення пасажирів.

Планова кількість рейсів – кількість рейсів, встановлених розкладом руху.

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

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

де K_{pf} – кількість фактично виконаних рейсів;

K_{pz} – планова кількість рейсів.

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 РО* в кілометрах, безпосередньо виміряний засобами супутникової навігації;

- *транспортну роботу* в машино(вагоно)-годинах;
- *час затримок РО в пробках* при виконанні рейсу;
- *максимальну швидкість* РО на маршруті;
- *ділянки маршруту де РО рухалась з перевищенням дозволеної швидкості.*

В разі додаткового обладнання РО датчиками 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* – палива для автомобільного транспорту, кіловат-годин електроенергії для електротранспорту;
- *виручка* – в гривнях.

Питання для самоконтролю

1. З якою метою виконують контроль руху маршрутних транспортних засобів?
2. В яких контрольних точках виконують перевірку 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?
6. Що називають регулярністю руху?
7. Назвіть межі допустимого значення відставання та випередження графіку руху.
8. Назвіть причини порушення руху.
9. Які розпорядження має дати центральний диспетчер при порушеному русі?
10. Перелічить методи встановлення порушеного руху.
11. Чи завжди можливий наздогін часу протягом шляху?
12. Поясніть, який метод установа порушеного руху більш ефективний: організація обхідного руху чи відстій на лінії.
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 ДЖЕРЕЛ

1. Ефремов И. С. Теория городских пассажирских перевозок / И. С. Ефремов, В. И. Кобозев, В. А. Юдин. – М. : Высшая школа, 1980. – 526 с.
2. Варелопуло Г. А. Организация движения и перевозок на городском пассажирском транспорте / Г. А. Варелопуло. – М. : Транспорт, 1990. – 208 с.
3. Кульбашна Н. І. Організація руху міського електротранспорту: конспект лекцій / Н. І. Кульбашна, А. Г. Тарновецька. – Х. : ХНАМГ, 2004. – 80 с.
4. Спирин В. В. Пассажирские перевозки городским транспортом / В. В. Спирин – М. : Высшая школа, 2004. – 420 с.
5. Давідіч Ю. О. Розробка розкладу руху транспортних засобів при організації пасажирських перевезень: навч. посіб. / Ю. О. Давідіч; Харк. нац. акад. міськ. госп-ва. – Х. : ХНАМГ, 2010. – 345 с.
6. Самойлов Д. С. Городской транспорт / Д. С. Самойлов. – М. : Стройиздат, 1983. – 384 с.
7. Овечников Е. С. Городской транспорт / Е. С. Овечников, М. С. Фишельсон. – М. : Высшая школа, 1976. – 352с.
8. Артынов А. П. Методы и алгоритмы автоматизации обработки информации о пассажиропотоках на городском пассажирском транспорте / А. П. Артынов, В. Н. Ембулаев. Владивосток: ДВНУ АНСС, 1997. – 250 с.
9. Карпушин Е. І. Організація та управління на електричному транспорті: навч. посіб. – Х. : ХНАМГ, 2008. – 170 с.
10. Коссой Ю. М. Экономика и управление на городском электрическом транспорте: Учебник / Ю. М. Коссой. – М. : Мастерство, 2002. – 352с.

Навчальне видання

КУЛЬБАШНА Надія Іванівна
СОСПАТРОВ Артем Михайлович
ТАРНОВЕЦЬКА Анастасія Григорівна

ТЕКСТ ЛЕКЦІЙ

З ДИСЦИПЛІНИ

**ОРГАНІЗАЦІЯ ЕКСПЛУАТАЦІЇ
МІСЬКОГО ЕЛЕКТРОТРАНСПОРТУ**

*(для студентів напряму підготовки 6.050702 – «Електромеханіка»
і слухачів другої вищої освіти
спеціальності 7.05070203 – «Електричний транспорт»)*

Відповідальний за випуск *Ю. В. Мінеєва*

Редактор *К. В. Дюкар*

Комп'ютерне верстання *І. В. Волосожарова*

План 2012, поз. 67 Л

Підп. до друку 10.12.2013
Друк на ризографі.
Зам. №

Формат 60 x 84/16
Ум. друк. арк. 3,3
Тираж 50 пр

Видавець і виготовлювач:
Харківська національний університет
міського господарства імені О. М. Бекетова,
вул. Революції, 12, Харків, 61002
Електронна адреса: rectorat@kname.edu.ua
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи:
ДК № 4064 від 12.05.2011 р.