

О.І. Лежнева

Навчальний посібник

**ОРГАНІЗАЦІЯ
ПЕРЕВЕЗЕНЬ
ПАСАЖИРІВ
У МІСТАХ**

**Харків
«Точка»
2010**

УДК 656.025.2
ББК 39я73
Л 40

*Рекомендовано Міністерством освіти і науки України
як навчальний посібник для студентів напряму підготовки «Транспортні технології»
вищих навчальних закладів*

Рецензенти: *Є.М. Лисіков*, д.т.н., професор кафедри колія та колісне господарство Української державної академії залізничного транспорту
А.Т. Ашеров, д.т.н., професор кафедри інформатики і обчислювальної техніки Української інженерно-педагогічної академії
Г.І. Загарій, д.т.н., професор, завідуючий кафедрою спеціалізованих комп'ютерних систем Української державної академії залізничного транспорту

О.І. Лежнева

Організація перевезень пасажирів у містах: Навчальний посібник. – Х.: Точка, 2010. – 311 с. – Бібліогр.: с. 296-201. – ISBN 978-966-8669-58-3

Розглянуто питання організації перевезень пасажирів автомобільним транспортом і управління цими перевезеннями. Викладено методи вивчення потреби пасажирів у пересуваннях, маршрутизації перевезень, рішення технологічних завдань організації перевезень на маршрутній мережі, якості обслуговування пасажирів. Представлено основні вимоги до швидкісного пасажирського транспорту й області його застосування, доцільність впровадження експресного режиму руху з урахуванням соціально-економічної ефективності. Проведено оцінку екологічної безпеки при функціонуванні транспортно-дорожнього комплексу.

Посібник призначений для студентів і аспірантів, які навчаються за спеціальностями напряму підготовки 6.070101 „Транспортні технології” у вищих навчальних закладах.

ББК 39я73

ISBN 978-966-8669-58-3

© О.І. Лежнева, 2010

© Точка

ВСТУП

Міста виникають й розвиваються, забезпечуючи ефективну взаємодію людей у процесах промислового виробництва, наукової, навчальної й суспільно-політичної діяльності, у споживанні культурних і матеріальних цінностей. Разом з тим рівень розвитку міського транспорту відстає від потреб жителів міст, особливо гостро транспортні проблеми проявляються у великих містах. Організація пасажирських перевезень є однією із серйозних проблем, вирішення якої забезпечує життєдіяльність сучасних міст.

Основні завдання розвитку міського пасажирського транспорту (МПТ) зводяться до створення системи транспортних зв'язків, що відповідає оптимальній організації перевезень населення з урахуванням охорони навколишнього середовища й забезпечення безпеки руху. З погляду народного господарства повинен забезпечуватися значущий соціальний результат – повне і якісне задоволення потреби пасажирів у внутрішньоміських пересуваннях.

Основними напрямками вирішення актуальних завдань пасажирського транспорту є:

- прискорення впровадження досягнень науково-технічного прогресу;
- інтенсифікація використання наявних ресурсів і можливостей, надаваних наукою і практикою.

Науково-технічний прогрес – це безперервний процес матеріалізації науково-технічних досягнень у новій техніці, технології і в керуванні виробництвом, впровадження цих нововведень з метою досягнення якісно нових кінцевих результатів. Ці результати можна підрозділити на:

- економічні (збільшення прибутку транспортних підприємств);
- соціальні (підвищення якості транспортного обслуговування пасажирів);
- ресурсні (зменшення споживання різних ресурсів);
- екологічні (зниження шкідливого впливу транспорту на навколишнє середовище).

МПТ не відноситься до сфери матеріального виробництва, а є сферою обслуговування, не створює матеріальних благ, а тільки сприяє їх виробництву в місцях прикладання праці громадян. Прагнення суспільства до прогресу обумовило його постійно зростаючу потребу в швидкому й гарантованому переміщенні на значні за міськими мірками відстані.

Виробничий характер МПТ свідчить про їх безпосередню соціальну значущість. Для пасажирів це пов'язано з *економією часу й сил при пересуваннях*. Ця економія представляє кінцевий соціальний результат роботи МПТ. Показники обсягу перевезень і пасажирообороту є виробничими результатами, що

застосовуються для планування і обліку перевезень і повною мірою не відбивають соціальних результатів. Іншим соціальним результатом роботи МПТ є *екологічні наслідки* для міського навколишнього середовища. Третій соціальний результат полягає в *підвищенні безпеки дорожнього руху* при використанні транспорту.

Підготовка майбутнього спеціаліста до вирішення проблем пасажирських перевезень з урахуванням механізмів функціонування ринкової економіки, широкого впровадження системного підходу в усі сфери діяльності з організації пасажирських перевезень здійснюється за допомогою навчальної дисципліни „Пасажирські перевезення”.

Об’єктом вивчення цієї дисципліни є міський пасажирський транспорт.

Предметом вивчення дисципліни є прийоми і способи організації перевезень пасажирів у містах.

Зміст дисципліни „Пасажирських перевезення” полягає в розкритті філософії управління пасажирськими перевезеннями, тісно пов’язаної з соціально-економічними процесами, що відбуваються в Україні.

Дисципліна „Пасажирські перевезення” пов’язана з розробкою нових, прогресивних і технічно обґрунтованих методів організації роботи транспортних засобів на міських маршрутах, які дозволять підвищити якість обслуговування пасажирів, а також знизити шкідливий вплив транспорту на навколишнє середовище.

Метою дисципліни є формування системи знань і розумінь концептуальних основ організації і управління пасажирськими перевезеннями, набуття вмінь щодо керування технологічними процесами пасажирських перевезень.

Завданнями дисципліни є:

- формування системи знань і розумінь концептуальних основ організації і управління пасажирськими перевезеннями, придбання знань про економічні, соціальні й математичні основи вирішення транспортних проблем, аналіз і моделювання їх вирішення в рамках системного підходу;

- набуття необхідних вмінь щодо керування технологічними процесами пасажирських перевезень.

Дисципліни, на які безпосередньо спирається вивчення даної дисципліни: „Загальний курс транспорту”, „Дослідження операцій у транспортних системах”. До дисциплін, що спираються на дисципліну „Пасажирські перевезення”, відносяться: „Взаємодія видів транспорту”, „Основи теорії транспортних процесів і систем”.

Вивчення дисципліни „Пасажирські перевезення” є одним з напрямків фундаменталізації та гуманітаризації інженерних знань. Її введення в навчальний процес базується на рішенні про перехід вищої школи на ступінчасту систему освіти, що забезпечує подолання недоліків вузької спеціалізації, посилення міждисциплінарних зв’язків, розвиток системного мислення.

Важливість і актуальність застосування системної методології для вирішення транспортних проблем робить дану дисципліну корисною не тільки для студентів, але й для магістрантів, аспірантів і фахівців у галузі транспорту.

**УПРАВЛІННЯ ТРАНСПОРТНОЮ
СИСТЕМОЮ**

- 1.1. Транспортна система як об'єкт управління**
- 1.2. Керуюча система**
- 1.3. Прогнозування розвитку транспортної системи**
- 1.4. Планування транспортних процесів**
- 1.5. Методика математичного моделювання транспортної системи**

1.1. Транспортна система як об'єкт управління

Транспортна система міста – це набір функціональних елементів і зв'язків між ними, що забезпечує перевезення вантажів і пасажирів у місті всіма видами транспорту. З позиції управління транспортна система може розглядатися як об'єкт управління – керована система і як керуючий орган – керуюча система.

Транспортна система містить у собі як елементи: транспортну мережу з відповідною облаштованістю; транспортні засоби, що забезпечують перевезення; людей, які є клієнтами транспортної системи або учасниками руху.

Транспортна мережа міста характеризується своїми геометричними розмірами, топологією, засобами організації і регулювання руху. Формально мережа міста може бути задана у вигляді зв'язкового, змішаного графа, вузлами (вершинами) якого є перехрестя, житлові райони і місця робіт, пункти постачання і споживання вантажів, а дугами (ребрами) – відрізки шляху, що з'єднують кожну пару вершин. Транспортна мережа призначена для реалізації автомобільного, пасажирського і пішохідного повідомлення між усіма кореспондуючими пунктами міста.

У зв'язку з великою різноманітністю і складністю транспортних процесів, що відбуваються в місті, окремі ланки транспортної мережі спеціалізуються на пропуску потоків певного виду, що дозволяє підвищити якість транспортного обслуговування і приводить до формування визначених структурних властивостей мережі. Тому можна вважати, що транспортна мережа містить у собі підмережі, призначені для пересування різних видів транспортних засобів. Часто доводиться оперувати підмережами, що призначені для руху транспортних засобів, пасажирів і пішоходів.

Транспортна система оснащена різними видами транспортних засобів (автобусами, тролейбусами, трамваями, таксі, вантажними і легковими автомобілями, транспортними засобами метрополітену), що мають різне функціональне призначення в системі, доповнюють і почасти взаємозамінюють один одного. Таким чином, ефективне виконання перевезень припускає існування цілком визначеної структури парку транспортних засобів.

Основним елементом транспортної системи є люди, які виступають як пішоходи, пасажири і водії транспортних засобів. Елементи транспортної системи (мережа, транспортні засоби, люди) функціонують у рамках певної організації транспортних процесів (перевезень і дорожнього руху). Організація транспортних процесів визначає можливість руху в системі за рахунок установа

зв'язків між всіма елементами, встановлення правил і умов взаємодії елементів при їхньому функціонуванні. Форма організації транспортних процесів визначається її змістом: технологією і роллю тих або інших процесів у транспортній системі.

Наявність такого основного елемента транспортної мережі, як люди, відносить керовану частину системи до розряду організаційних. На відміну від великих технічних систем організаційні системи є істотно активними [1]. Активний елемент системи – людина – має здатність до цілеспрямованого поведіння у швидко змінюваних ситуаціях, до адаптації в нових умовах функціонування системи. Наявність у системі безлічі людей приводить до формування колективного поведіння учасників руху, що складається як результат досить незалежного поведіння окремих індивідуумів, які прагнуть до досягнення власних цілей. У цільові функції клієнтів транспортної системи входять такі фактори, як час руху по маршруту, комфорт, безпека, беззупинність руху, регулярність поїздок. Присутність в об'єкті управління активних елементів приводить до формування стійких режимів функціонування транспортної системи, оскільки всяке зовнішнє для об'єкта збурювання компенсується на рівні індивідуальних рішень учасників руху.

Транспортна система є унікальним прикладом системи з масовим, колективним поведінням своїх клієнтів – людей. У зв'язку з цим колективне поведіння є потужним чинником, що формує закономірності життєдіяльності транспортної системи. Причому процеси самоорганізації приводять до утворення декількох рівнів стійкого функціонування системи, що утворюють ієрархічну структуру колективної адаптації з різною тимчасовою стабільністю. Ми виділяємо три структурних рівні: розселення жителів, організація транспортних процесів у мережі й формування потоків на ділянках мережі.

У результаті розміщення місць прикладання праці, житлових районів і культурно-побутових об'єктів у місті встановлюються визначені транспортні зв'язки, яким відповідають кореспонденції жителів міста. Досить повільні зміни в часі розміщення об'єктів міста (роки, десятиліття) сприяють формуванню стійких кореспонденцій, особливо до місць прикладання праці. Перерозподіл кореспонденцій відбувається при зміні місць роботи і проживання, зміні транспортного обслуговування жителів міста, у результаті демографічних зрушень і міграційних процесів. Вибір жителем тієї або іншої кореспонденції відбувається під дією різноманітних причин економічного і соціального плану, найважливішими з яких є час і комфорт поїздки. Індивідуальність виборів приводить до стабілізації (у статистичному розуміння) кореспонденцій, що через свою виняткову стабільність впливають на шляхи розвитку транспортної системи.

Транспортні процеси організують, щоб установити функціональні зв'язки для усіх видів руху в системі. Характер, імовірний для функціонування транспортної системи (затори, дорожньо-транспортні випадки, чекання на зупинках громадського транспорту, затримки перед світлофорами, приводить до необхідності адаптації учасників руху, що здійснюється за рахунок коректування кореспонденцій, вибору маршруту, часу й швидкості поїздки. Адаптація підви-

щує надійність функціонування всіх елементів системи, тобто сприяє живучості даної організації транспортних процесів. Іншими словами, організація транспортних процесів припускає як складену частину самоорганізацію учасників руху.

Кореспонденції учасників руху представляються на дугах мережі у формі пасажирських, транспортних і пішохідних потоків. Колективне поведіння водіїв автомобілів і пасажирів приводить до утворення стійкого руху потоків, що характеризується закономірними імовірнісними змінами інтенсивностей, швидкостей руху, часу і затримок руху, черг, регулярності руху і т.п. характеристик. Зі збільшенням завантаження транспортної мережі загальні закономірності потоків стають більш детермінованими, що є наслідком більшого впливу обмеженої пропускної здатності на процеси адаптації. На кожному з виділених рівнів самоорганізації транспортна система характеризується власним набором істотних параметрів, за якими відбувається адаптація клієнтів системи.

Описана структура, що розділяє процеси адаптації за тимчасовою стабільністю, виявляється досить істотною при дослідженні транспортних систем. Доцільність такого поділу диктується різким розходженням в інерційності процесів на різних рівнях.

Виділення безлічі параметрів, що досить повно визначають керовану транспортну систему на кожному рівні, задає простір станів, у якому може перебувати система. Точка в просторі станів, задана числовими значеннями своїх параметрів, однозначно відображає певний стан системи.

З позиції керуючого органа доречно весь простір станів розбити на визначені класи станів системи, кожному з яких відповідає певний вид управління. Залежно від конкретного завдання простір станів можна класифікувати різним чином, роблячи акцент на тих або інших сторонах колективного руху водіїв, пасажирів і пішоходів.

Однак навіть безвідносно до конкретного завдання управління транспортними процесами слід виділити поняття *відмови функціонування транспортної системи*. У найбільш розповсюдженому й у важливому випадку відмова функціонування транспортної системи настає в результаті заторів у транспортній мережі, що паралізують практично всі види руху в районі міста. Поява заторів, навіть коли є невеликий запас пропускної здатності мережі, пояснюється наступним. Нечіткість роботи світлофорної сигналізації або дорожньо-транспортний випадок та інші причини ведуть до збільшення довжини черг транспортних одиниць, які очікують обслуговування на перехресті. При режимі руху, близькому до критичного, черга може не вміститися на відрізок магістралі між перехрестями, що приведе до порушення режиму роботи попереднього по ходу руху перехрестя. Ця ситуація може швидко поширитися на кілька прилеглих вузлів мережі. Безліч станів транспортного потоку, для яких існує досить висока імовірність утворення затору, є область перехідного, хитливого функціонування транспортної системи. Якщо затору запобігти не вдалося, система приходить у новий стан відмовлення функціонування. Особливістю процесу виникнення відмови функціонування системи є висока швидкість наростання затору (хвилини) і низька швидкість його уникнення (години). Виникаю-

чі затори при деякому запасі пропускної здатності мережі є ще «хитливими» у тому значенні, що поява їх день від дня у фіксованих вузлах мережі цілком імовірна, але не обов'язкова. У тому випадку, коли щільність потоку в мережі стає критичною (завантаження близьке до одиниці) або більше критичної, виникають стабільні затори, обумовлені тим, що структура мережі виявляється непридатною для пропуску транспортного потоку.

Увага до проблеми відмовлення функціонування транспортної системи викликана зростаючою інтенсивністю руху в містах, що спостерігається у зв'язку з прискореними темпами автомобілізації. У цих умовах питання управління транспортними потоками стають надзвичайно складними й актуальними. Від їхнього правильного вирішення багато в чому залежить надійність функціонування транспортної системи в цілому й ефективність реалізації в ній окремих транспортних процесів.

1.2. Керуюча система

Транспортна система міста складається під впливом безлічі керуючих впливів. Управління транспортними процесами здійснюється організаційно різними системами управління вантажними і таксомоторними перевезеннями, перевезеннями громадським транспортом, транспортним містобудуванням, організацією і безпекою дорожнього руху.

Усі перераховані системи управління слід розглядати з єдиної народногосподарської точки зору, тобто як підсистеми управління транспортною системою в цілому.

На рис. 1.1 показана функціональна структура управління у транспортній системі міста. Дана структура характерна тим, що в об'єкт управління (транспортні процеси) надходять керуючі сигнали від багатьох керуючих органів (на відміну від лінійних структур, для яких витримується принцип єдиноначальності). Така структура називається функціональною і характеризується певними труднощами, викликаними можливістю встановлення суперечливих керуючих впливів від різних функціональних підсистем. Узгодження роботи підсистем повинен забезпечувати координатор. Однак роль координації у транспортній системі ще недостатньо висока.

Кінцевою метою роботи транспортної системи є забезпечення потреб суспільства в перевезеннях. Це визначення мети є цілком природним і очевидним. Однак при спробі сформулювати критерій оцінки якості роботи транспортної системи виникають труднощі, пов'язані зі складністю оцінок зв'язків і показників роботи транспортної системи як підсистеми всього народного господарства країни. Складності такого роду характерні й при виборі критеріїв і обмежень роботи підсистем управління в самій транспортній системі.

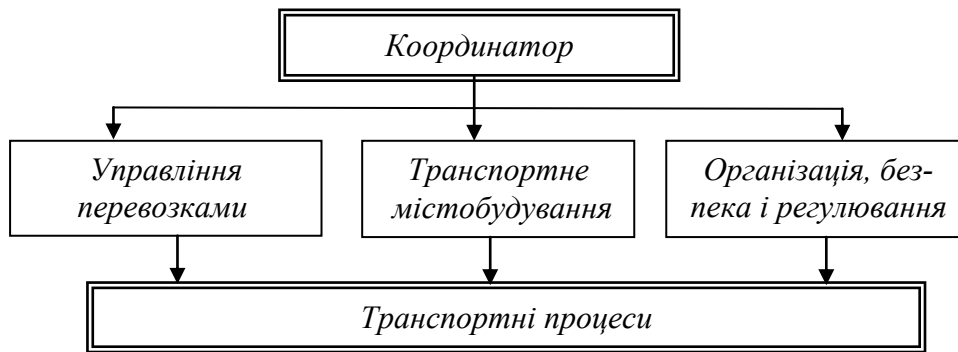


Рис. 1.1 – Функціональна структура управління

Погоджену роботу підсистем управління транспортними процесами можна описати в такий спосіб. Кожній підсистемі координатор виділяє деякий ресурс, яким вона може розпоряджатися при реалізації управління, і задає критерій ефективності роботи підсистеми.

Завдання підсистеми полягає в досягненні найкращого функціонування відповідно до заданого критерію і в рамках виділеного ресурсу.

При реалізації цих принципів проблема координації ускладнюється вибором виду критеріальних функцій підсистем і розподілу ресурсів між ними. Складність проблеми приводить до того, що за критерії функціонування приймають набір (вектор) показників, кожний з яких відбиває одну із сторін діяльності транспортної підсистеми. Такими показниками для різних підсистем є транспортна робота, тонно-кілометри, пасажиропотоки, затримки руху, дорожньо-транспортні пригоди, середній час поїздки та багато інших показників. Залежно від набору виконуваних функцій кожна підсистема ранжирує перераховані показники за ступенем пріоритету і добивається їхнього виконання в напрямку від найбільшого пріоритету до найменшого. Виділення окремих складових критерію і оцінка їхньої ваги є сферою діяльності експертів і становить досить складне і суперечливе завдання.

Узгодження діяльності підсистем, як уже згадувалося, повинне здійснюватися за рахунок виділення ресурсу. Особливо важливий при вирішенні комплексних питань правильний розподіл загального ресурсу між підсистемами. Розподіл ресурсу означає розподіл коштів, транспортних засобів і встановлення правил користування транспортною мережею різними її функціональними підсистемами. Власне кажучи, виділення більшого або меншого ресурсу для підсистеми означає ступінь її пріоритету в транспортній системі.

Ще донедавна проблема координації управління транспортними процесами не була такою актуальною. Підсистеми перевезень функціонували досить ефективно в умовах не занадто високих завантажень мережі і їхня діяльність, у свою чергу, не приводить до серйозних перебоїв і відмов у роботі транспортної системи. В останні роки автомобілізація привела до насичення транспортних мереж і стала спонукальною причиною переоцінки принципів управління транспортними процесами. Найважливішими проблемами для міста є забезпечення чистого повітряного басейну; зменшення рівня шуму, досягнення безаварійного

і комфортабельного руху. У зв'язку з цим у даний час намітилася тенденція узгодження в більшій мірі діяльності підсистем управління транспортними процесами з більш обґрунтованим вибором їх критеріальних функцій і ресурсних обмежень.

Винесення транзитного руху вантажних автомобілів з центральної частини міст, забезпечення пріоритетного автобусного проїзду через перехрестя – практичне застосування цих тенденцій. Аналіз транспортних систем великих міст показує, що можливості збільшення ефективності функціонування цих систем за рахунок більшої погодженості роботи підсистем управління транспортними процесами не вичерпані. Має бути ще велика робота з координації їхньої діяльності.

Складність завдання полягає в тому, що через велике число елементів і розмаїтості їхніх взаємозв'язків не вдається досить повно описати процеси руху в транспортній системі.

Підсистеми в цілому забезпечують єдине системне управління транспортними процесами. Однак до аспектів управління слід віднести ще й активне саморегулювання учасників транспортної системи, які прагнуть до досягнення індивідуальних, але не системних результатів.

Як уже згадувалося, учасників руху цікавлять можливість затратити на поїздки не занадто багато часу, безпека, комфорт та інші фактори.

Незважаючи на те, що загальносистемне управління переслідує схожі цілі, існують принципові протиріччя між системним управлінням і саморегулюванням. Рівноважний стан дорожнього руху, що спостерігається, є наслідком дії сил системного управління й адаптації колективного руху клієнтів системи. Активність – найважливіша риса управління складною системою. Принципи управління істотно активними системами базуються на визнанні факту самоорганізації. При розрахунку будь-якого керуючого системного впливу повинен бути врахований зворотний вплив колективного поведіння клієнтів. Це пов'язано з тим, що, по-перше, розмаїтість активного поведіння об'єкта більш значна, ніж можливості системного управління, і, по-друге, самоорганізація – найбільш гнучкий і потужний спосіб оперативного управління в системі.

Щоб поглибити наші уявлення про транспортну систему міста, розглянемо іншу класифікацію управлінь за ознакою оперативності прийнятих рішень: прогноз, планування, оперативне управління.

Прогноз транспортної системи – це оцінка її можливого розвитку при визначених припущеннях про дію науково-технічного прогресу. При прогнозі оцінюються, з одного боку, потреби міста в пересуваннях людей і перевезеннях вантажів, а з іншого – можливості їхньої реалізації. Потреби в перевезеннях визначають залежно від ролі міста в народному господарстві країни. На можливості перевезень впливають фактори обмежених ресурсів, що відпускаються на реалізацію руху. У зв'язку з великою невизначеністю прогнозованої ситуації реальним може вважатися далеко не єдиний прогноз транспортних потреб і можливостей, що робить завдання прогнозування різноманітним. Найбільш істотною характеристикою транспортної системи на рівні прогнозу є трудове ро-

зселення населення. Це розселення визначає найбільш важливу й стабільну форму пересувань у місті, тому впливає на всі інші види руху, розвиток мережі і видів транспортних засобів.

На стадії планування з безлічі прогнозованих рішень вибирають єдине (балансування «можливості – потреби») і намічають послідовність заходів, що повинні забезпечити бажану траєкторію розвитку транспортної системи. Плани коректують в міру розвитку транспортних процесів. Таким чином, у транспортній системі здійснюється багаторазове планування в різних тимчасових діапазонах, починаючи від перспективного і кінчаючи щоденним.

На стадії перспективного планування розглядають елементний розвиток системи (структура розселення, структура транспортної мережі, структура транспортних засобів). Поточне планування впливає на зв'язки між елементами (організація транспортних процесів).

Оперативне управління забезпечує функціонування системи відповідно до наміченого плану і виконує тактичні завдання в системі за рахунок сильно розвинутого зворотного зв'язку і постійної компенсації неузгодженостей плану і його реалізації. У зв'язку з тим, що найбільше значно ці неузгодженості виявляються на дугах мережі міста, найважливішою характеристикою об'єкта оперативного управління є потоки транспортних засобів, пасажирів і пішоходи. Слід зазначити, що управлінню транспортною системою на кожному рівні відповідає стійкий, стабільний в даному тимчасовому діапазоні стан об'єкта управління (розселення на рівні прогнозу, самоорганізація транспортного процесу при плануванні, формування потоків при оперативному управлінні).

Ми не будемо докладно зупинятися на оперативному управлінні в транспортній системі (у функціональних підсистемах регулювання руху, управлінні вантажними перевезеннями і громадським транспортом), оскільки оперативне (диспетчерське) управління є більше проблемою технічних засобів зв'язку центру управління з об'єктом, ніж проблемою створення моделей і алгоритмів управління.

Розглянемо окремо проблеми прогнозування і планування у транспортній системі.

1.3. Прогнозування розвитку транспортної системи

У якості критеріальних оцінок прогнозів у транспортній системі виступають різні соціальні й економічні фактори, такі як величина капітальних витрат на розвиток системи, обсяг транспортної роботи, вантажо- і пасажирооборот, комфортні характеристики руху, рівень шуму, загазованість повітряного басейну, кількість дорожньо-транспортних пригод. Оскільки транспортна система є підсистемою міста, то її розвиток не можна розглядати у відриві від його розвитку. Найважливішим завданням розвитку міста є розміщення

об'єктів житла, об'єктів трудової діяльності й об'єктів культурно-побутового обслуговування жителів міста. Нехай завдання розміщення вирішене, тобто відоме розташування і потужності всіх об'єктів міста. У завдання транспортного прогнозу входить оцінка можливого варіанта транспортної системи, що забезпечує дане розміщення.

Змістовна сторона транспортних прогнозів зводиться до наступного. Розміщення районів зародження і поглинання потоків у рамках передбачуваного варіанта транспортної системи визначає структуру руху всіх видів транспорту в місті. Дійсно, розміщення місць житла і місць роботи забезпечує задане розселення, тобто трудові кореспонденції жителів. Кореспонденції вантажних автомобілів визначають за розміщенням вантажоутворюючих і вантажопоглинаючих об'єктів міста. Розміщення культурно-побутових об'єктів породжує відповідні пересування жителів. Найбільш важливою складовою структури руху в місті є трудові кореспонденції, що формують функціональні й транспортні зв'язки. Залежно від обраного варіанта структури транспортної системи кореспонденції і їх реалізація на видах транспорту можуть бути подані різним чином.

Отже головним завданням прогнозу транспортної системи слід вважати вирішення питань структури транспортної системи (структура мережі й видів транспорту), що забезпечує найкраще відповідну структуру кореспонденцій. Пророблення питань організації транспортних процесів на цьому етапі (вибір маршрутів і накладення потоків на мережу) здійснюється для того, щоб переконатися в тому, що зроблений прогноз здійснимий і що раціональна структура системи не буде змінена при плануванні й оперативному управлінні.

До завдань за прогнозами входять:

- балансування транспортних можливостей і потреб у перевезеннях;
- визначення пасажирських і транспортних кореспонденцій на перспективу;
- визначення перспективи спільного розвитку розміщення об'єктів міста і транспортної мережі;
- вибір структури (видів) транспортних засобів;
- прогноз пасажирських і транспортних потоків на мережі;
- оцінка перспективного стану транспортної мережі за ознаками часу поїздок, комфорту поїздок, безпеки руху, імовірності заторів, забруднення середовища та ін.

Розглянемо основні проблеми моделювання транспортної системи на стадії прогнозів.

Аналіз закономірностей функціонування історично сформованих міст за ознаками транспортної структури, розміщення об'єктів міста, трудового розселення, культурно-побутових пересувань, питомої ваги різних видів транспорту, характеристик транспортної мережі, умов пішохідного руху та інших факторів дозволяє виділити найважливіші транспортні проблеми міст, вирішенню яких повинне бути приділена першочергова увага.

Для центральної частини міст цієї категорії характерне високе насичення районами житла і місцями прикладання праці. У результаті освоєння нових

територій міста відбувається досить швидко зменшення чисельності жителів у центральній частині міст при порівняно повільних темпах виведення місць прикладання праці. Це приводить до появи потужних концентрованих і односторонньо спрямованих «пікових» потоків, що зв'язують центральні райони з периферією. Інтенсивне нове будівництво житлових районів не підтримується настільки ж швидким транспортним забезпеченням, що призводить до появи слабких транспортних зв'язків між окремими периферійними районами. Відображенням цих процесів є помітна тенденція до зростання тривалості поїздок жителів у містах.

У даний час у зв'язку з автомобілізацією відбувається різке збільшення індивідуальних автомобілів у містах, що є однією з найголовніших причин виникнення проблем дорожнього руху. Враховуючи, що вже тепер центральні зони міст близькі до насичення, фактор збільшення кількості легкових автомобілів слід вважати досить серйозним.

Важливою є проблема безпечного пішохідного руху, що обумовлена високою щільністю і частим перетинанням пішохідних і транспортних шляхів.

Прогнозування транспортної системи – складне завдання як при традиційних підходах, так і при використанні сучасних математичних методів і електронно-обчислювальних машин.

Як показує практика містобудування, розвиток міст і відповідних транспортних систем сильно відхиляється від своїх моделей, зафіксованих у прогнозі. Основна причина такого положення полягає в тому, що бажаний стан об'єкта управління, що вибирається як мета розвитку системи, може виявитися недосяжним за обмежений часовий інтервал внаслідок консервативності, інерційності керованого процесу. Еволюція розвитку транспортних систем є найважливішим чинником при прогнозних оцінках і врахувати його в досить повній мірі поки не вдається. З вирішенням цього завдання проблема прогнозування стане більш ясною.

Найважливішою стороною прогнозування є вибір критеріїв при розрахунках транспортної системи. Далеко не завжди вдається однозначно виділити з двох альтернативних варіантів розрахунку найбільш кращий. Що, наприклад, вважати більш раціональним: доїхати від будинку до роботи на автомобілі за 30 хв. неспинно або за 25 хв., але після декількох зупинок біля світлофора? Від вирішення подібних питань залежить структура транспортної мережі міста. Непрямим підтвердженням вказаної невизначеності є факт існування різних структур транспортних мереж (радіально-кільцевих, прямокутних та інших) для міст, близьких за всіма іншими характеристиками.

Складність проблеми прогнозу визначається великою трудомісткістю обчислень і масштабністю розв'язуваних задач. Наявність у системі великої кількості елементів і безлічі різномірних зв'язків між ними роблять трудомісткими розрахунки, проведені навіть на швидкодіючих електронно-обчислювальних машинах. Якщо на рівні планування і оперативного управління часто буває припустиме локальне вирішення окремих задач, то при прогнозуванні необхідні

збалансовані розрахунки потреби – можливості практично для всієї транспортної системи.

За широтою охоплення завдання прогнозу є найбільш представницькими.

Говорячи про складності прогнозів, слід зупинитися на комплексному характері проблеми. Розробка перспектив розвитку транспортної системи є частиною розрахунків прогнозу для розвитку міста в цілому. Для великого міста проблема прогнозу складає настільки комплексне завдання, що її повне вирішення вдається одержати тільки за результатами автономного вирішення окремих великих завдань з їх наступним ітераційним ув'язуванням і коректуванням. Ця обставина дуже впливає на транспортні прогнози, оскільки загальноміські обмеження за факторами розміщення об'єктів міста і комунікаціях виявляються досить твердими стосовно можливого розвитку транспортної системи міста.

Висловлені вище розуміння про складності прогнозів приводять до єдиної можливості варіантних проробок, що істотно скорочує область пошуку раціонального варіанта транспортної системи. Але й у цьому випадку досить глибоке дослідження транспортних задач, навіть з використанням методів математичного моделювання й електронно-обчислювальних машин, є досить важким. Вихід з положення, що склалося, слід шукати в синтезі практичного досвіду вирішення задач і досвіду їхнього математичного моделювання. Практика містобудування виробила певні правила, яким повинні задовольняти основні елементи структури транспортної системи. Відповідно до них виконують: функціональне зонування території міста під різні види діяльності; функціональну класифікацію транспортної мережі міста (за властивостями транзиту, інтенсивності, однорідності, комфортів транспортного і пасажирського потоків); функціональну класифікацію видів пасажирського і вантажного транспорту (за швидкістю, потужністю, мобільністю); поділ пасажирського і вантажного руху в місті з виділенням для вантажного транспорту спеціальних магістралей; трасування мережі по основних напрямках пасажирських і транспортних потоків; ізоляцію пішохідного руху від транспортних потоків з виділенням «безтранспортних зон»; забезпечення достатньої щільності й пропускної здатності транспортної системи (це висуває певні вимоги до трасування мережі).

Виділення сформульованих принципів є істотним кроком у напрямку формалізації завдань розвитку транспортної системи і дозволяє зменшити варіантність досліджень. Розвиток цих принципів дає можливість сформулювати конкретні правила, що дозволяють відрізнити раціональні від нераціональних і припустимі від неприпустимих взаємодії окремих елементів у системі. Крім того, моделювання транспортної системи полегшується завдяки усуненню невизначеності критеріальних оцінок і врахування спеціалізації різних елементів системи.

Невизначеність критеріальних оцінок, пов'язаних із суперечливістю дії соціальних і економічних факторів, значно знижується при завданні певних нормативних відношень в системі. Наприклад, правило, яке говорить про те, що тривалість піших переходів не повинна перевищувати 8 хв., відбиває визначе-

ний рівень транспортного обслуговування жителів міста. При виділенні більшого економічного ресурсу на розвиток системи цей норматив може бути переглянутий на користь учасників руху.

Компонування системи за наведеними правилами значно спрощує розрахунки на електронно-обчислювальних машинах, тому що при обмеженій варіантності задачі з'являється можливість використовувати при моделюванні ідеї комбінаторних методів.

На сьогодні здійснені перші спроби використання ідей структуризації при моделюванні. Розвиток цього підходу дозволить більш повно застосувати математичні методи при описі транспортних систем і наблизити методіку формальних досліджень до вимог практики.

1.4. Планування транспортних процесів

Під плануванням транспортних процесів розуміють планування перевезень усіх видів транспорту й організацію руху сумарного транспортного потоку й окремих його складових.

Відомо, що на стадії планування роботи громадського транспорту передбачається вирішення наступних задач:

- обґрунтування маршрутної схеми для усіх видів транспорту;
- закріплення маршрутів за транспортними підприємствами;
- розподіл різних типів транспортних засобів між маршрутами;
- розрахунок кількості необхідних рейсів і інтервалів руху;
- розробка розкладів руху.

Простий перелік завдань планування показує, наскільки відповідальним є цей етап організації робіт, який сильний вплив робить він на ефективність роботи транспортної системи. Дійсно, саме на етапі планування встановлюється конкретне співвідношення між потребами населення в пересуваннях (з урахуванням їх розподілу в часі і просторі) і тими можливостями, що надаються системою громадського транспорту. Ступінь задоволення цих потреб визначає якість обслуговування пасажирів.

У більшості завдань планування кількісною мірою або критерієм якості обслуговування звичайно є середній час пересування (з урахуванням пішохідних підходів до зупинок громадського транспорту). Однак вирішення цих завдань багато в чому ускладнюється через велику кількість обмежень технологічного характеру (на безпеку і комфортабельність поїздки, число пересадок, максимально припустимий час чекання, максимально припустима довжина підходів, кількість одиниць транспортних засобів, режим роботи водіїв, тривалість рейсу та ін.), а також через імовірний характер закономірностей, що описують потреби суспільства в пересуваннях.

Застосування економіко-математичних методів дозволяє значною мірою подолати ці труднощі, в даний час накопичений досить великий досвід моде-

лювання і використання електронно-обчислювальних машин [2] при вирішенні завдань планування роботи громадського транспорту.

Основна проблема планування роботи громадського транспорту полягає не стільки в розробці моделей і методів прийняття рішень, скільки в забезпеченні модельного комплексу й органів, які приймають рішення, об'єктивною, достовірною і своєчасною інформацією про потреби в пересуваннях і про ті ресурси, які має транспортна система. Основним і практично єдиним джерелом цієї інформації є суцільні або вибірккові пасажирські обстеження. Не зупиняючись на складностях організації таких заходів і труднощах обробки одержуваних даних, підкреслимо, що періодичність проведення пасажирських обстежень не відповідає темпам, динаміці зміни потреб.

Принципово можливі два шляхи підвищення ефективності планування.

Перший шлях – розробка аналітичних моделей, що дозволяють досить точно прогнозувати, звідки і куди будуть виконуватися поїздки, в якій кількості й в який час, за яким маршрутом і на якому виді транспорту. Зрозуміло, що тільки знаючи точні відповіді на ці запитання, можна правильно спланувати роботу транспортної системи. Складність побудови аналітичних моделей пов'язана з необхідністю обліку таких різних за своєю природою факторів, як розселення жителів щодо місць роботи, наявність різних цілей поїздок і пов'язане з цим розходження у вимогах до надійності транспортного обслуговування, наявність різних соціальних і вікових груп населення, що ставлять різні вимоги до безпеки, комфортабельності, вартості й часу обслуговування.

Другий шлях – створення безперервно діючої централізованої системи автоматичного збору інформації про стан транспортної системи (під станом транспортної системи розуміється розподіл пасажирів по всіх ділянках усіх маршрутів і розподіл діючої кількості транспортних засобів по всіх маршрутах). У такому разі керуюча система одержує вихідну для прийняття рішень інформацію в темпі протікання процесу транспортного обслуговування, у зв'язку з чим наступні керуючі дії можуть бути об'єктивними, своєчасними й у даних умовах найкращими. Інформація про кількість автомобілів, що плануються до випуску на даний день роботи, може надаватися керуючому центру системи транспортними підприємствами (депо і парками), на підставі чого можуть вчасно коректуватися розподіл автомобілів між маршрутами і плани роботи всіх одиниць транспортних засобів.

Більш складним технічним завданням є вимір іншої найважливішої характеристики транспортних систем – наповнюваності транспортного засобу суспільного транспорту на різних ділянках маршрутів. Наповнюваність є не тільки результатом сформованого співвідношення між потребами в пересуваннях і наданими можливостями, але і дозволяє однозначно оцінювати якість планування роботи системи.

Основна особливість системи збору інформації на транспорті полягає в тому, що носій інформації є рухомим об'єктом. Саме з цією особливістю зв'язані складності побудови автоматизованих систем управління із знімання інформації про номер, місцезнаходження і наповнюваність рухливих об'єктів.

Труднощі побудови системи збору інформації значною мірою можуть бути подолані, якщо враховувати специфіку завдань планування, яка полягає в тому, що ці завдання допускають визначену затримку у видачі керуючих впливів. У зв'язку з цим інформація з рухомих об'єктів (автомобілів) не обов'язково повинна надходити в центр управління в реальному масштабі часу. Структура такої спрощеної системи може виглядати в такий спосіб: автомобілі обладнують переносною малогабаритною апаратурою виміру необхідних параметрів, але результати виміру при русі автомобіля не передаються, а тільки реєструються на якому-небудь носії інформації, що допускає її безпосередню обробку на електронно-обчислювальній машині. Після закінчення роботи автомобіля записана інформація (час проходження окремих ділянок, час зупинок, час затримок на шляху руху, наповнюваність на кожній ділянці) передається з транспортного підприємства в центр управління за допомогою відповідної стаціонарної апаратури передачі даних. Ясно, що, крім вирішення всіх планових завдань, ця інформація дозволяє враховувати й аналізувати діяльність автотранспортного підприємства.

Оскільки в умовах руху громадського транспорту є досить тривалі стаціонарні періоди, всередині яких нерівномірність пасажиропотоків невелика, є і можливість досить повного контролю за станом транспортної системи з використанням лише одного комплекту апаратури на маршрут. Більше того, як показує аналіз закономірностей формування транспортних потоків у містах, між значеннями інтенсивності потоків у різних перетинах транспортної мережі існує сильний кореляційний зв'язок, що дозволяє за значеннями інтенсивності у визначених «представницьких» перетинах мережі розраховувати інтенсивності в інших перетинах [3]. Оскільки закономірності формування транспортних і пасажирських потоків аналогічні, можна стверджувати, що знайдуться «представницькі» маршрути суспільного транспорту (або точки на маршрутах), за значеннями параметрів у яких можна розраховувати з великою точністю стан системи. Цей висновок у дуже великій мірі спрощує структуру системи збору транспортної інформації.

Специфіка планування організації і управління дорожнім рухом полягає в тому, що як керований об'єкт у даному випадку виступають сукупні транспортні й пішохідні потоки, окремі представники яких незалежно від їхніх індивідуальних цілей виступають як рівноправні (у рамках правил дорожнього руху) користувачі дорожньої мережі. При цьому зміст управління потоками полягає в максимальному використанні пропускнуої здатності існуючої транспортної мережі, у створенні таких режимів роботи керуючих пристроїв (світлофорної сигналізації, знаків, покажчиків), що забезпечують мінімальні затримки користувачів транспортної мережі при виконанні обмежень, що накладаються вимогами безпеки руху.

Складність планування організації і управління дорожнім рухом визначається тим, що всі рішення з управління й організації руху, що розраховуються на колективне поведіння учасників руху, проте повинні прийматися на підставі критеріїв, що не суперечать цілям учасників, з урахуванням їхніх індиві-

дуальних особливостей (закономірності вибору маршруту проходження, реакція на ті або інші рекомендації, оцінка ситуації, досвід, кваліфікація, психофізіологічні якості).

Хоча саме в завданнях організації руху найбільш явно простежуються взаємозв'язок і взаємозалежність різних транспортних процесів у міських мережах, можна умовно виділити три напрямки досліджень:

- розробка методів регулювання дорожнього руху;
- розробка методів прийняття науково обґрунтованих рішень про розвиток міст;
- розробка методів апріорної оцінки безпеки різних організаційно-технічних заходів щодо організації руху.

Перший напрямок, що одержав найбільший розвиток, містить у собі: моделі руху транспортних потоків на дорогах; моделі впливу світлофорів, дорожніх знаків, покажчиків, параметрів потоків (інтенсивність, склад) і геометричних характеристик доріг на структуру потоків; алгоритми управління світлофорною сигналізацією на ізольованих перехрестях, у координованих і насичених транспортних мережах; методи розрахунку найкращих для даних умов руху режимів регулювання; методи оцінки стану і переходу світлофорної сигналізації на нові режими управління. Хоча по цих напрямках є велика кількість публікацій, багато завдань ще чекають свого вирішення. Так, немає обґрунтування для об'єктивного вибору необхідної кількості режимів управління (програм координації), найкращої величини періоду усереднення інформації (базового періоду), відсутні оптимальні алгоритми управління транспортним потоком у ситуаціях затору.

Другий напрямок припускає створення зручного для багаторазового використання інструмента для оцінки різних архітектурно-планувальних варіантів розвитку міст: будівництва швидкісних магістралей, великих стоянок і мостів, дублювання найбільш напружених напрямків руху, створення нових житлових масивів і пунктів масового притягання населення. При цьому оцінка варіанта повинна мати комплексний характер і включати такі показники, як рівень безпеки руху, час руху транспортних засобів, довговічність варіанта щодо запасу пропускнуої здатності, вплив на навколишнє середовище. Існуючі способи оцінки мають локальний, обмежений характер (наприклад, розрахунок наслідків від введення одностороннього руху на якій-небудь вулиці), необхідно ж навчитися оцінювати заходи загальноміського, загальносистемного масштабу. Очевидно, що створити такий інструмент можна тільки моделюванням порівнюваних варіантів на електронно-обчислювальних машинах і при наявності повної і точної інформації про існуючі умови руху, тобто при наявності системи збору інформації, аналогічної тій, що розглядалася вище в завданнях управління громадським транспортом. Джерело такої інформації – автоматичні системи регулювання дорожнього руху.

Роботи з третього напрямку знаходяться в початковій стадії розробки. Необхідний перехід від методів статистичного обліку й аналізу кількості й причин дорожньо-транспортних випадків до методів імовірної оцінки кількості

можливих конфліктних ситуацій при введенні тих або інших заходів щодо організації руху. Природно, що ці методи повинні враховувати все різноманіття факторів, які впливають на безпеку руху (індивідуальні властивості водіїв автомобілів, динамічні характеристики автомобілів, стан дорожнього покриття, умови видимості, щільність і склад транспортного потоку).

1.5. Методика математичного моделювання транспортної системи

Сучасний підхід до дослідження проблем управління транспортними системами передбачає широке використання математичних методів і електронно-обчислювальної техніки. Моделюванню приділяється основна увага при імітації транспортних процесів і оптимізації транспортної системи.

Незважаючи на те, що в транспортній системі реалізуються самі різні транспортні процеси, що підлягають управлінню з боку різних функціональних підсистем, незважаючи на складність і розмаїтість поведінки клієнтів транспортної мережі, є вагомими підстави говорити про існування загальної методологічної точки зору на проблему моделювання. Ця спільність визначена наступними факторами:

- усі транспортні процеси реалізуються в єдиній транспортній мережі,
- всі учасники руху переслідують близькі індивідуальні цілі;
- діяльність функціональних підсистем підпорядкована єдиній меті управління і ці підсистеми використовують загальну інформацію про транспортну систему.

Основна ідея математичного моделювання полягає в тому, щоб забезпечити вирішення багатьох завдань управління компонуванням значно меншого числа модельних модулів, що описують поведінку окремих елементів системи. Для уніфікації моделей необхідно в першу чергу вирішити питання вибору їхньої структури (число модулів, їхня функціональна орієнтація, правила компонування). При цьому слід врахувати, що модель об'єкта повинна відбивати основні цільові аспекти управління ним. Таким чином, щоб побудувати «просту» систему моделей, тобто систему з мінімальним набором модулів, треба провести найбільш «ощадливу» класифікацію управлінь. Такою є структура управління, побудована за принципом оперативності прийнятих рішень: прогноз, планування й оперативне управління; їй відповідає структура об'єкта управління: розселення жителів, організація (самоорганізація) транспортних процесів, формування потоків. Тому що модель є співвідношення між об'єктом і його управлінням, то структура моделей є відображення структури об'єкта і суб'єкта управління. Наявність визначеної структури моделей означає, що всі процеси, які підлягають моделюванню, повинні бути формально описані на різ-

них рівнях з виконанням різних вимог комплексності, агрегації, детальності й точності моделювання. Загальною вимогою для всього комплексу моделей є гнучкість, можливість їхньої ідентифікації за наявними вихідними даними.

Принциповим завданням є визначення належного рівня агрегації моделювання. З одного боку, при спробі ретельно описати всі елементи процесів можна не виявити статистичний закон поведінки всієї системи. Наприклад, моделювання макроекономічної системи безглуздо починати з молекулярного рівня. З іншого боку, зайва агрегація веде до втрати якості результатів за рахунок того, що при цьому які-небудь з істотних параметрів системи можуть бути ліквідовані. Таким чином, виникає завдання визначення необхідного й достатнього рівня агрегації транспортних процесів, якому повинна відповідати цілком визначена безліч істотних параметрів.

При дослідженні складних систем істотні параметри виділяються при ідентифікації моделі за вихідними даними, тому що в складних системах не вдається від початку і до кінця простежити дію причинно-наслідкового механізму, що формує поведінку системи, яка спостерігається. Рівень наших уявлень про протікання процесів у транспортній системі дозволяє забезпечити лише невелику «глибину перегляду» дії причинно-наслідкового механізму. Та частина системи, яку ми не в змозі проаналізувати, є «чорним ящиком». Опис об'єкта в цьому випадку припускає можливість заміни «чорного ящика» дією невеликого числа результуючих, істотних характеристик. Це завдання вирішується в процесі «припасування» моделі під фактичні дані. Очевидно, що така модель повинна мати визначені ступені свободи, тобто мати деяку обмежену безліч «настроюваних» перемінних. Процедура «настроювання» називається ідентифікацією, а моделі, що володіють зазначеними якостями, є ідентифікованими.

Критерії вибору істотних змінних моделей на різних структурних рівнях різні. Так, при вирішенні завдань прогнозу необхідно домогтися повноти моделювання системи, тобто простежити результат взаємовпливу елементів один на одного, нехай навіть за рахунок утрати точності моделювання самих елементів. Іншими словами, на цьому рівні дослідника цікавить одержання загальної правдоподібної картини процесу. Звідси складність завдань прогнозу покладена в дуже великих обсягах аналізованої вихідної інформації.

Опис транспортної системи як об'єкта планування (особливо поточного планування) ставить значно більші вимоги до детальності моделювання транспортних ситуацій. Одночасно на цьому рівні ще потрібно досить повне моделювання зв'язків системи. Тому завдання планування є найбільш складними з погляду математичного опису і особливо оптимізації.

Для завдань оперативного управління стають необхідними вимоги точності моделювання окремих елементів системи й у значно меншій мірі потрібні повнота, глобальність розрахунків. Оперативне управління покликане здійснювати контроль за станом системи, що й визначає вимоги точності моделей. У той же час оперативне управління спрямоване на компенсацію перешкод, що мають досить локальний характер.

Це говорить про можливість побудови локальних моделей. Методика побудови моделей повинна бути погоджена з їх інформаційним забезпеченням. З одного боку, вимоги до моделей припускають цілком визначені вихідні дані, а з іншого – є обмежені можливості одержання вихідної інформації, що повинне враховуватися при моделюванні.

Важливою є відповідність дозволяючої здатності моделей і можливостей інформаційного забезпечення. Вихідна інформація завжди має визначену похибку, величина якої залежить від способу її одержання. Це приводить до того, що ми маємо обмежену дозволяючу здатність спостереження процесу. Очевидно, що немає рації моделювати процес з більшою точністю. Особливо це важливо при оперативному управлінні потоками, коли прагнення до надмірної деталізації і точності моделювання часто буває не виправданим через наявність похибки в контурі зворотного зв'язку.

Часто вихідна для моделювання інформація є важко доступною у зв'язку з трудомісткістю і малою періодичністю пасажирських і транспортних обстежень. У зв'язку з цим необхідно розробити допоміжні моделі, що дозволяють «розпізнавати» транспортні ситуації і знаходити «вузлові точки» системи за доступними вихідними даними.

Контрольні питання

1. Транспортна система міста і її складові.
2. У чому полягає прогноз транспортної системи?
3. Які виникають проблеми моделювання транспортної системи на стадії прогнозів?
4. Перелічіть завдання, вирішення яких передбачено на стадії планування роботи громадського транспорту.
5. Наведіть шляхи підвищення ефективності планування транспортних процесів.

**ЗНАЧЕННЯ АВТОБУСНИХ
ПЕРЕВЕЗЕНЬ І ЇХ МІСЦЕ В
СИСТЕМІ МПТ**

2.1. Сфери застосування пасажирського автомобільного транспорту

2.2. Визначення основних термінів

2.1. Сфери застосування пасажирського транспорту

Транспорт (від лат. *transporto* – переміщую) – господарський комплекс, що здійснює перевезення людей і вантажів. До нього входять суб'єкти, які хазяйнують (організації й індивідуальні підприємці без утворення юридичної особи), здійснюють перевезення і пов'язану з ними діяльність, органи державного і муніципального управління, уповноважені з питань регулювання транспортної діяльності. За об'єктом перевезення транспорт підрозділяють на пасажирський і вантажний. Пасажирський транспорт забезпечує перевезення людей, їхньої ручної поклажі і багажу в різних видах сполучення (табл. 2.1).

Таблиця 2.1 – Пасажирооборот транспорту загального користування, млрд. пас. км

	2001р.	2002р.	2003р.	2004р.	2005р.	2006р.	2007р.	2008р.
Транспорт	222,5	120,2	113,1	112,8	117,2	121,2	128,6	135,8
наземний	204,7	116,3	111,3	110,9	114,6	117,3	123	129,6
залізничний	76	63,8	51,8	49,7	50,5	52,6	51,7	52,7
автомобільний (автобуси)*	90,3	34,8	28,8	31	35,8	40,1	47,5	52,5
трамвайний	13	5,3	9	8,7	7,8	6,7	6,6	6,5
тролейбусний	21	8,8	16,8	15,5	14,1	11,2	10,8	11,2
метрополітен	4,4	3,6	4,9	6	6,4	6,7	6,4	6,7
водний	1,7	0,6	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
морський	1,1	0,5	0,1	0	0	0	0,1	0,1
річковий	0,6	0,1	0	0,1	0,1	0,1	0	0
авіаційний	16,1	3,3	1,7	1,8	2,5	3,8	5,5	6,1

Пасажирські перевезення – діяльність з переміщення у просторі пасажирів, їхньої ручної поклажі і багажу, здійснювана з використанням транспортних засобів. За своїм соціально-економічним змістом і технологічними особливостями перевезення пасажирів підрозділяються на ряд категорій. *Муніципальні пасажирські перевезення* – перевезення, виконувані за муніципальним замовленням. *Комерційні пасажирські перевезення* – перевезення, виконувані з метою отримання якої-небудь вигоди перевізником на умовах угоди з пасажиром. *Технологічні пасажирські перевезення* – перевезення, здійснювані організаціями або підприємцями на транспортних засобах, які належать їм або орендова-

них ними, з метою задоволення потреб свого виробничого процесу і без укладання договору перевезення з іншими особами. *Перевезення пасажирів в особистих цілях* – перевезення, здійснювані громадянами на транспортних засобах, що належать їм або орендованих, експлуатованих за дорученням в особистих побутових цілях або з метою задоволення потреб їхнього сімейного господарства. До таких не відносяться перевезення, здійснювані громадянами-підприємцями в якості муніципальних, комерційних і технологічних. *Перевезення пасажирів пільгових категорій* – перевезення осіб, які мають установлену чинним законодавством пільгу в оплаті проїзду. *Перевезення пасажирів у прямому сполученні (безпересадочні перевезення)* – перевезення без пересадки пасажирів в інший транспортний засіб. *Перевезення пасажирів з пересадженням* – перевезення, здійснювані з переміщенням пасажирів у процесі поїздки з одного транспортного засобу в інший. Різновидом цих перевезень є перевезення пасажирів у змішаному сполученні, при яких пересадження здійснюється на засіб іншого виду транспорту.

За середовищем, що використовується для руху, і технічною основою пасажирський транспорт підрозділяють на види:

- дорожній, що експлуатується на дорожній мережі загального користування і включає автомобільні транспортні засоби (легкові автомобілі, автобуси і мотоцикли), міський наземний електричний (тролейбуси, трамвайні вагони, а в перспективі й електромобілі), немеханічний (транспортні засоби з двигунами внутрішнього згоряння обсягом менше 50 см³, велосипеди і велорикші, запряжні тварини);
- залізничний, що експлуатується на залізничних коліях сполучення загального користування (пасажирські вагони, електро- і дизельні потяги);
- водний, з підрозділенням на внутрішній, що використовує внутрішні водні шляхи сполучення, і морський;
- повітряний (цивільна авіація), що здійснює перевезення пасажирів літаками і вертольотами;
- використовуючий штучно створене середовище для пересування (метрополітени, естакадний транспорт, підвісні дороги та ін.).

Видові розходження обумовили організаційне відокремлення виробничих одиниць, специфіку управління перевезеннями, технології перевезень і технічної експлуатації транспортних засобів, провізну спроможність, ефективні сфери застосування й економічні характеристики різних видів МПТ.

Найбільш масові перевезення пасажирів здійснюються міським пасажирським транспортом, що підрозділяється на маршрутизований (автобус, троллейбус, трамвай, метрополітен, електропоїзд у межах міста, річковий трамвай) і немаршрутизований (легкові автомобілі, що належать громадянам, таксомотори і службові; замовлені й службові автобуси; мотоцикли; немеханічні транспортні засоби).

Сама назва «міський пасажирський транспорт» позначає основну експлуатаційну відмінність цього виду транспорту – перевезення пасажирів локалізуються в межах міста (селища міського типу, іншого населеного пункту). В

даний час спостерігається інтенсивний процес інтеграції міських форм розселення з прилягаючою приміською зоною. У цьому зв'язку відбувається стирання розходжень між внутріміськими і приміськими перевезеннями. Практично у всіх малих містах і селищах міського типу автобусні маршрути одночасно проходять по території відповідного населеного пункту й обслуговують приміську зону (ефект подвійності маршруту). В міру зростання території міста виникають чисто внутріміські автобусні маршрути, однак приміські маршрути продовжують виконувати двоїсту функцію. У ряді випадків тролейбусні й трамвайні маршрути виходять за міські границі, забезпечуючи приміські транспортні зв'язки. Тому, застосовуючи до таких понять, як транспорт, перевезення, маршрут визначення «міський», слід виходити з того, що цей термін поєднує два значення – внутріміський і приміський [4].

2.2. Визначення основних термінів

Автомобільний транспорт – галузь транспорту, яка забезпечує задоволення потреб населення та суспільного виробництва у перевезеннях пасажирів і вантажів автомобільними транспортними засобами;

Автомобіль – колісний транспортний засіб, який приводиться в рух джерелом енергії, має не менше чотирьох коліс, призначений для руху безрейковими дорогами і використовується для перевезення людей та (чи) вантажів, буксирування транспортних засобів, виконання спеціальних робіт;

Автомобільний транспортний засіб – колісний транспортний засіб (автобус, вантажний і легковий автомобіль, причіп, напівпричіп), який використовується для перевезення пасажирів, вантажів або виконання спеціальних робочих функцій (далі – транспортний засіб);

Автобус – транспортний засіб, який за своєю конструкцією та обладнанням призначений для перевезення пасажирів з кількістю місць для сидіння більше ніж дев'ять з місцем водія включно;

Автостанція – споруда або комплекс будівель, споруд, стоянок та під'їздів для прийняття, відправлення, керування рухом автобусів та обслуговування пасажирів;

Автопавільйон – споруда на зупинці для короткочасного перебування пасажирів;

Автобусний маршрут – шлях проходження автобуса між початковим і кінцевим пунктами з визначеними місцями на дорозі для посадки (висадки) пасажирів;

Автобусний маршрут міський – автобусний маршрут, який не виходить за межі території населеного пункту;

Автобусний маршрут приміський – автобусний маршрут, який з'єднує населені пункти і протяжність якого не перевищує 50 км;

Автобусний маршрут міжміський – автобусний маршрут, який

з'єднує населені пункти і протяжність якого перевищує 50 км;

Автобусний маршрут міжнародний – автобусний маршрут, який перетинає державний кордон України;

Автобусний маршрут загального користування – автобусний маршрут, на якому здійснюють регулярні пасажирські перевезення;

Автобусний маршрут спеціальних перевезень – автобусний маршрут, на якому здійснюють регулярні спеціальні пасажирські перевезення;

Автобусний маршрут нерегулярних перевезень – автобусний маршрут, на якому здійснюють нерегулярні пасажирські перевезення;

Автомобільний перевізник – фізична або юридична особа, яка здійснює на комерційній основі чи за власні кошти перевезення пасажирів чи(та) вантажів транспортними засобами;

Водій – особа, яка керує транспортним засобом і має відповідне посвідчення встановленого зразка;

Графік руху – відомості про час і послідовність виконання рейсу;

Дорожній лист – документ встановленого зразка для визначення та обліку роботи транспортного засобу;

Замовник транспортних послуг – юридична або фізична особа, яка замовляє транспортні послуги з перевезення пасажирів чи/та вантажів;

Зупинка – спеціально обладнаний пункт для очікування автобуса та посадки і висадки пасажирів;

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

Оборотний рейс – рух автобуса від початкової до кінцевої зупинки маршруту і у зворотному напрямку до початкової зупинки;

Параметри комфортності автобуса – конструктивні параметри автобуса, які визначають для пасажирів комфортність поїздки;

Пасажирські перевезення – перевезення пасажирів легковими автомобілями або автобусами;

Паспорт маршруту – документ, що містить схему маршруту, розклад руху, таблицю вартості проїзду, графіки режимів праці й відпочинку водіїв тощо;

Перевезення пасажирів у звичайному режимі руху – перевезення пасажирів автобусами на маршруті загального користування з дотриманням усіх зупинок, передбачених розкладом руху;

Перевезення пасажирів в експресному режимі руху – перевезення пасажирів автобусами на маршруті загального користування, на якому є звичайний режим руху, з дотриманням зупинок, кількість яких за розкладом руху не перевищує 25 % кількості зупинок при звичайному режимі руху;

Перевезення пасажирів у режимі маршрутного таксі – перевезення пасажирів на міському чи приміському автобусному маршруті загального кори-

сування за розкладом руху, в якому визначається час відправлення автобусів з початкового й кінцевого пункту маршруту з висадкою і посадкою пасажирів чи громадян на їхню вимогу на шляху прямування автобуса в місцях, де це не заборонено правилами дорожнього руху;

Перевезення пасажирів легковим автомобілем на замовлення – перевезення пасажирів легковим автомобілем загального призначення, замовленим юридичною або фізичною особою з укладанням письмового договору на кожну послугу чи на обумовлений термін обслуговування, в якому визначають умови обслуговування, вартість послуги, термін її виконання та інші положення за домовленістю сторін;

Послуга з перевезення пасажирів – перевезення пасажирів транспортними засобами на договірних умовах із замовником послуги за плату;

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

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

Рейс – рух транспортного засобу від початкового до кінцевого пункту маршруту;

Розклад руху – сукупність графіків руху автобусів за маршрутом;

Транспортний засіб загального призначення – транспортний засіб, не обладнаний спеціальним устаткуванням і призначений для перевезення пасажирів;

Транспортний засіб спеціалізованого призначення – транспортний засіб, який призначений для перевезення певних категорій пасажирів (автобус для перевезення дітей, інвалідів, пасажирів певних професій, швидка медична допомога, автомобіль інкасації, ритуальний автомобіль тощо) та має спеціальне обладнання (таксі, броньований, обладнаний спеціальними світловими і звуковими сигнальними пристроями тощо).

2.2.1. Законодавство про автомобільний транспорт

Законодавство про автомобільний транспорт складається із Законів України „Про транспорт”, „Про дорожній рух”, чинних міжнародних договорів та інших нормативно-правових актів у сфері автомобільних

перевезень.

Завданнями законодавства з питань перевезень пасажирів автомобільним транспортом є:

- визначення основних правових і організаційних основ державного регулювання у сфері перевезень пасажирів автомобільним транспортом;
- установлення вимог до перевізників, водіїв і транспортних засобів щодо забезпечення безпеки перевезень та екологічної безпеки;
- визначення системи державного контролю, прав, обов'язків та відповідальності державних органів виконавчої влади і перевізників за порушення міжнародних договорів і законодавства України.

Закон України „Про автомобільний транспорт” регулює відносини між автомобільними перевізниками, замовниками транспортних послуг, органами виконавчої влади та органами місцевого самоврядування, пасажирями, власниками транспортних засобів, а також їх відносини з юридичними та фізичними особами – суб'єктами підприємницької діяльності, які забезпечують діяльність автомобільного транспорту й безпеку перевезень.

2.2.2. Завдання і функції державного регулювання і контролю діяльності автомобільного транспорту

Основним завданням державного регулювання та контролю у сфері автомобільного транспорту є створення умов безпечного, якісного й ефективного перевезення пасажирів, надання додаткових транспортних послуг.

Державне регулювання і контроль у сфері автомобільного транспорту спрямовані на:

- забезпечення інтересів держави, органів місцевого самоврядування, користувачів транспортних послуг та підприємств, установ, організацій, інших юридичних і фізичних осіб – суб'єктів господарювання на автомобільному транспорті незалежно від форм власності;
- забезпечення якісного й безпечного функціонування автомобільного транспорту; розвиток і удосконалення нормативної бази діяльності автомобільного транспорту;
- визначення загальних засад стратегічного розвитку, системи управління, реформування та регулювання автомобільного транспорту;
- визначення пріоритетних напрямів розвитку й шляхів оптимізації діяльності автомобільного транспорту;
- захист прав споживачів під час їх транспортного обслуговування;
- захист національного ринку транспортних послуг і суб'єктів господарювання, що виконують свою діяльність у сфері автомобільного транспорту;
- створення рівних умов для роботи всіх суб'єктів господарювання,

що виконують свою діяльність у сфері автомобільного транспорту, обмеження монополізму та розвиток конкуренції;

- забезпечення зайнятості населення, підготовки спеціалістів і робочих кадрів, охорони праці;
- раціональне використання енергетичних і матеріальних ресурсів;
- охорона довкілля від шкідливого впливу автомобільного транспорту, проведення науково-технічної роботи, досліджень та розвиток системи статистики.

Державне регулювання і контроль у сфері автомобільного транспорту реалізуються шляхом проведення центральними й місцевими органами виконавчої влади, державними органами управління автомобільним транспортом, органами місцевого самоврядування економічної, тарифної, науково-технічної та соціальної політики, ліцензування, стандартизації та сертифікації на автомобільному транспорті, задоволення потреб автомобільного транспорту в паливно-енергетичних і матеріально-технічних ресурсах і транспортних засобах.

2.2.3. Система органів державного регулювання та контролю

Верховна Рада України визначає основні напрями державної політики у сфері автомобільного транспорту, законодавчі основи її реалізації.

Загальне державне регулювання діяльності автомобільного транспорту здійснює Кабінет Міністрів України відповідно до своїх повноважень.

Центральний орган виконавчої влади з питань автомобільного транспорту забезпечує проведення державної політики на автомобільному транспорті через урядові органи державного управління на автомобільному транспорті, службу міжнародних автомобільних перевезень й місцеві органи виконавчої влади і органи місцевого самоврядування.

Нормативно-правові акти центрального органу виконавчої влади з питань автомобільного транспорту, видані в межах його компетенції, обов'язкові до виконання на території України.

У складі центрального органу виконавчої влади з питань автомобільного транспорту функціонують: урядовий орган державного управління з питань регулювання діяльності автомобільного транспорту; урядовий орган державного управління з питань контролю на автомобільному транспорті.

Урядовий орган державного управління з питань регулювання діяльності автомобільного транспорту забезпечує:

- підготовку пропозицій щодо вдосконалення законодавства про автомобільний транспорт;
- участь у здійсненні стандартизації та сертифікації в установленому порядку;

- формування пропозицій щодо тарифної політики;
- формування мережі автобусних маршрутів загального користування в міжнародному сполученні;
- формування мережі й проведення конкурсу на міжміських та приміських автобусних маршрутах загального користування, які виходять за межі області;
- захист прав споживачів послуг автомобільного транспорту відповідно до законодавства;
- організацію наукового забезпечення щодо основних напрямів розвитку автомобільного транспорту, ефективної і безпечної його діяльності, визначення соціальних стандартів якості його роботи та їх реалізації.

Урядовий орган державного управління з питань контролю на автомобільному транспорті здійснює:

- державний контроль за додержанням суб'єктами господарювання, які проводять діяльність у сфері автомобільного транспорту, вимог законодавства про автомобільний транспорт, норм та стандартів законодавчо регульованої сфери, що визначають організацію перевезення пасажирів і вантажів автомобільним транспортом;
- державний нагляд за забезпеченням суб'єктами господарювання, які провадять діяльність у сфері автомобільного транспорту, безпеки автомобільних перевезень;
- державний контроль за додержанням вітчизняними й іноземними автомобільними перевізниками норм міжнародних конвенцій і договорів про міжнародне автомобільне сполучення;
- видачу відповідно до законодавства ліцензій на право провадження господарської діяльності щодо надання послуг з перевезення пасажирів автомобільним транспортом і контроль ліцензійних умов;
- державний контроль за недопущенням надання послуг з перевезення пасажирів автомобільними перевізниками, які не одержали відповідної ліцензії та ліцензійних карток на транспортні засоби, що при цьому використовуються, який здійснюється на автостанціях, автобусних зупинках, у місцях посадки та висадки пасажирів, на стоянках таксі.

Органи місцевого самоврядування формують мережу міських автобусних маршрутів загального користування і здійснюють контроль за виконанням транспортного законодавства на відповідній території згідно з повноваженнями, визначеними законами України.

2.2.4. Організація пасажирських перевезень органами виконавчої влади й органами місцевого самоврядування

Органи виконавчої влади й органи місцевого самоврядування зобов'язані:

- забезпечувати формування автобусної маршрутної мережі загального користування і мережі таксомоторних стоянок й розробляти перспективи їх розвитку;

- організовувати утримання в належному стані проїзної частини автомобільних доріг та під'їздів (на міських автобусних маршрутах загального користування) і в разі завдання матеріальних збитків автомобільному перевізнику, що обслуговує автобусний маршрут загального користування, унаслідок неналежного утримання проїзної частини автомобільної дороги чи під'їзду компенсувати йому збитки;

- забезпечувати облаштування необхідною інфраструктурою автобусних маршрутів загального користування, а саме автопавільйонами, інформаційним забезпеченням пасажирів й підтримувати її в належному технічному та санітарному стані;

- забезпечувати розроблення паспортів автобусних маршрутів загального користування з визначенням необхідної кількості автобусів, їх пасажиромісткості, класу, технічних та екологічних показників, розкладу руху. Порядок розроблення та затвердження паспорта маршруту визначає центральний орган виконавчої влади з питань автомобільного транспорту;

- проводити конкурс на перевезення пасажирів на автобусних маршрутах загального користування;

- забезпечувати укладання договору на автобусних маршрутах загального користування з автомобільним перевізником – переможцем конкурсу на міських, приміських і міжміських автобусних маршрутах загального користування, які не виходять за межі території області (внутрішньо обласні маршрути), чи надання дозволу на приміських і міжміських автобусних маршрутах загального користування, які виходять за межі території області (міжобласні маршрути), й забезпечувати контроль за виконанням ним умов договору чи дозволу;

- забезпечувати безпечне і якісне обслуговування пасажирів на автобусних маршрутах загального користування;

- забезпечувати компенсацію втрат автомобільному перевізнику внаслідок перевезення пільгових категорій пасажирів і регулювання тарифів.

Органи виконавчої влади й органи місцевого самоврядування мають право:

- достроково розірвати договір з автомобільним перевізником чи позбавити його дозволу в разі порушення ним умов договору чи дозволу і призна-

чити для роботи на автобусному маршруті загального користування (групі маршрутів) автомобільного перевізника, який за результатами конкурсу зайняв наступне місце, а в разі їх відмови – призначати до проведення конкурсу автомобільного перевізника один раз на термін не більше ніж три місяці;

- у разі припинення автомобільним перевізником перевезення пасажирів на автобусному маршруті загального користування призначати перевізника, який за результатами конкурсу зайняв наступне місце, а в разі їх відмови – призначати до проведення конкурсу автомобільного перевізника один раз на термін не більше ніж три місяці;

- у разі відкриття автобусного маршруту, який не має паспорта, призначати один раз тимчасового автомобільного перевізника на термін до трьох місяців, після чого за результатами функціонування маршруту приймати рішення щодо доцільності відкриття маршруту та проведення конкурсу;

- укладати договір з автомобільним перевізником (на таксі) на право користування облаштованими таксомоторними стоянками й послугами диспетчерських станцій, якщо таксомоторні стоянки й диспетчерські станції є власністю органів виконавчої влади і органів місцевого самоврядування.

Стандартизація і оцінка відповідності на автомобільному транспорті забезпечує:

- реалізацію єдиної науково-технічної політики з питань створення, експлуатації, ремонту, технічного обслуговування та утилізації транспортних засобів;

- підвищення надійності, комфортності й безпечності транспортних засобів, якості робіт та послуг відповідно до розвитку науки і техніки, потреб населення і народного господарства;

- захист інтересів споживачів і держави у питаннях безпеки перевезень для життя, здоров'я людей та майна осіб, охорони довкілля;

- економію всіх видів ресурсів, поліпшення техніко-економічних показників діяльності;

- безпеку об'єктів з урахуванням ризику виникнення природних і техногенних катастроф та інших надзвичайних ситуацій.

Сертифікацію транспортних засобів, робіт, послуг на автомобільному транспорті здійснюють з метою:

- запобігання використанню транспортних засобів, надання робіт, послуг, небезпечних для життя, здоров'я людей та довкілля;

- сприяння споживачам у свідомому виборі транспортних засобів, робіт, послуг;

- створення умов для участі суб'єктів господарювання в міжнародному економічному, науково-технічному співробітництві.

Особливості ліцензування на автомобільному транспорті

Ліцензування на автомобільному транспорті спрямоване на визначення початкових і поточних умов надання послуг з перевезень пасажирів, а також найважливіших параметрів обслуговування споживачів.

Завданням ліцензування на автомобільному транспорті є:

- сприяння становленню сучасного ринку послуг, розвитку автомобільного транспорту та стимулювання впровадження нових видів послуг;
- підвищення ефективності використання транспортних засобів;
- створення конкурентного середовища;
- захист прав споживачів та ринку послуг від небезпечних перевезень;
- забезпечення соціальних стандартів транспортного обслуговування;
- забезпечення використання сертифікованих і дозволених для використання транспортних засобів;
- забезпечення доступності послуг та підвищення якості транспортного обслуговування;
- забезпечення допуску автомобільних перевізників до перевезення пасажирів транспортними засобами на комерційній основі шляхом їх попередньої перевірки на відповідність вимогам ліцензійних умов.

Підтвердження відповідності перевізника вимогам ліцензійних умов здійснюється органом ліцензування шляхом перевірки перевізника за місцем його розташування або надання перевізником органу ліцензування сертифіката відповідності послуг з перевезення пасажирів автобусами ліцензійним умовам.

Ліцензія видається на господарську діяльність з надання послуг з перевезення пасажирів на такі види робіт:

- надання послуг з внутрішніх перевезень пасажирів автобусами;
- надання послуг з внутрішніх перевезень пасажирів на таксі;
- надання послуг з внутрішніх перевезень пасажирів легковими автомобілями на замовлення;
- надання послуг з міжнародних перевезень пасажирів автобусами;
- надання послуг з міжнародних перевезень пасажирів на таксі;
- надання послуг з міжнародних перевезень пасажирів легковими автомобілями на замовлення.

Орган ліцензування приймає рішення про видачу ліцензії або про відмову в її видачі у строк не пізніше 30 календарних днів з дати надходження заяви про видачу ліцензії і документів, що додаються до заяви.

Ліцензія на надання послуг з міжнародних перевезень пасажирів надає право автомобільному перевізнику надавати послуги з внутрішніх перевезень пасажирів.

Тарифна політика на автомобільному транспорті

Тарифна політика на автомобільному транспорті має задовольняти підприємницький інтерес, забезпечувати розвиток автомобільного транспорту, стимулювати впровадження новітніх технологій перевезень, застосування сучасних типів транспортних засобів, а також сприяти вирішенню таких завдань:

- збільшення можливостей суб'єктів господарювання щодо забезпечення потреб споживачів у послугах, залучення інвестицій у розвиток автомобільного транспорту та досягнення сталих економічних умов роботи;
- стимулювання конкуренції та появи нових суб'єктів господарювання, які належать до автомобільного транспорту;

- забезпечення балансу між платоспроможним попитом на послуги і обсягом витрат на їх надання;
- забезпечення стабільності, прозорості й прогнозованості тарифів.
- реалізація єдиної тарифної політики передбачає затверджену центральним органом виконавчої влади з питань автомобільного транспорту методику розрахунку тарифів за видами перевезень.

Надання соціально значущих послуг автомобільного транспорту

Надання соціально значущих послуг автомобільного транспорту здійснюється відповідно до законодавства з питань поставки продукції для державних потреб.

Соціально значущими послугами автомобільного транспорту є послуги з перевезення пасажирів автобусними маршрутами загального користування за визначеними уповноваженими органами тарифами й на пільгових умовах відповідно до законодавства.

Страхування на автомобільному транспорті

Страхування на автомобільному транспорті здійснюється відповідно до законодавства.

При придбанні квитка пасажиру надається інформація щодо здійсненого виду обов'язкового страхування та про страховика.

Забезпечення діяльності автомобільного транспорту

Організаційне, науково-технічне та методичне забезпечення, державне регулювання та контроль на автомобільному транспорті фінансуються за рахунок коштів Державного бюджету України та з інших джерел, не заборонених законодавством України.

Контрольні питання

1. Перелічіть категорії, на які підрозділяються перевезення пасажирів за своїм соціально-економічним змістом і технологічними особливостями.
2. Наведіть види пасажирського транспорту і їх особливості.
3. На що спрямоване державне регулювання та контроль у сфері автомобільного транспорту?
4. Що забезпечує урядовий орган державного управління з питань регулювання діяльності автомобільного транспорту?
5. Як органи виконавчої влади й органи місцевого самоврядування впливають на організацію пасажирських перевезень?
6. Основні завдання ліцензування на автомобільному транспорті.
7. Що забезпечує стандартизація і оцінка відповідності на транспорті?
8. На які види робіт видається ліцензія при організації перевезень пасажирів?

**ІНФОРМАЦІЙНО-АНАЛІТИЧНЕ
ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПЕРЕВЕЗЕНЬ
МІСЬКИМ ПАСАЖИРСЬКИМ
ТРАНСПОРТОМ**

- 3.1. Облік і звітність щодо міських перевезень пасажирів**
- 3.2. Техніко-експлуатаційні показники використання транспортних засобів**
- 3.3. Техніко-експлуатаційні показники маршрутів міського пасажирського транспорту**

3.1. Облік і звітність щодо міських перевезень пасажирів

Організація міських пасажирських перевезень, планування роботи МПТ, розробка регіональних і місцевих програм підтримки і розвитку МПТ ґрунтуються на використанні різної інформації як загального характеру (чисельність населення, площа території муніципального утворення), так і спеціальної транспортної інформації. Для одержання останньої на МПТ організують систему обліку визначених показників, тобто встановлення значень цих показників шляхом підрахунків. Показники, що періодично враховуються, акумулюють у звітності – документах, що містять зведення про виконану роботу і зроблені витрати. Показники, відображені в звітності, необхідні для здійснення успішної експлуатаційної й економічної діяльності організацій МПТ.

Стосовно цілей облік підрозділяють на оперативний, бухгалтерський і статистичний [4]. У результаті обліку формується звітна документація, що містить установлені дані, які потім використовуються в управлінні виробничими процесами, а також з метою оподатковування і контролю за фінансовою діяльністю організацій МПТ, для розробки програм підтримки і розвитку МПТ, реалізації інших заходів державної і муніципальної політики в сфері перевезень пасажирів.

Оперативний облік експлуатаційної діяльності на МПТ є засобом спостереження за перевізним процесом для одержання інформації, яка використовується при розробці оперативних управлінських рішень щодо коректування перевезень у напрямку підвищення якості обслуговування пасажирів і ефективності діяльності. Оперативний облік служить джерелом для акумулювання інформації, що використовується в наступному для ведення статистичного і бухгалтерського обліків.

Бухгалтерський облік спрямований на встановлення руху господарських коштів і фіксацію виконаних господарських операцій. Цей облік здійснюється за допомогою ведення бухгалтерських документів, що відбивають рух господарських коштів як у матеріальній формі, так і в грошовому вираженні. Бухгалтерський облік здійснюється бухгалтерією організації МПТ, куди служба експлуатації представляє: оброблені й закриті шляхові листи, квитково-звітну документацію, виручку, залишки квитків і квитанцій, звіти контролерів, диспетчерську документацію з виконання рейсів водіями і регулярності руху по маршрутах, таблиці робочого часу персоналу служби експлуатації (у розрізі її виробничих структурних підрозділів), інші дані первинного обліку роботи.

Статистичний облік служить засобом узагальнення основних показників, що характеризують роботу організацій МПТ за встановлений звітний період (місяць, квартал, рік). Статистичний облік здійснюють на основі даних оперативного і бухгалтерського обліків. Варто розрізняти два підвиди статистичного обліку: по-перше, статистичному обліку підлягають обов'язкові показники, включені у встановлені форми державного статистичного спостереження (облік таких показників виконується в безумовному порядку і керівник організації несе відповідальність за вірогідність відображення даних обліку у формах статистичної звітності); по-друге, статистичному обліку можуть піддаватися додаткові показники, встановлені організацією МПТ самостійно для власних виробничих цілей. В останньому випадку облік є факультативним, організується і проводиться в інтересах керування виробництвом.

В експлуатаційній практиці організації МПТ ведуть облік *різних техніко-експлуатаційних показників (ТЕП)*, що кількісно характеризують використання технічних можливостей здійснення перевезень пасажирів і визначальних меж потенційної інтенсифікації цих перевезень. Кожний з таких (окремих) показників відбиває один з істотних факторів, що впливають на формування інтегрального показника, розглянутого як виробничий результат експлуатаційної діяльності. Розрізняють ТЕП використання транспортних засобів (диференціюються за видами МПТ, окремими організаціями МПТ і їхніми виробничими підрозділами), маршрутної системи міста в цілому, маршрутної системи виду МПТ і окремих маршрутів. Сукупність значень ТЕП визначає теоретично граничні й фактичні результати експлуатаційної діяльності.

3.2. Техніко-експлуатаційні показники використання транспортних засобів

Техніко-експлуатаційні показники використання транспортних засобів відбивають істотні сторони комерційної експлуатації активної частини основних виробничих фондів транспортної організації і підрозділяються на ТЕП, що характеризують наявність транспортних засобів, використання їх у часі, використання можливості транспортних засобів до переміщення у просторі, пасажиромісткість і її використання, ритмічність руху на маршрутах (табл. 3.1).

ТЕП формують експлуатаційні результати використання транспортних засобів в абсолютному і питомому вираженні (табл. 3.2).

Наявність транспортних засобів характеризують:

- числом календарних днів перебування кожної одиниці транспортних засобів у господарстві (у транспортній організації). Днем перебування в господарстві є щоденне перебування транспортного засобу на бухгалтерському ба-

лансі. Дні перебування в господарстві враховуються в первинному документі – картці обліку, яку ведуть роздільно на кожну одиницю транспортних засобів;

- сумарним часом перебування транспортних засобів у господарстві в днях і годинах стосовно до специфіки різних видів МПТ – автомобіле-дні і автомобіле-години для автобусних перевезень;

Таблиця 3.1 – Техніко-експлуатаційні показники використання парку транспортних засобів МПТ

Найменування і позначення ТЕП	Розрахункова залежність	Легенда до розрахункової залежності
Число календарних днів перебування автобуса в господарстві K , днів	$K = \sum_{t=1}^{365} K_t$	t - порядковий номер дня в році; K_t - змінний показник; $K_t = 1$, якщо автобус у день t числився на балансі господарства; $K_t = 0$ у протилежному випадку
Число днів роботи автобуса K_p , днів	$K_p = \sum_{t=1}^{365} K_{pt}$	$K_{pt} = 1$, якщо автобус виїжджав у день t на лінію, $K_{pt} = 0$ у протилежному випадку
Число днів перебування автобуса в ТО, ремонті або їхньому чеканні K_{TOP} , днів	$K_{TOP} = \sum_{t=1}^{365} K_{TOPt}$	$K_{TOPt} = 1$, якщо автобус у день t був у ТО, ремонті або їхньому чеканні і не виїжджав на лінію, $K_{TOPt} = 0$ у протилежному випадку
Число днів простою автобуса в господарстві $K_{np.occ}$, днів	$K_{np.occ} = \sum_{t=1}^{365} K_{np.occ t} = K - K_p - K_{TOP}$	$K_{np.occ} = 1$, якщо автобус у день t не виїжджав на лінію і не був у ТО, ремонті або їхньому чеканні, $K_{np.occ} = 0$ у протилежному випадку
Автомобіле-дні перебування в господарстві AD_x , днів	$AD_x = \sum_{i=1}^n K_i$	i - умовний номер автобуса; $i = 1, \dots, n$; K_i - число календарних днів перебування автобуса i в господарстві, днів
Середньосписочне число автобусів A_{cc} , од.	$A_{cc} = AD_x / D$	D - число календарних днів у розглянутому періоді (наприклад, у році, місяці), днів
Автомобілі-дні в роботі AD_p , дні	$AD_p = AD_x - AD_{TOP} - AD_{np.occ}$	AD_{TOP} - автомобілі-дні простою в ТО, ремонті і його чеканні, дні; $AD_{np.occ}$ - автомобілі-дні простою по різних інших причинах, днів
Автомобіле-дні в ТО, ремонті або їхньому чеканні AD_{TOP} , днів	$AD_{TOP} = \sum_{i=1}^n K_{TOPi}$	K_{TOPi} - число днів перебування автобуса з умовним номером i у ТО, ремонті або

Найменування і позначення ТЕП	Розрахункова залежність	Легенда до розрахункової залежності
Автомобіле-дні в простій $AD_{np.occ}$, днів	$AD_{np.occ} = \sum_{i=1}^n K_{np.occ i}$	$K_{np.occ i}$ - число днів перебування автобуса з умовним номером i у простій, днів
Коефіцієнт випуску на лінію α_g	$\alpha_g = AD_p / AD_x$	-
Коефіцієнт технічної готовності α_T	$\alpha_T = AD_{mic} / AD_x = (AD_p + AD_{np.occ}) / AD_x$	AD_{mic} - автомобілі-дні в технічно справному стані, дні
Час у наряді T_n , год.	$T_n = AЧ_p / AD_p$	$AЧ_p$ - автомобілі-години у роботі, год (по шляхових аркушах)
Коефіцієнт часу в наряді (використання часу доби) δ	$\delta = T_n / 24$	24 – кількість годин у добі
Час у русі $T_{\delta v}$, год.	$T_{\delta v} = T_n - T_{np.occ}$	$T_{np.occ}$ - час у різних простоях між рейсами, на початку і кінці зміни, год.
Автомобіле-години в русі $AЧ_{\delta v}$, год.	$AЧ_{\delta v} = \sum_{h=1}^H T_{\delta v h}$	h - умовний номер шляхового листа; $h = 1, \dots, H$; $T_{\delta v h}$ - час у русі, що зафіксований у шляховому листі з умовним номером h , год.
Автомобіле-години у простоях на лінії $AЧ_{np.occ}$, год.	$AЧ_{np.occ} = \sum_{h=1}^H T_{np.occ h}$	$T_{np.occ h}$ - час у простій, що зафіксоване в шляховому листі з умовним номером h , год.
Автомобіле-години в експлуатації $AЧ_{\delta v}$, год.	$AЧ_{\delta v} = AЧ_{\delta v} + AЧ_{np.occ}$	$AЧ_{\delta v}$ - автомобіле-години у русі, год.; $AЧ_{np.occ}$ - автомобіле-години у простій на лінії, год.
Загальна пасажиромісність парку транспортних засобів $q_{\delta v}$	$q_{\delta v} = \sum_{j=1}^r q_j A_{ccj}$	q_j - пасажиромісність автобуса моделі j , пас.; A_{ccj} - середньосписочне число автобусів моделі j , од.
Середня пасажиромісність автобуса, q_{cp} , місць	$q_{cp} = q_{\delta v} / A_{cc}$	-
Пробіг автобусів загальний $L_{\delta v}$, км	$L_{\delta v} = \sum_{k=1}^n L_k$	L_k - пробіг k -автобуса за розглянутий період часу (наприклад за рік), км; $k = 1, \dots, n$ - умовний номер автобуса

Пробіг автобуса середньо-добовий L_{cc} , км

$$L_{cc} = L_{обц} / АД_p$$

-

Продовження табл. 3.1

Найменування і позначення ТЕП	Розрахункова залежність	Легенда до розрахункової залежності
Коефіцієнт використання пробігу, β	$\beta = L_{марш} / L_{обц} = L_{марш} / (L_{марш} + L_{непр})$	$L_{обц}$ - загальний пробіг, км; $L_{непр}$ - загальний непродуктивний пробіг (нульові рейси, переїзди на заправлення, ін. маршрути й ін.), км
Пробіг автобуса по розглянутих маршрутах $L_{марш}$, км	$L_{марш} = \sum_{\mu=1}^n (l_{пр\mu} z_{пр\mu} + l_{обр\mu} z_{обр\mu})$	μ - умовний номер маршруту; $l_{пр\mu}$ і $l_{обр\mu}$ - довжини маршрутів відповідно для прямого і зворотного напрямків (рейсів), км; $z_{пр\mu}$ і $z_{обр\mu}$ - число відповідно прямих і зворотних рейсів, зроблених на маршруті μ , од.
Середня експлуатаційна швидкість V_3 , км/год	$V_3 = L_{cc} / T_n \text{ або } V_3 = \frac{L_{марш}}{\sum_{\mu=1}^n (T_{пр\mu} z_{пр\mu} + T_{обр\mu} z_{обр\mu})}$	$T_{пр\mu}$ і $T_{обр\mu}$ - час прямого і зворотного рейсів на маршруті μ , год. (останнє рівняння більш точне і застосовується в експлуатаційному аналізі)
Середня технічна швидкість V_T , км/год	$V_T = L_{обц} / АЧ_{дв}$	$L_{обц}$ - загальний пробіг, км; $АЧ_{дв}$ - автомобіле-години у русі, год.
Загальне число виконаних рейсів $z_{обц}$ по розглянутих n маршрутах, од.	$z_{обц} = \sum_{\mu=1}^n (z_{расц\mu} + z_{доп\mu} - z_{отм\mu})$	$z_{расц\mu}$ - число рейсів, що передбачені розкладом руху на маршруті μ , од.; $z_{доп\mu}$ і $z_{отм\mu}$ - число рейсів, відповідно додатково призначених і невиконаних (скасованих) на маршруті μ , од.
Число регулярних рейсів $z_{рег}$	$z_{рег} = \sum_{\mu=1}^n (z_{расц\mu} - z_{нерег\mu})$	$z_{нерег\mu}$ - число нерегулярних рейсів (з порушеннями і невиконаних), од.
Коефіцієнт виконання рейсів $K_{рейс}$	$K_{рейс} = z_{вып} / (z_{расц} + z_{дон})$	$z_{вып}$ - число виконаних рейсів, од.
Коефіцієнт регулярності руху R	$R = \sum_{\mu=1}^n z_{рег\mu} / \sum_{\mu=1}^n z_{расц\mu}$	$z_{рег\mu}$ - число регулярних рейсів на маршруті μ , од.
Надана пасажиромісткість $Q_{парка}$, пас.	$Q_{парка} = \sum_{\mu=1}^n (A_{\mu} q_{ср\mu})$	A_{μ} - середня пасажиромісткість автобуса на маршруті μ , пас.

Можливий обсяг перевезень $Q_{возм}$, пас.

$$Q_{возм} = \sum_{\mu=1}^u (q_{ср\mu} z_{\mu} k_{с\mu\mu})$$

z_{μ} - число рейсів, виконаних на маршруті μ , од.;

Продовження табл. 3.1

Найменування і позначення ТЕП	Розрахункова залежність	Легенда до розрахункової залежності
Статичний коефіцієнт наповнюваності (використання пасажиромісткості) γ_c	$\gamma_c = \frac{Q_{обц}}{Q_{пред}}$	$k_{с\mu\mu}$ - коефіцієнт змінюваності пасажирів на маршруті μ ; $q_{с\mu\mu}$ - середня пасажиромісткість автобуса на маршруті μ . $Q_{обц}$ - загальний обсяг перевезень пасажирів на маршрутах, пас.
Динамічний коефіцієнт наповнюваності (використання пасажировмісткості) γ_d	$\gamma_d = \frac{P_{обц}}{\sum_{\mu=1}^u (L_{нас\mu} q_{ср\mu} k_{с\mu\mu})}$	$P_{обц}$ - загальний пасажирооборот, пас-км; $L_{нас\mu}$ - загальний пробіг з пасажирями на маршруті μ , км
Пасажиро-місця-дні в господарстві $МД_x$, пас-місце-дні	$МД_x = \sum_{j=1}^r (q_j A_{с\mu j} АД_{xj})$	$АД_{xj}$ - автобусо-дні в господарстві автобусів марки j ($j = 1, \dots, r$)
Пасажиро-місця-дні в роботі $МД_p$, пас-місце-дні	$МД_p = \sum_{j=1}^r (q_j A_{с\mu j} АД_{pj})$	$АД_{pj}$ - автобусо-дні в роботі автобусів марки j
Пасажиро-місця-години в роботі $МЧ_p$, пас.-місце-год	$МЧ_p = МД_p T_n$	-
Середня дальність поїздки пасажирів l , км	$l = P / Q$	P - пасажирооборот, тис. пас-км; Q - обсяг перевезень пасажирів, тис.пас. (табл. 2.2)
Середній інтервал I_{cp} , хв.	$I_{cp} = 1 / \sum_{\mu=1}^u (1 / I_{\mu})$	I_{μ} - інтервал руху на маршруті μ , хв.
Середня частота руху автобусів \mathcal{C}	$\mathcal{C} = 1 / I_{cp}$	-

Таблиця 3.2 – Експлуатаційні результати використання парку транспортних засобів МПТ

Найменування і позначення ТЕП	Розрахункова залежність	Легенда до розрахункової залежності
Обсяг перевезень пасажирів Q , пас.	$Q = \frac{DA_{cc} \alpha_6 T_n V_3 \beta q \gamma}{l}$	D - число календарних днів у розглянутому періоді; інші показники середні
Пасажирооборот P , пас-км Автомобіле-години роботи, год.	$P = DA_{cc} \alpha_6 T_n V_3 \beta q \gamma$ $DA_{cc} \alpha_6 T_n$	Те ж -
Виробіток на один автобус	$B_n = Q / A_{cc}$	Може також визначатися на

B_n , пас.

Виробіток на один автобус

$B_{пкм}$, пас-км

$$B_{пкм} = P / A_{cc}$$

одне пасажиро-місце

-

▪ середньосписочним числом одиниць транспортних засобів у транспортній організації за звітний період, що представляє число автобусів, які знаходилися в господарстві (на балансі), в роботі, резерві, у простої з розрахунку на один день розглянутого періоду. Цей показник розрахунковий і враховує зміну чисельності транспортних засобів у різні дні внаслідок поповнення і списання частини транспортних засобів.

Використання транспортних засобів у часі характеризують:

▪ числом днів і годин у роботі, русі, ТО і ремонті, простої з різних причин. Диференційовано враховують також час перебування транспортних засобів у різних станах: у роботі, резерві й простої;

▪ коефіцієнтами технічної готовності й випуску транспортних засобів на лінію;

▪ часом у наряді й коефіцієнтом часу в наряді.

Використання можливості транспортних засобів до переміщення в просторі характеризують:

▪ середньодобовим пробігом 1 од. транспортного складу;

▪ загальним пробігом транспортних засобів за розглянутий період часу;

▪ швидкостями руху;

▪ коефіцієнтом використання пробігу.

Характеристиками *пасажиромісткості* й її *використання* служать:

▪ пасажиромісткість одиниці транспортних засобів конкретної моделі, загальна і середня пасажиромісткість;

▪ надана пасажиромісткість і можливий обсяг перевезень;

▪ пасажиро-міся-дні і пасажиро-міся-години; коефіцієнти наповнюваності (використання пасажиромісткості);

▪ середня дальність поїздки пасажирів.

Ритмічність руху на маршрутах характеризується:

▪ числом рейсів;

▪ інтервалами і частотою руху на маршрутах;

▪ регулярністю руху.

Експлуатаційні результати можуть бути виражені в абсолютній або питомій формі. Експлуатаційні результати в абсолютній формі прийнято характеризувати:

• для маршрутних перевезень обсягом перевезень пасажирів і пасажирооборотом;

• для замовлених автобусних перевезень автомобілі-годинами у роботі (наряді).

Обсяг перевезень Q дорівнює числу перевезених пасажирів за певний інтервал часу і визначається двома способами:

1) розрахунково-аналітичним за допомогою залежності, що наведена в табл. 3.2;

2) виходячи із суми, отриманої за розглянутий час виторгу.

Для цілей експлуатаційного аналізу і вирішення завдань організації перевезень на маршрутах слід використовувати перший із зазначених способів. Пасажиरोоборотом прийнято називати обсяг транспортної роботи, що була виконана. Пасажирооборот дорівнює добуткові обсягу перевезень пасажирів на середню дальність поїздки пасажира.

Комерційна експлуатація замовлених автобусів здійснюється наданням замовникові перевезень транспортних засобів на термін, установлений договором перевезення. Тому вимірником виробничого результату служить час в наряді, що включає власне час перебування автобуса в розпорядженні замовника й оплачуваний розрахунково-нормативний час руху автобуса до замовника і повернення в гараж по закінченні роботи.

Питомим вираженням виробничих результатів служать показники виробітку транспортних засобів, обумовлені як частки від розподілу: пасажирообороту на пробіги загальний і з пасажирами; обсягу перевезень на пробіги загальний і з пасажирами; пасажирообороту й обсягу перевезень на середньоспичне число пасажиро-місць.

Результуючими показниками роботи маршрутних автобусів служать обсяг перевезень пасажирів і пасажирооборот (табл. 3.2). Загальний обсяг перевезень пасажирів характеризує число пасажирів, які були перевезені за розглянутий період на маршрутах:

$$Q_{\text{общ}} = \sum_{\mu=1}^u Q_{\text{общ}\mu}, \quad (3.1)$$

де $Q_{\text{общ}\mu}$ - обсяг перевезень пасажирів на маршруті μ , пас.

Обсяг перевезень можна встановити аналітично за формулою продуктивності (обсягу перевезень), зазначеної в табл. 3.2, з використанням показників, розглянутих раніше. Середня пасажиромісткість при цьому

$$q_{\text{ср}} = \sum_{j=1}^r q_j A_{\text{ср}j} / \sum_{j=1}^r A_{\text{ср}j}. \quad (3.2)$$

Загальний пасажирооборот $P_{\text{общ}}$ відбиває виконану транспортну роботу в пасажиро-кілометрах, тобто дорівнює добуткові обсягу перевезень на середню дальність поїздки пасажира:

$$P_{\text{общ}} = \sum_{\mu=1}^u P_{\text{общ}\mu} = \sum_{\mu=1}^u (Q_{\text{общ}\mu} l_{\text{ср}\mu}). \quad (3.3)$$

Пасажиरोоборот можна також установити аналітично, використовуючи наведену в табл. 3.2 залежність.

Слід відзначити, що результуючі показники роботи маршрутних автобусів встановлюють і розраховують по-різному залежно від переслідуваних цілей. Розглянутий вище порядок дозволяє визначити обсяг перевезень і пасажирооборот для цілей вирішення завдань організації перевезень і аналізу виробничо-господарської діяльності транспортної організації.

ТЕП погодинних автобусів мають відмінності від показників, використовуваних при маршрутних перевезеннях. Ці відмінності обумовлені виміром корисного результату при погодинних перевезеннях не числом перевезених пасажирів, а відпрацьованими автомобілі-годинами. На такий результат не впливає використання пробігу і пасажиромісткості погодинного автомобіля. Тому при погодинних перевезеннях прийняті коефіцієнти $\beta = 1$ і $\gamma = 1$. Показники $AD_x, AD_p, AD_{TOP}, AD_{прост}, AЧ_p, \alpha_v, \alpha_m, T_n, L_{cc}, q_{\text{общ}}$ визначають як і для маршрутних автобусів. Підсумковий результат – автомобіле-години в роботі визначають підсумовуванням облікових даних у шляхових листах. Аналітична форма цього показника

$$Q_x = A_{cc} D \alpha T_n. \quad (3.4)$$

3.3. Техніко-експлуатаційні показники маршрутів міського пасажирського транспорту

Маршрути як експлуатаційний і технічний об'єкт також мають свої ТЕП (табл. 3.3). Ці показники характеризують окремих маршрут і сукупність маршрутів (групу маршрутів, маршрути визначеного виду МПТ або всю маршрутну систему населеного пункту).

Маршрут характеризується числом виходів на маршрут і числом працюючих на ньому в різні періоди доби одиниць транспортних засобів A_μ .

Пасажиропотік на маршруті характеризується: коефіцієнтом змінюваності пасажирів; коефіцієнтами нерівномірності пасажиропотоку за довжиною маршруту, за годинами доби і напрямками руху; середньою дальністю поїздки пасажирів (у кілометрах); числом посадок і виходів пасажирів на зупинках (у пасажирів); пасажирообміном кожної зупинки (у пасажирів); інтенсивністю

пасажиropотоку на перегонах маршруту (у пасажирах); кореспонденціями зупинок (у пасажирах).

Техніко-експлуатаційними показниками окремих зупинок маршруту є: габаритні розміри (довжина і ширина) посадкової площадки (у метрах); поздовжній ухил посадкової площадки (у промілях); число одиниць транспортних засобів, що одночасно обслуговуються; висота посадкової площадки над поверхнею проїзної частини, мм.

Підсумковими результуючими показниками роботи маршруту є обсяг перевезень (у пасажирах) і пасажирооборот (у пасажиро-кілометрах). Обсяг перевезень пасажирів на маршруті $Q_{\text{марш}}$ визначається:

1) за результатами реалізації усіх видів проїзних документів з урахуванням установленної нормативної рухливості пасажирів різних категорій;

2) аналітично за формулами з табл. 3.2 (показники беруть для розглянутого маршруту). Пасажирооборот на маршруті $P_{\text{марш}}$ визначають аналогічно.

Обсяг перевезень і пасажирооборот, визначені першим із зазначених способів, використовують для статистичного обліку і звітності, а другий – для техніко-експлуатаційного аналізу й організації перевезень.

Таблиця 3.3 – Техніко-експлуатаційні показники маршрутів МПТ

Найменування і позначення ТЕП	Розрахункова залежність	Легенда до розрахункової залежності
<i>Показники окремого маршруту</i>		
Число днів роботи маршруту в році AD_{μ} , дні	$AD_{\mu} = \sum_{t=1}^{365} K_t$	t - умовний номер дня в році; $K_t = 1$, якщо в день з номером t маршрут працює; $K_t = 0$ у противному разі
Тривалість роботи маршруту за добу T_m , год	$T_m = T_{\text{кон}} - T_{\text{нач}}$	$T_{\text{кон}}$ і $T_{\text{нач}}$ - час відповідно закінчення і початку роботи маршруту, год-хв
Довжина маршруту L_{μ} , км	$L_{\mu} = \sum_{h=1}^H l_h$	h - умовний номер перегону маршруту $h = 1, \dots, H$; l_{μ} - довжина перегону з номером h , м (Показник L_{μ} визначають роздільно по кожному напрямку руху при їхній розбіжності)
Число зупинок маршруту $N_{\text{ост}}$, ед.	$N_{\text{ост}} = n_{AB} + n_{BA}$	n_{AB} і n_{BA} - число зупинок у напрямках відповідно від A до B (прямий) і від B до A (зворотній)
Середня довжина перегону маршруту $l_{\text{пер}}$, м	$l_{\text{пер}} = \frac{L_{\mu}}{N_{\text{ост}} - s}$	s - умовний параметр; $s = 1$ для одного з напрямків руху, $s = 2$ для всього лінійного маршруту, $s = 0$ для кільцевого маршруту і його окремих напрямків руху

<p>Експлуатаційна швидкість руху на маршруті V_3, км/год</p>	$V_3 = \frac{L_{np}z_{np} + L_{обр}z_{обр}}{T_{np}z_{np} + T_{обр}z_{обр}}$	<p>L_{np} і $L_{обр}$ - довжини маршруту відповідно в прямому і зворотному напрямках руху, км; T_{np} і $T_{обр}$ - час відповідно прямого і зворотного рейсу відповідно на маршруті, год.; z_{np} і $z_{обр}$ - число рейсів відповідно в прямому</p> <p><i>Продовження табл. 3.3</i></p>
<p>Найменування і позначення ТЕП</p>	<p>Розрахункова залежність</p>	<p>Легенда до розрахункової залежності</p>
<p>Час оборотного рейсу на маршруті $T_{об}$, хв</p>	$T_{об} = 60L_{марш} / V_3$	<p>і зворотному напрямках руху, од.</p> <p>$L_{марш}$ - довжина маршруту, км</p>
<p>Швидкість сполучення на маршруті V_c, км/год</p>	$V_c = \frac{L_{np}z_{np} + L_{обр}z_{обр}}{G_{np}z_{np} + G_{обр}z_{обр}}$	<p>G_{np} і $G_{обр}$ - час відповідно прямого і зворотного рейсів на маршруті без обліку відстоїв на кінцевих станціях по закінченні рейсу, год.</p>
<p>Інтервал руху на маршруті I, хв</p>	$I = T_{об} / A$	<p>A - число автобусів на маршруті, од.</p>
<p>Пробіг автобусів на маршруті з пасажирами $L_{марш}$, км</p>	$L_{марш} = L_{np}z_{np} + L_{обр}z_{обр}$	<p>-</p>
<p>Загальне число рейсів на маршруті $z_{общ}$, од.</p>	$z_{общ} = z_{расп} + z_{дон} - z_{отм}$	<p>$z_{расп}$ - число рейсів, що передбачені розкладом руху на маршруті, од.; $z_{дон}$ і $z_{отм}$ - число відповідно додатково призначених і скасованих на маршруті рейсів, од.</p>
<p>Коефіцієнт регулярності руху на маршруті R_μ</p>	$R_\mu = z_{рег} / z_{расп}$	<p>$z_{рег}$ і $z_{расп}$ - число регулярних рейсів і рейсів за розкладом руху на маршруті, од.</p>
<p>Загальна пасажиромісткість q_μ транспортних засобів на маршруті μ, пас.</p>	$q_\mu = \sum_{j=1}^r q_j A_{\mu j}$	<p>j - умовний номер моделі автобуса $j = 1, \dots, r$; q_j - пасажиромісткість автобуса j-ої моделі, пас.; $A_{\mu j}$ - число автобусів моделі j на маршруті μ, од.</p>
<p>Коефіцієнт використання пробігу транспортних засобів на маршруті β_μ</p>	$\beta_\mu = L_{марш} / L_{общ} = L_{марш} / (L_{марш} + L_{непр\mu})$	<p>$L_{общ}$ - загальний пробіг на маршруті (з урахуванням нульових і заправних рейсів), км; $L_{непр\mu}$ - непродуктивний пробіг (нульові рейси, переїзди на заправлення та ін. маршрути), км</p>

<p>Надана на маршруті пасажиромісткість $Q_{пред}$, пас.</p> <p>Статистичний коефіцієнт наповнюваності (використання пасажиромісткості) на маршруті $\gamma_{с\mu}$</p>	$Q_{пред} = A_{\mu} q_{ср\mu}$ $\gamma_{с\mu} = \frac{Q_{\mu}}{Q_{возм}}$	<p>$q_{ср\mu}$ - середня пасажиромісткість транспортного засобу на маршруті μ, пас.; z_{μ} - число рейсів, виконаних на маршруті μ, од.</p> <p>Q_{μ} - обсяг перевезень пасажирів на маршруті, пас.</p>
---	---	--

Продовження табл. 3.3

Найменування і позначення ТЕП	Розрахункова залежність	Легенда до розрахункової залежності
Динамічний коефіцієнт наповнюваності (використання пасажиромісткості) на маршруті $\gamma_{д\mu}$	$\gamma_{д\mu} = \frac{P_{\mu}}{L_{насс} q_{\mu} k_{с\mu}}$	<p>P_{μ} - пасажирооборот на маршруті, пас-км; $L_{насс}$ - пробіг з пасажиромісткістю на маршруті, км; $k_{с\mu}$ - коефіцієнт змінюваності пасажирів на маршруті</p>
Загальна довжина маршрутів L_{Σ} , км	$L_{\Sigma} = \sum_{\mu=1}^M L_{\mu}$	<p>μ - умовний номер маршруту $\mu = 1, \dots, M$; L_{μ} - довжина маршруту μ, км</p>
Загальна довжина маршрутної мережі L_c , км	$L_c = \sum_{\omega=1}^{\theta} L_{\omega}$	<p>L_{ω} - довжина ділянок вулиць, по яких проходить хоча б один маршрут, км; ω - умовний номер ділянок вулиць; $\omega = 1, \dots, \theta$</p>

Показники групи маршрутів

Маршрутний коефіцієнт K_M	$K_M = L_{\Sigma} / L_{\omega}$	-
Число зупинок на маршрутній мережі N_{Σ} , од.	$N_{\Sigma} = \sum_{\mu=1}^M N_{ост\mu} - N_{новт}$	<p>$N_{ост\mu}$ - число зупинок на маршруті μ; $N_{новт}$ - число зупинок, уже врахованих при розгляді попередніх маршрутів, од.</p>
Середня довжина маршруту $L_{ср}$, км	$L_{ср} = L_{\Sigma} / M$	<p>M - загальне число маршрутів</p>
Середній інтервал руху $I_{ср}$, хв.	$I_{ср} = \frac{1}{\sum_{\mu=1}^M (1 / I_{\mu})}$	-
Середня довжина перегону $l_{ср}$, м	$l_{ср} = \sum_{\mu=1}^M L_{\mu} / \sum_{\mu=1}^M (N_{ост\mu} - S_{\mu})$	-
Середня експлуатаційна швидкість $V_{э.ср}$, км/год	$V_{э.ср} = \sum_{\mu=1}^M V_{э\mu}$	<p>$V_{э\mu}$ - експлуатаційна швидкість на маршруті μ, км/год</p>
Середня швидкість повідомлення $V_{с.ср}$, км/год	$V_{с.ср} = \sum_{\mu=1}^M V_{с\mu}$	<p>$V_{с\mu}$ - швидкість повідомлення на маршруті μ, км/год</p>
Щільність маршрутної мережі ρ	$\rho = L_c / F$	<p>F - площа селітебної території населеного пункту, км²</p>

Аналіз експлуатаційної діяльності спрямований на установлення впливу ТЕП на кінцеві результати цієї діяльності і підрозділяється на поточний (оперативний) і статистичний.

Поточний аналіз проводять за даними оперативного обліку безупинно по ходу виконання перевезень. Даними для поточного аналізу служать оперативно одержувані первинні показники. Призначенням цього аналізу є одержання інформації для оперативного впливу на перевізний процес. *Статистичний аналіз* проводять за підсумками роботи за звітний період (місяць, квартал, рік), він безпосередньо пов'язаний зі статистичним обліком. Результати статистичного аналізу використовують для прийняття управлінських рішень з подальшого удосконалення роботи МПТ, розробки інноваційних проектів розвитку МПТ, визначення заходів державної і муніципальної підтримки перевезень пасажирів МПТ.

Змістом аналізу результатів експлуатаційної діяльності МПТ є дослідження виконання перевезень пасажирів залежно від використання транспортних засобів, що відображено в планах, облікових даних і звітності, в інших інформаційних джерелах, з метою удосконалення управління і підвищення якості й ефективності перевезень пасажирів. Предмет аналізу експлуатаційної діяльності – використання транспортних засобів та інших матеріально-технічних ресурсів МПТ, виконання розкладів руху, обґрунтованість експлуатаційних нормативів.

Контрольні питання

1. Що характеризують техніко-експлуатаційні показники використання транспортних засобів?
2. Якими показниками характеризується пасажиропотік на маршруті?
3. Наведіть техніко-експлуатаційні показники окремих зупиночних пунктів маршруту.
4. Що є предметом аналізу експлуатаційної діяльності транспортного підприємства?
5. Які існують види аналізу експлуатаційної діяльності транспортного підприємства?

**ПАСАЖИРОПОТОКИ Й МЕТОДИ
ЇХ ДОСЛІДЖЕННЯ**

**4.1. Транспортна рухливість
населення і визначення
обсягу перевезень**

4.2. Вивчення пасажиропо-

токів і їхнє значення в організації перевезень населення

Розділ 4

ПАСАЖИРОПОТОКИ Й МЕТОДИ ЇХ ДОСЛІДЖЕННЯ

4.1. Транспортна рухливість населення і визначення обсягу перевезень

Пересування населенням відбуваються пішки, на громадському транспорті або транспорті індивідуального користування. Число поїздок, вчинених одною людиною за одиницю часу (доба, рік), називається *транспортною рухливістю*. Частка пересувань з використанням транспортних засобів характеризується *коефіцієнтом використання транспорту*.

За даними досліджень добова рухливість одного жителя міста складає 2,6-2,9 пересувань (табл. 4.1) [5].

Таблиця 4.1 – *Добова рухливість одного жителя міста*

Укрупнені цілі поїздок	Рухливість на одного жителя на добу	Коефіцієнт використання транспорту
Трудові	1,06	0,76
Навчальні	0,28	0,50
Побутові	0,83	0,48
Культурні	0,21	0,52
До місць відпочинку	0,45	0,53
Разом по всім цілям	2,83	0,60

Для пересувань характерні певні цикли. Виявлення таких циклів дозволяє краще представити структуру пересувань. За даними досліджень, більшість циклів (85,3%) складається з двох пересувань. Замкнуті цикли трикутної струк-

тури складають 10,8%. У чотирикутних циклах два-три пересування відбуваються до установ культурно-побутового обслуговування.

Вихідною величиною для визначення обсягу перевезень є річна транспортна рухливість населення

$$P = \sum P_i / H, \quad (4.1)$$

де $\sum P_i$ - загальне число поїздок усього населення на рік;
 H - чисельність населення міста, чол.

Число поїздок розраховують, виходячи з поїздок P_1 - постійного населення міста, P_2 - жителів пригорода, які приїжджають до міста і P_3 - тимчасово проживаючих у місті.

Загальне число поїздок $\sum P = P_1 + P_2 + P_3$.

Річне число поїздок постійного населення міста:

$$P_1 = H \cdot k_T \cdot (P_p \cdot \alpha_p + P_y \cdot \alpha_y) \cdot k_D \cdot k_{к-б} \cdot k_{П}, \quad (4.2)$$

де k_T - коефіцієнт, що враховує використання пасажирського транспорту;

P_p - річне число поїздок одного працюючого жителя до місця роботи;

α_p - питома вага працюючих;

P_y - річне число поїздок одного учня до місця навчання;

α_y - питома вага учнів;

k_D - коефіцієнт, що враховує ділові поїздки;

$k_{к-б}$ - коефіцієнт, що враховує культурно-побутові поїздки;

$k_{П}$ - коефіцієнт, що враховує пересадження.

При визначенні транспортної рухливості населення слід додатково враховувати щільність розселення жителів, рівень транспортної забезпеченості.

Статистичні дані по ряду міст показують, що при збільшенні щільності населення (до 1500-2000 чол./км²) транспортна рухливість його спочатку збільшується, а потім трохи зменшується. Це можна пояснити тим, що підвищення щільності населення викликає появу в місті нових об'єктів роботи, навчання і культурно-побутових об'єктів, що збільшує транспортну рухливість. Подальше підвищення щільності населення супроводжується розосередженням цих об'єктів, наближенням їх до місць проживання, що трохи знижує транспортну рухливість.

Для правильного вирішення завдань оперативної організації руху пасажирських транспортних засобів і визначення тенденцій у розвитку пасажирських перевезень необхідно знати закономірності формування *пасажирипотоків* і систематично їх вивчати в конкретних умовах.

Поїздка від пункту відправлення i до пункту прибуття j називається кореспонденцією (i, j) .

Кількість Q_{ij} кореспонденцій (маршрутних поїздок) між усіма зупинками відправлення i й прибуття j можна представити квадратною матрицею кореспонденцій (поїздок). Кожній кореспонденції (i, j) може бути поставлена у відповідність відстань поїздки $l_{i,j}$, витрати часу $t_{i,j}$ та ін.

Залежно від взаємного розташування пасажироутворюючих і пасажиропоглинаючих пунктів створюється спрямований рух пасажирів – пасажиропотік. Пасажиропотік у заданому перетині дороги (одного або декількох маршрутів) характеризується числом пасажирів, перевезених за певний період часу. Зосередження і розосередження пасажирів у визначених пунктах (на зупинках, автовокзалах) характеризуються *обсягом перевезень пасажирів*, що вимірюється числом прибуваючих пасажирів і пасажирів, які убивають.

Пасажирооборотом називають транспортну роботу, вимірювану в пасажирокілометрах.

Факторами, що визначають формування кореспонденцій, з яких складається пасажиропотік, є:

- планувальна структура вимог, що обумовлює мету пересувань;
- характеристики сформованої транспортної мережі і маршрутів перевезень різними видами транспорту;
- різні соціологічні фактори.

Перевезення пасажирів автомобільним транспортом на території міста, району й у міжміському сполученні виконують в умовах великого числа пасажироутворюючих й пасажиропоглинаючих пунктів. Вирішення різного роду завдань проектування й аналізу організації перевезень за даними обстежень вимагає систематизації кореспонденцій. Щоб установити їхній характер, необхідно розглянуту територію розділити на райони й у кожному з них звести всі пасажироутворюючі й пасажиропоглинаючі пункти в один умовний центр (центр тяжіння). Завдяки цьому велике число кореспонденцій між конкретними пунктами заміняється розглядом кореспонденцій між порівняно незначним числом районів, що істотно спрощує розрахунки й аналіз.

У результаті обстежень одержують шахові таблиці (квадратні матриці) кореспонденцій для всіх районів за укрупненими цілями (трудова, навчальна, побутова і т.д.).

На рис. 4.1 показана схема «трудова» пересувань (на роботу і з роботи).

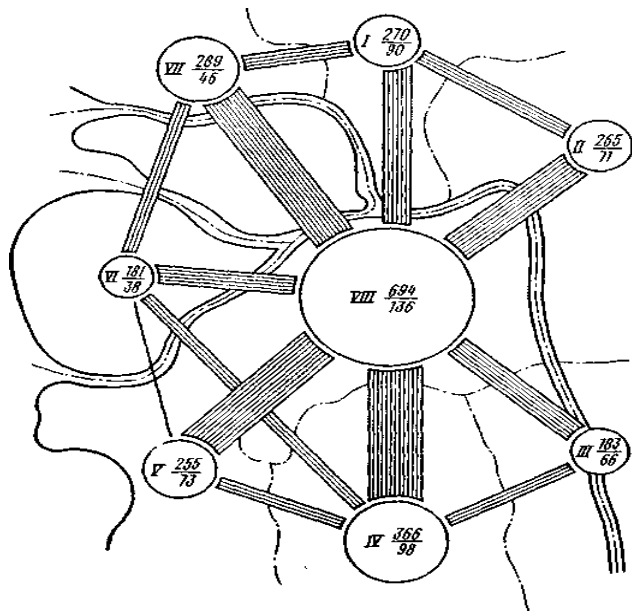


Рис. 4.1 – Приклад схеми трудових пасажирських зв'язків у тисячах пасажирів на добу:
 I – північ; II – північний схід; III – південний схід; IV – південь;
 V – південний захід; VI – захід; VII – північний захід; VIII – центр.

Чисельник – загальний пасажирооборот району, знаменник – внутрірайонні пересування

Діаметри кіл на рис. 4.1 пропорційні обсягам перевезень пасажирів у внутрірайонних пересуваннях, а ширина променів і хордних смуг пропорційна обсягам у міжрайонних сполученнях. Виходячи з даного прикладу основний обсяг «трудових» пересувань (35,7%) здійснюється по радіальних напрямках, що зв'язує периферійні райони з центром міста. Обсяг кореспонденцій між іншими районами складає 21,6%. Значне число пасажирів (42,7%) здійснює поїздки в межах розглянутих районів. Добовий пасажиропотік характеризується рівномірним розподілом навантаження в прямому і зворотному напрямках.

Подальшу деталізацію розрахунків здійснюють в результаті розгляду пасажиропотоків за визначеними періодами часу на транспортній мережі й представляють наочно на картограмі (рис. 4.2). Як видно, між окремими районами міста утворюють потужні пасажиропотоки Q_c , величина яких збільшується в міру наближення до певних зон, особливо центральної.

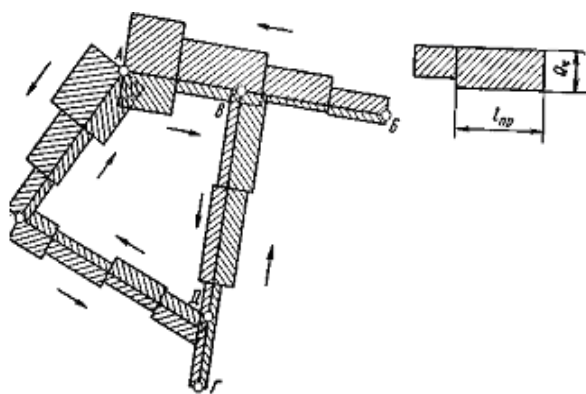


Рис. 4.2 – Картограма пасажиропотоків у годину „пік”: маршрути АВБ, ВДГ, ДЕ та АЕ; l_{np} – відстань між зупинками

Розподіл поїздок за відстанню визначається великим числом факторів і має характерні риси в різних містах.

Результати досліджень показують, що розподіл відстаней поїздок описується розподілом Ерланга. Функція щільності розподілу поїздок

$$f_k(l) = \frac{\lambda(\lambda l)^k}{k!} e^{-\lambda l} \quad \text{при } l > 0. \quad (4.3)$$

Числові характеристики розподілу наступні:
середня відстань поїздки

$$\bar{l}_\Pi = (k + 1) / \lambda^2; \quad (4.4)$$

дисперсія

$$\sigma_l^2 = (k + 1)\lambda. \quad (4.5)$$

Для визначення параметрів розподілу λ і k знаходять \bar{l}_Π і σ_l^2 за даними спостережень. Вирішивши систему рівнянь (4.4), (4.5), одержуємо:

$$\lambda = \bar{l}_\Pi / \sigma_l^2 \quad \text{и} \quad k = \bar{l}_\Pi^2 / \sigma_l^2 - 1 \quad (4.6)$$

Значення k округляємо до цілого числа.

Середню дальність поїздок пасажирів на транспортній мережі визначаємо за результатами обстеження пасажиропотоків. Для міста її знаходимо за емпіричною формулою [5]:

$$\bar{l}_n = a + bk_{nl} \sqrt{F_2}, \quad (4.7)$$

де a, b - коефіцієнти, встановлені за результатами обстеження пасажиропотоків;

k_{nl} - коефіцієнт, що враховує планувальну структуру міста;

F_2 - площа міста, км².

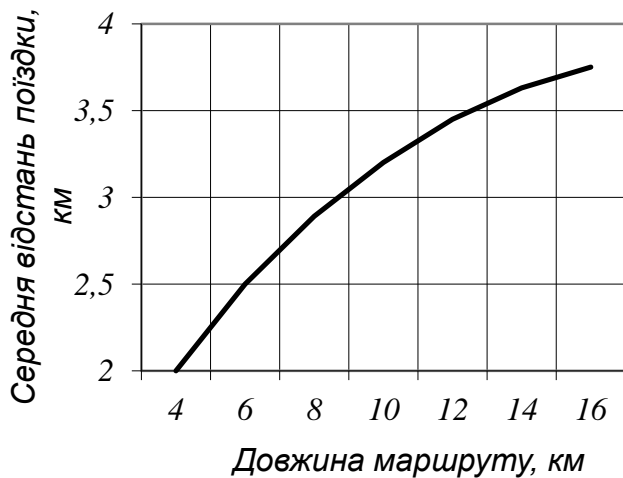
Значення a для звичайних автобусних сполучень можна прийняти рівним 1,3; для експресних 1,8 і незалежно від виду сполучення b може бути прийнято рівним 0,258.

Середня дальність поїздки в містах із приблизно однаковою площею може бути різною, тому що вона залежить від планувальної структури міста, взаємного розташування житлових районів і місць прикладання праці, організації маршрутної системи та інших факторів. Стійка тенденція до підвищення середньої дальності поїздки пов'язана з масовим будівництвом житлових масивів, вилучених від місць прикладання праці.

Коефіцієнт, що враховує планувальну структуру міста і структуру магістралей, можна приймати за даними табл. 4.2.

Таблиця 4.2 – Характеристика планувальної структури

Характеристика планувальної структури		Коефіцієнт $k_{пл}$
міста	вулиць міста	
Лінійна з поперечним щодо головних магістралей розміщенням центрів тяжіння населення	Прямокутна або близька до неї	0,6-0,9
Компактна з центричним розміщенням основних центрів тяжіння	Радіальна або радіально-кільцева	0,7-1,1
	Прямокутна	0,8-1,2
Компактна з поздовжнім щодо головних магістралей розміщенням центрів тяжіння населення	Радіальна або радіально-кільцева	0,9-1,4
	Прямокутна або прямокутно-діагональна	1,2-1,6
Лінійна з поздовжнім щодо головних магістралей розміщенням основних центрів тяжіння населення	Прямокутна або близька до неї за структурою сітка вулиць	1,2-1,6



Середня відстань поїздки пасажирів на маршруті залежить від довжини маршруту. Звичайно чим довжина маршруту більше, тим більше середня відстань поїздки пасажирів. На рис. 4.3 наведена зразкова залежність середньої відстані поїздки пасажирів від довжини маршруту.

Рис. 4.3 – Характер залежності середньої відстані \bar{l}_n поїздки пасажирів від довжини l_m маршруту

4.2. Вивчення пасажиропотоків і їхнє значення в організації перевезень населення

Для характеристики потреб міського населення в перевезеннях, систематичного аналізу умов перевезення пасажирів, розробки і введення раціональної системи організації руху автобусів на маршрутах необхідно володіти даними, до яких відносяться:

пасажиропотік – кількість пасажирів, що фактично проїжджає в даний момент часу в одному напрямку. Пасажиропотоки характеризують навантаження транспортної мережі міста за напрямками проходження в кожний період часу (година, доба);

пасажи́рообмін – змінюваність пасажирів на зупинках маршруту (кількість вхідних і вихідних пасажирів);

кореспонденція поїздок пасажирів – розподіл поїздок перевезених пасажирів між початковими і кінцевими пунктами їхнього відправлення і прибуття до місця призначення. Кореспонденція поїздок дозволяє установити пункти формування пасажиропотоку, основні напрямки поїздок у часі й пункти масового виходу пасажирів;

обсяг перевезень – загальна кількість пасажирів, перевезених (планованих до перевезення) автобусами по окремих маршрутах і місту в цілому за визначений період часу (доба, місяць, рік);

дальність поїздки пасажирів – відстань між початковим пунктом входу (посадки) в автобус і кінцевим пунктом виходу пасажирів з автобуса даного маршруту;

змінюваність пасажирів – визначає частину пасажирів, які їдуть до місця призначення автобусами двох маршрутів або двома і більше видами міського пасажирського транспорту.

Інформація про потреби в перевезеннях пасажирів у внутріміському сполученні використовується при вирішенні містобудівних і транспортних завдань. Для організації міських автобусних перевезень необхідна інформація про кореспонденції між мікрорайонами міста і потреби в перевезеннях на окремих маршрутах. Для одержання такої інформації використовують три групи методів:

звітно-статистичні методи засновані на використанні даних діючої системи обліку і звітності по перевезеннях. Практичне застосування обмежене наявністю облікових показників. Ці методи є основними при обстеженнях, проведених на міжміських і міжнародних маршрутах, оскільки діюча там квиткова система забезпечує облік рейсових кореспонденцій. У містах звітно-статистичні методи надають інформацію про загальний обсяг перевезень пасажирів;

експериментальні методи засновані на спеціальних обстеженнях, проведених за розробленими програмами, методиками і правилами. Ці методи є основними для обстеження входів-виходів і міжрайонних кореспонденцій на внутріміських і приміських маршрутах;

розрахунково-аналітичні методи засновані на використанні моделей пасажироутворення й пасажиропоглинання, моделях прогнозу показників, що характеризують потреби в перевезеннях. Ці методи при їхньому безпосередньому застосуванні не забезпечують необхідної точності інформації з погляду якісної організації перевезень. Області їхнього застосування – уточнення і коректування даних, отриманих при проведенні обстежень, особливо з урахуванням очікуваних змін у планованому періоді. Розрахунково-аналітичні методи використовують також для гіпотетичного завдання потреб у перевезеннях при аналізі знову розроблювальних методів організації перевезень на стадії розробки і настроювання моделей вирішення завдань організації перевезень.

Для організації ефективного транспортного обслуговування пасажирів необхідно систематично одержувати інформацію про пасажиропотоки. Залежно

від цілей одержання інформації обстеження пасажиропотоків поділяються на два класи. До першого відносяться обстеження, спрямовані на виявлення транспортних потреб населення, до другого – пов'язані з удосконаленням діючої системи транспортного обслуговування.

Обстеження транспортних потреб дають відомості про закономірності формування попиту на пасажирські перевезення, обстеження транспортного обслуговування надають інформацію про рівень задоволення попиту населення на поїздки при існуючій системі транспортного обслуговування. Ці обстеження відповідно до цільового призначення розділяються на: обстеження пересувань, пасажиропотоків і наповнень транспортних засобів.

Обстеження можуть бути *суцільними* – на всіх видах пасажирського транспорту або тільки на окремому виді транспорту (автобусному, метро, трамвайному, тролейбусному) і *вибірковими* – на окремих маршрутах або групі маршрутів. Суцільні обстеження пасажиропотоків на всіх маршрутах проводять не частіше 1 разу на рік. Вибіркові обстеження проводять за потребою – у випадку недостатнього використання транспортних засобів на окремих маршрутах або при їхньому надмірному наповненні на окремих маршрутах. Практика показала, що вибіркоче обстеження 25-28 % трамваїв, 24-26 % тролейбусів і 45-50 % автобусів забезпечує достатню для статистичних оцінок точність. Більший або менший відсоток обстеження залежить від кількості транспортних засобів на маршрутах і інтервалів їхнього руху. Чим більше транспортних засобів працює на маршруті й чим менше інтервал його руху, тим менше відсоток його обстеження. Виділяти до обстеження рухомий склад необхідно так, щоб самі ранні й самі пізні випуски його були враховані.

Найбільш розповсюдженими методами обстеження пасажиропотоків є: звітно-статистичні, табличні, лічильно-табличні, анкетні, талонні, візуальний і методи автоматизованого обстеження пасажиропотоків.

На рис. 4.4 наведений перелік методів обстеження пасажиропотоків, застосовуваних на автомобільному транспорті.



Рис. 4.4 – Методи вивчення пасажиропотоків

Звітно-статистичний метод дає можливість визначати число перевезених пасажирів, використовуючи відомості про продані квитки на маршрутах. Ці відомості повинні доповнюватися даними, що визначають частку пасажирів, які мають право на безплатний проїзд або інші види квитків, що оплачені на певний календарний термін (проїзні на місячний термін, єдині квитки з правом проїзду на двох або декількох видах транспорту та ін.).

Табличний метод, заснований на опитуванні пасажирів, дає найбільш повні відомості про пасажиропотоки, в тому числі дані, що характеризують розподіл поїздок пасажирів між зупинками маршруту, пересадки пасажирів і своєчасність здійснення перевезень. Табличний метод дає відомості і про пересадження на інші види транспорту або на інші маршрути того ж виду транспорту.

Для обстеження пасажиропотоків на приміському і міжміському автобусному маршрутах на кожен одно- або дводверний автобус призначають по одному обліковцю. Обліковець при посадці в автобус пасажира довідується в нього і відзначає в спеціально розробленій обліковій картці зупинку, до якої він прямує. В обліковій картці кожній зупинці або групі зупинок привласнюється шифр.

Матеріали обстеження табличним методом дозволяють визначити обсяг перевезень по окремих ділянках, напрямках, рейсах і маршрутах, а в наступному – обсяг перевезень пасажирів, пасажирооборот, пасажирообмін зупинок, кореспонденцію поїздок пасажирів між зупинками, середню дальність поїздки пасажирів, використання місткості автобуса та інші дані для наступного удосконалювання перевезень по магістралях і всій транспортній мережі.

Лічильно-табличний метод заснований на підрахунку пасажирів обліковцями, які знаходяться на зупинках або всередині автобуса. У першому випадку обліковці орієнтовно визначають пасажирообмін основних зупинок (число пасажирів, які ввійшли, які вийшли і які залишилися на зупинці через переповнення автобуса). У другому випадку обліковці підраховують число вхідних і вихідних пасажирів по кожній зупинці. Число обліковців повинне відповідати числу дверей автобуса.

Анкетний метод обстеження пасажиропотоків заснований на заповненні населенням, пасажирами або обліковцями спеціальних анкет про вчинені поїздки. Обстеження проводять, розсилаючи анкети поштою або безпосередньо опитуючи пасажирів і заповнюючи анкети за місцем проживання, роботи, навчання, під час поїздки, в місцях пересадження з одного виду транспорту на інший, на кінцевих зупинках. Цей метод має підвищену трудомісткість, але застосування його може дати уявлення і про бажання пасажирів по організації перевезення на найближчу перспективу.

При талонному методі кожному пасажиру видають талон при вході в автобус (у талоні зазначена зупинка посадки). При виході пасажир повертає талон обліковцю, який позначає в ньому зупинку виходу пасажира.

Візуальний метод заснований на обліку безпосередньо водієм автобуса ступеня наповнення салону автобуса пасажирами й оцінки її за п'ятибальною

системою. Оцінка ставиться у приготуванні для цього картці з вказівкою зупинки.

Прийнято застосовувати наступні бали оцінки заповнення автобусів на міських перевезеннях:

- 1 – у салоні автобуса є вільні місця для сидіння;
- 2 – усі місця для сидіння заповнені, а пасажирів, які стоять, немає;
- 3 – усі місця для сидіння зайняті, у проході між сидіннями пасажирів стоять вільно;
- 4 – пасажиромісткість (розрахункова) використана повністю;
- 5 – автобус переповнений, пасажирів стоять у стиснутому стані, частина пасажирів залишилася на зупинці.

Методи автоматизованого обстеження одержують все більше поширення, прийшовши на зміну трудомістким обстеженням пасажиропотоків. Вони більш дешеві і вимагають на обстеження значно менше витрат часу.

Методи автоматизованого обліку числа вхідних у салон транспортного засобу і вихідних з нього пасажирів на зупинках розділяються на неконтактні й контактні.

До неконтактних методів автоматизованого обстеження відносяться методи, засновані на використанні фотоелектричних приладів. При вході (виході) у транспортний засіб пасажир перетинає пучок світлових променів, що падають на фотодатчик. Електричні імпульси від фотодатчиків надходять у блок дешифрування напрямку руху (вхід, вихід), а потім відповідно в реєстр вхідних і вихідних пасажирів. Блок цифрової індикації переносить дані про число пасажирів, які ввійшли і вийшли на зупинках маршруту, на перфострічку. Цей метод забезпечує необхідну точність тільки при строго роздільному вході пасажирів. На жаль, це важко забезпечити на міських транспортних засобах, особливо в годину „пік”.

Контактний метод автоматизованого обстеження наповнень транспортних засобів припускає облік вхідних і вихідних пасажирів по їхнім впливом на контактні сходишки, зв'язані з дешифраторами. Дешифратори залежно від послідовності впливів на сходишки визначають число вхідних (вихідних) пасажирів і посилають інформацію на лічильники або фіксують ці імпульси на магнітній стрічці (перфострічці).

Контактні автоматизовані методи обстеження пасажиропотоків розподіляються на дві групи:

- ґрунтуються на підрахунку людей, які входять і виходять з транспортного засобу на кожній зупинці;
- ґрунтуються на вимірюванні ваги пасажирів у салоні, що досить точно визначає їхню кількість.

Найбільш розповсюдженим є метод "контактноі сходишки" (рис. 4.5).

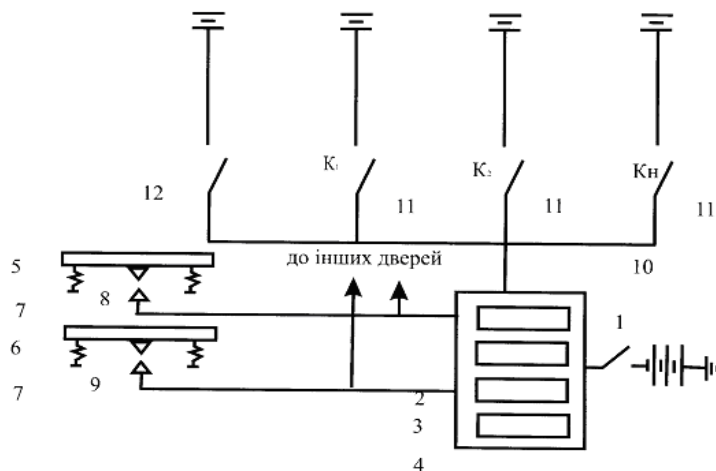


Рис. 4.5 – Схема обстеження пасажиропотоків методом "контактної сходинки":

1 - шкала кількості пасажирів, які увійшли; 2 - шкала кількості пасажирів, які зійшли; 3 - шкала кількості пасажирів, які знаходяться в салоні; 4 - шкала кількості пасажирів, які погасили свої проїзні талони; 5 - верхня "контактна сходинка"; 6 - нижня "контактна сходинка"; 7 - пружні елементи; 8 і 9 - контакти; 10 - суматор; 11 - компостери; 12 – фото вмикач

Пасажир, який входить до салону, натискає ногою спочатку нижню сходинку 5, а потім верхню 5. При цьому відповідні пружні елементи 7 послідовно стискаються і контакти 9, а потім 8 замикаються. Така послідовність замикання контактів відповідає тому, що пасажир ввійшов у салон, зворотна – вийшов. Кількість пасажирів, які увійшли, відбивається на шкалі 1 суматора 10, а кількість пасажирів, які зійшли, на шкалі 2. Різниця пасажирів, які увійшли і зійшли, відповідає заповненню салону, відбивається на шкалі 3 суматора. Разом з реєструючою кількістю пасажирів схемою (функціонує схема обліку кількості закомпостованих талонів, де на шкалі 4 відбивається кількість спрацьовувань компостерів 11 і фотовимикача 12, фіксує кількість поїздок пасажирів за якими-небудь пільговими документами, що обов'язково опускаються на якийсь час у проріз фотовимикача. Це дозволяє водію чи контролеру в будь-який поточний момент визначити кількість безквиткових пасажирів.

Часто замість механічних "контактних сходинок" застосовують фотоелементний спосіб розмикання електричних ланцюгів. Для цього в наведеній схемі замість контактів у дверях рухомої одиниці встановлюють, подібно до пропускних пристроїв у метро, фотоелементи.

Методи визначення пасажиропотоків і параметрів перевезень пасажирів автоматизованими методами, які ґрунтуються на підрахунку кількості пасажирів, які увійшли й зійшли на кожній зупинці, має ті ж переваги й недоліки, що й табличний спосіб, описаний раніше. Однак великого поширення при своїй очевидній простоті ці методи не знайшли в сучасній практиці через значні похибки вимірів унаслідок того, що в періоди "пік" пасажирів входять і виходять не по одному, а групами. Це значною мірою спотворює параметри перевезень і може призвести до невірних висновків.

З метою усунення грубих похибок в оцінці пасажиропотоків на транспортних засобах використовують методи, засновані на вимірюванні ваги пасажирів у салоні. Для цього використовують різні способи виміру. Застосовується тензометрія, оптичні прилади, механічні датчики й т.д. Найбільш перспективним і простим є метод визначення завантаження транспортного засобу за сумарною величиною тиску на його пневморесорах (рис. 4.6). Як видно з рисунку, якщо скласти тиск у всіх пневморесорах, то вийде величина, відповідна повній масі автомобіля:

$$2P_1S_0 + 2P_2S_0 + 2P_3S_0 = G_a + G_n \quad \text{чи} \quad 2S_0(P_1 + P_2 + P_3) = G_a + G_n, \quad (4.8)$$

де P_1, P_2, P_3 - відповідно питомий тиск у пневморесорах 1, 2 і 3;
 S_0 - опорна площа пневморесори;
 $G_a + G_n$ - відповідно вага спорядженого автомобіля з пасажирами.

Якщо протарирувати вимірювальну апаратуру з обліком постійної складової спорядженої ваги автомобіля, то можна фіксувати лише змінну складову вагу пасажирів, величина якої кратна їхній кількості.

Обладнання транспортного засобу не має труднощів. В одну з пневморесор 1; 2 і 3 за допомогою переходника встановлюють датчики тиску 7. Сумарний сигнал з них надходить на прилад 9 у момент, коли двері транспортного засобу відкриваються, але ще повністю не відкрилися на зупинці, що забезпечується конструкцією транспортного засобу. Внаслідок такого виміру завантаження транспортного засобу вдається уникнути перешкод у вимірювальних ланцюгах через наявність вертикальної динамічної складової ваги транспортного засобу під час його руху.

Застосування на практиці способу визначення пасажиропотоків за допомогою виміру тиску в пневморесорах транспортних засобів показало його високу точність. Але при цьому інформація про пасажирообмін зупинок відсутня, що обмежує сферу застосування методу і кількість висновків, зроблених на основі його застосування.

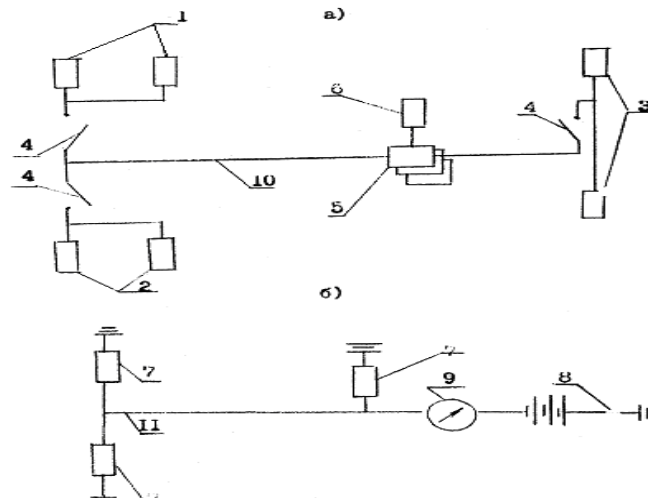


Рис. 4.6 – Схема виміру завантаження транспортного засобу з пневморесорами:

а) пневматична схема транспортного засобу

б) електрична вимірювальна схема

1; 2; 3 - пневморесори; 4 - регулятори рівня підлоги; 5 - ресивери; 6 - компресор; 7 - електричні датчики тиску; 8 - вмикач відкривання дверей; 9 - прилад, що фіксує сигнал датчиків (амперметр, вольтметр, самопис і т.д.); 10 - трубопроводи; 11 - електричні провідники

Контрольні питання

1. Дайте визначення транспортної рухливості.
2. Які фактори визначають формування кореспонденцій?
3. Наведіть характеристику планувальної структури міста.
4. Які існують групи методів обстеження пасажиропотоків?
5. Перелічіть методи вивчення пасажиропотоків.

Розділ 5

ОЦІНКА ВПЛИВУ СКЛАДОВИХ ТРАНСПОРТНОГО ЧАСУ ПАСАЖИРІВ НА ПРОДУКТИВНІСТЬ ПРАЦІ

5.1. Огляд методів оцінки вартості транспортного

часу пасажирів

5.2. Статистичний аналіз впливу параметрів транспортного процесу на продуктивність праці в суспільному виробництві

5.3. Медико-біологічні дослідження транспортної стомлюваності і її впливу на продуктивність праці в суспільному виробництві

Розділ 5

ОЦІНКА ВПЛИВУ СКЛАДОВИХ ТРАНСПОРТНОГО ЧАСУ ПАСАЖИРІВ НА ПРОДУКТИВНІСТЬ ПРАЦІ

5.1. Огляд методів оцінки вартості транспортного часу пасажирів

При економічній оцінці пасажиро-години C_{nc} у дійсності оцінюються ті економічні чи соціальні результати, які можна було б досягти, якщо розвитком і вдосконаленням роботи пасажирського транспорту зберегти позаробочий час трудящих [6].

Значення часу для людини, особливо позаробочого, велике. Час, зекономлений у транспортному процесі (потенційно вільний час), має не меншу цінність, чим робочий.

Чим точніше буде визначена C_{nc} , тим адекватніше буде відбивати дійсність цільова функція мінімізації наведених народногосподарських витрат. У наш час C_{nc} має широкий інтервал значень, отриманих тим чи іншим методом.

При визначенні C_{nc} користуються трьома підходами. Це оцінка C_{nc} , виходячи з:

- національного доходу чи чистої продукції, створених за одну людино-годину;

- середньогодинної заробітної плати трудящих;
- суб'єктивної оцінки пасажиром свого часу при виборі засобу пересування.

З чистої продукції, створюваної за одну людину-годину, виходив академік Т.С.Хачатуров у своїх розрахунках. Він припускав, що тільки 20% заощаджених людину-годин може бути звернено на збільшення часу продуктивної праці, тому що велика частина зекономленого часу припадає на відпустки працівників сфери матеріального виробництва і на поїздки працівників невиробничої сфери чи на несамодіяльне населення [7]. C_{nc} за цим методом визначають за формулою

$$C_{nc} = a'_c k_c,$$

де a'_c - відношення зекономлених людину-годин, витрачених на збільшення виробництва, до загальної кількості зекономлених людину-годин;

k_c - чиста продукція, яку виробляють за одну людину-годину.

Стосовно до умов дійсного часу проф. А.О. Аррак запропонував розчленувати коефіцієнт „ a ”, що входить в описану формулу, на кілька складових [6]. Пропонованим варіантом є наступний :

$$a'_c = a'_1 \cdot a'_2 \cdot a'_3,$$

де a'_1 - коефіцієнт, що враховує, яку частину заощадженого часу трудящі використовують на збільшення вільного часу;

a'_2 - коефіцієнт активної частини вільного часу, що використовується для всебічного розвитку особистості, для розширеного відтворення робочої сили;

a'_3 - коефіцієнт, що враховує частку працюючих сфери матеріального виробництва в загальному пасажиропотоці .

Використовуючи в розрахунку C_{nc} виправлення (5.2), автор одержав для СРСР у 1979 р. $C_{nc} = 0,55$ руб./год.

Перший з трьох викладених вище підходів запозичили деякі закордонні дослідники при визначенні C_{nc} . У. Беме оцінює пасажиро-годину рівною національному доходу, створеному в середньому за одну людину-годину робітниками й службовцями в народному господарстві, тобто включаючи працівників невиробничої сфери, і одержав результат 7 марок/год.[8].

М. Ратай при розрахунку C_{nc} брав за основу національний дохід, створений у країні за одну годину, і надалі враховував, що в години „пік” трудові поїздки складають 85% від загального числа поїздок, а в середньому за день

40%. Множачи величину виробленого з розрахунку на 1 людино-годину національного доходу відповідно на 0,85 і 0,4, він виводив C_{nc} [6].

Німецькі дослідники Ф. Меевес і В. Ротхетаттер визначали C_{nc} відношенням національного доходу держави до числа мешканців (після 15 років) і число робочих годин на рік (2000 год.). При цьому вони отримали 8,33 марок/год. [8].

При оцінці вартості однієї пасажиро-години проміжну позицію між першим і другим методами зайняв В. С. Купцов. Він визначає C_{nc} як вартість, що може бути створена у виробничій сфері і виражена часткою національного доходу, яка приходить на одного працівника даної сфери, і вартість, витрачена у зв'язку з витратою часу на переїзд працівників невиробничої сфери і виражена розміром заробітної плати. У розрахунках В. С. Купцова мають місце елементи подвійного рахунку, пов'язані з тим, що джерелом заробітної плати працівників невиробничої сфери є національний дохід, створений у сфері матеріального виробництва. Отже ця заробітна плата враховується подвійно, тобто $C_{nc} = 0,1$ руб./год. [9].

Розподілом національного доходу, зробленого за рік, на весь календарний час населення країни визначають C_{nc} В. Н. Кузьмінов і І. Л. Хасман. Тут має місце облік часу, що приходить не тільки на виробництво національного доходу, але і на відпочинок, сон і т.д.

Професор Г. І. Черномордик, ґрунтуючись на вивченні поїздок пасажирів у відрядження, вартості оплати командировочних витрат у годину (0,3 руб./год.) і частки відряджених пасажирів у загальному обсязі перевезень 25%, виводить C_{nc} , рівну 0,072 руб./год, у наступному збільшуючи цю цифру до 0,1-0,12 руб./год. [10]. М. Н. Біленький, рекомендує оцінювати одну пасажиро-годину місцевого пасажирів в 0,1 руб., вважає, що грошова оцінка зекономленої пасажиро-години в приміському сполученні навряд чи доцільна і ефект від прискорення перевезень варто обчислювати безпосередньо в годинах [8].

А.М. Баранів оцінює одну пасажиро-годину в 0,1 руб./год., А. І. Пузін і В.А. Федоров – 0,3 руб./год., вважаючи, що оцінювати в грошах необхідно лише пасажирів, які їдуть за службовими потребами [11]. Н.І. Бешева рекомендує оцінювати одну пасажиро-годину в місцевому сполученні в 0,2 руб./год., а в приміському – 0,1 руб./год. [10].

Обстеження з визначення транспортної втоми у приміських пасажирів і її впливу на продуктивність праці і надалі оцінки вартості однієї пасажиро-години були проведені професором Н. В. Правдивим у Гомелі. Представивши всіх працівників трьома категоріями за витратами часу на поїздку, він одержав для пасажирів наступну вартість однієї пасажиро-години за категоріями: 0,1; 0,2; 0,3 руб./год. [8].

В одній із своїх робіт академік Т. С. Хачатуров при розрахунку вартості однієї пасажиро-години виходить із середньомісячної заробітної плати робітників і службовців у народному господарстві. При цьому він пропонує дорівняти

кожну людину-годину економії часу до 0,5 вартості однієї людину-години робочого часу. У результаті отримано $C_{nc} = 0,65-0,95$ руб./год. [12].

Така ж точка зору відбита в «Тимчасовій методиці визначення ефективності витрат у невиробничу сферу», затвердженій Держпланом СРСР 26 лютого 1981 р. Тут витрати часу також оцінюються на рівні 50% від оплати праці контингенту, що користується даним видом послуг, а як тимчасовий норматив рекомендується оцінка 0,5-0,7 руб./годб з урахуванням регіональних умов оплати праці [9]. Часовий норматив, рівний 0,5-0,7 руб./год., приводиться також для оцінки витрат часу населенням на користування послугами, в тому числі послугами пасажирського транспорту [6].

При розрахунку C_{nc} із середньої заробітної плати виходять і деякі закордонні автори. В Австралії при оцінці заощадженого транспортом часу приймають за основу 25%, а в США і Великобританії – 30% середньогодинної заробітної плати [6]. У цілому вартість однієї пасажиро-години за оцінками закордонних авторів знаходиться в межах $C_{nc} = 1,5-3,25$ дол. [8].

Третій метод визначення C_{nc} , заснований на суб'єктивній оцінці пасажиром свого часу, застосовували Б. М. Парахонський і В. А. Соболін, Г. І. Черномордик і К. В. Паршикова та інші [8]. Вони стверджують, що дослідження в цій області в Інституті комплексних транспортних проблем при Держплані СРСР дозволили установити, що при існуючому до 1970 р. рівні платоспроможності населення, воно доплачувало за користування більш швидкісним транспортом 0,17-0,3 руб./год.

І. М. Улицька, проводячи дослідження в Москві з удосконалення методів оцінки діяльності підприємств міського автобусного транспорту по підвищенню якості обслуговування пасажирів, запропонувала і використовувала свій метод для визначення C_{nc} . Вона одержала C_{nc} , рівну 0,16 руб. [12]. І. С. Єфремов і інші приймають C_{nc} , рівну 0,15 руб. [13].

Істотний розкид чисельних значень вартості однієї пасажиро-години транспортного часу дозволяє зробити висновок про те, що немає єдиної думки щодо її оцінці. Крім того, як було зазначено раніше, викликає сумнів припущення, що всі складові часу пересування рівною мірою можуть бути оцінені.

5.2. Статистичний аналіз впливу параметрів транспортного процесу на продуктивність праці в суспільному виробництві

Завдання впливу транспортного процесу на продуктивність праці в суспільному виробництві зводиться до визначення впливу на неї (продуктивність) сукупності факторів, до яких відносяться не тільки параметри

транспортного процесу, але й широка гама факторів (соціальних, виробничих та ін.), не враховувати які було б не зовсім правильно, оскільки в цьому випадку модель може неадекватно описувати фізичний процес і призвести до половинчатих, невірних висновків. Тому були виявлені групи факторів, що, поряд із транспортними, впливають на продуктивність праці громадян.

При огляді факторів, що включаються в модель, враховувалося наступне [14]:

1. Перелік охоплених вивченням факторів необхідно обґрунтувати теоретично.

2. Перелік повинен містити в собі найважливіші фактори, що роблять найбільш істотний вплив на зміну об'єкта.

3. Перелік не слід робити занадто великим, але він повинен описувати функцію по можливості у всіх аспектах.

4. Фактори не повинні знаходитися між собою у функціональному зв'язку, тому що існування функціонального і близьких до нього зв'язків між факторами показує, що вони характеризують ту саму сторону досліджуваного явища. Тому недоцільно включати в модель фактори, зв'язані функціонально, тому що вони якоюсь мірою дублюють один одного. У цьому разі в модель необхідно включити той фактор, що вносить у рівняння регресії найбільший вклад.

5. Потрібно установити області визначення факторів. Це пов'язано з установленням їхніх законів розподілу.

6. Необхідно враховувати умови зміни факторів у часі.

Фактори, що роблять вплив на продуктивність праці, підрозділяються на виробничі й позавиробничі. До виробничих відносяться [15]:

I. Підвищення технічного рівня виробництва:

- механізація й автоматизація виробництва, впровадження нових видів устаткування і нових технологічних процесів на базі нового обладнання;
- удосконалення технологічних процесів на базі діючого устаткування;
- модернізація діючого устаткування;
- зміна конструкцій і технічних характеристик виробів, підвищення якості продукції;
- поліпшення використання сировини, матеріалів, палива й енергії;
- упровадження нових, більш ефективних видів і заміна споживаної сировини, матеріалів, палива й енергії.

II. Поліпшення організації виробництва і праці:

- удосконалення керування виробництвом;
- удосконалення організації праці (упровадження типових робочих місць, планово попереджувального їхнього забезпечення);
- збільшення норм і зон обслуговування;
- зміни в спеціалізації виробництва, не пов'язані з упровадженням нової техніки;
- зміна бюджету робочого часу;
- скорочення внутрішніх витрат робочого часу;
- зміна плинності кадрів з усіх причин;

- підвищення середнього відсотка виконання норм виробітку робітниками-відрядниками;
 - перегляд застарілих норм часу.
- III. Зміна обсягу і структури виробництва продукції:
- зміна питомої ваги окремих видів продукції і виробництв;
 - зміна питомої ваги покупних напівфабрикатів, пов'язана зі спеціалізацією виробництва;
 - відносне зменшення чисельності промислово-виробничого персоналу без виробничих робітників у зв'язку із зростанням обсягу виробництва.

У даному випадку, коли йдеться про оцінку вартості складових, час пересування пасажирів, внутрівиробничі фактори бажано врахувати в сукупності. Для цього як вихідний показник обране збільшення продуктивності праці ΔY , що є різницею між фактичною продуктивністю праці конкретного члена колективу (відділу, цеху, бригади і т.д.) і фактичною продуктивністю праці колективу. Це дозволяє при незмінних умовах виробництва, а отже, усіх виробничих факторів у період збору даних врахувати вплив виробничих факторів на вихідну функцію:

$$\Delta Y = Y_1 - Y_2, \quad (5.1)$$

де Y_1 - фактична продуктивність праці конкретної людини, %;

Y_2 - фактична продуктивність праці колективу, %.

Позавиробничі фактори розбиті на наступні групи:

1. Транспортні:

- час пішого ходу до і після зупинки;
- час очікування транспорту;
- час руху на транспорті з урахуванням пересадок;
- комфортабельність поїздки.

2. Соціально-демографічні (особисті):

- вік;
- стаж загальний;
- стаж на даному робочому місці;
- кількість дітей;
- середньомісячний заробіток;
- доходи від присадибної ділянки, господарства;
- середньоподушний дохід;
- характеристика житла;
- кваліфікація;
- освіта.

3. Відношення до праці:

- задоволеність роботою в цілому;
- задоволеність оплатою праці;
- задоволеність відносинами з керівництвом;
- задоволеність відносинами з колективом;

- чи має бажання перейти на іншу роботу;
- прихильність до підприємства;
- відповідальність;
- ініціативність;
- сумлінність;
- дисциплінованість.

4. Індивідуально-психологічні:

- темперамент;
- заняття фізкультурою.

Після визначення факторів, що впливають на вихідну функцію, проводять збір статистичних даних. Метод багатфакторного аналізу накладає на вихідну інформацію додаткову умову: число ступенів свободи варіації досліджуваної сукупності повинне бути досить великим. Практика показує, що число спостережень повинне бути більше кількості коефіцієнтів регресії принаймні у 6-7 разів [16]. Правильність добору вихідних статистичних даних є основою того, що застосування даної моделі приведе до реального результату. Вихідні дані повинні бути кількісними й однорідними. Необхідно зробити перевірку однорідності й відокремити неоднорідні групи, що повинні бути досліджені окремо.

Для проведення обстеження були розроблені спеціальні таблиці, куди включають усі фактори. Далі треба зібрати всю необхідну інформацію і зробити первинну обробку даних з метою виключення з подальшого розгляду випадкових «викидів».

Найважливішим етапом у побудові економіко-статистичної моделі продуктивності праці є вибір для неї форми зв'язку, що характеризує залежність показника продуктивності праці від факторів, що впливають на його рівень. Від правильності цього вибору залежить, наскільки побудована модель буде адекватна досліджуваному явищу, тобто чи буде вона відповідати аналізованому об'єктові при заданому рівні точності. У даному разі як перший крок при побудові моделі обрана модель лінійного виду:

$$\Delta Y = a_0 + a_1 X_1 + a_2 X_2 + \dots + a_n X_n + \varepsilon, \quad (5.2)$$

де ΔY - залежна змінна;

X_1, X_2, \dots, X_n - незалежні змінні;

a_1, a_2, \dots, a_n - коефіцієнти моделі;

a_0 - вільний член;

n - число незалежних змінних;

ε - помилка спостережень з нульовим середнім.

У модель (5.2) включені двадцять шість факторів: X_1 - час пішого ходу, хв.; X_2 - час очікування на зупинці, хв.; X_3 - час поїздки на транспорті з урахуванням пересадок, хв.; X_4 - вік, років; X_5 - загальний стаж, років; X_6 -

стаж на даному місці, років; X_7 - кількість дітей; X_8 - середній заробіток, грн.; X_9 - доходи не з місця роботи, грн.; X_{10} - середньоподушний дохід, грн.; X_{11} - заняття фізкультурою, год./тиждень; X_{12} - характеристика житла; X_{13} - кваліфікація; X_{14} - задоволеність роботою; X_{15} - задоволеність оплатою праці; X_{16} - задоволеність відносинами з керівництвом; X_{17} - задоволеність відносинами з колективом; X_{18} - бажання перейти на іншу роботу; X_{19} - прихильність до підприємства; X_{20} - утворення; X_{21} - відповідальність; X_{22} - ініціативність; X_{23} - сумлінність; X_{24} - дисциплінованість; X_{25} - темперамент; X_{26} - параметр, що враховує наповнюваність салону під час поїздки.

У моделі (5.2) фактори, починаючи з 12, є якісними. Збір вихідної інформації для них здійснюється за спеціальними методиками, запропонованими у [17].

Для визначення комфортності поїздки була розроблена методика її розрахунку. Комфортність поїздки залежить від багатьох факторів. Серед них у якості визначальних обрані: заповнення транспорту під час маршрутної поїздки, ступінь заповнення в момент посадки і кількість маршрутних поїздок. Залежно від заповнення салону в момент посадки пасажир має (або не має) можливість вибору місця в салоні, чим може значно підвищити (або зменшити) комфортність своєї поїздки. У салоні транспортного засобу пасажир по-різному відчувають на собі вплив заповнення салону, тому що деяка їхня частина знаходиться на сидіннях, інша стоїть відносно вільно, третя стоїть в тісноті і т.д.

У процесі кількісного виміру транспортних факторів, що входять у регресійний аналіз ΔU , не можливо використовувати конкретні значення заповнення салонів транспортних засобів під час поїздки пасажирів γ_n , що складається із сукупності маршрутних поїздок, які характеризуються своїми значеннями коефіцієнтів заповнення салонів транспортних засобів (ТЗ) під час перебування в ньому пасажира γ_{mn} . Це пояснюється тим, що пасажир, знаходячись у переповненому салоні, міг займати місце для сидіння і для нього пересування здійснюється немовби в салоні з γ_{mn} , обумовленим зайнятістю тільки місцем для сидіння γ'_{mn} . У тому випадку, коли пасажир стоїть в салоні, для аналізу впливу умов поїздки на ΔU необхідно використовувати γ_{mn} , обумовлене середньозваженим за часом руху відношенням кількості пасажирів у салоні до його паспортної місткості.

У поставленому завданні аналізується ΔU за рік для того, щоб виключити вплив на шукану функцію випадків, що можуть проявитися в окремо взятій день. Очевидно, що за цей період пасажир рухається в ТЗ m_2 раз: сидячи m_1 раз, стоячи $m_2 - m_1$ раз.

Порівняно легко m_1 можна обчислити за очевидною формулою:

$$m_1 = \frac{m_2 \gamma'_{mn}}{\gamma_{mn}}. \quad (5.3)$$

Тоді пасажир у середньому їздить протягом року в салоні ТЗ немовби з його заповненням:

$$\gamma''_{mn} = \frac{\gamma'_{mn} m_1 + \gamma_{mn} (m_2 - m_1)}{m_2}. \quad (5.4)$$

Цей абстрактний середньорічний коефіцієнт заповнення салонів ТЗ під час маршрутної поїздки γ''_{mn} відрізняється від його значення за визначенням γ_{mn} . Їхнє співвідношення можна подати у вигляді

$$\gamma''_{mn} = k' \gamma_{mn}, \quad (5.5)$$

де k' - коефіцієнт пропорційності.

Беручи до уваги наведені залежності, неважко переконатися, що

$$k' = 1 \left(\frac{\gamma'_{mn}}{\gamma_{mn}} \right)^2 - \frac{\gamma'_{mn}}{\gamma_{mn}}. \quad (5.6)$$

Тоді для аналізу ΔU досить фіксувати в кожному досвіді (інтерв'ю) значення γ_{mn} , і, скориставшись відповідним йому значенням k' , у регресійному аналізі уявляється можливим використання виразу $k' \gamma_{mn}$, що адекватно відбиває заповнення салонів ТЗ у середньому за рік.

Відомо, що поїздка складається з ряду маршрутних поїздок. На результати праці на основному виробництві впливають звичайно умови всієї поїздки, обумовлені значеннями $k\gamma_n$ аналогічно $k' \gamma_{mn}$:

$$k\gamma_n = \frac{\sum_{i=1}^n (k\gamma_{mn_i} t_{mn_i})}{\sum_{i=1}^n t_{mn_i}}, \quad (5.7)$$

де n - кількість маршрутних поїздок у складі поїздки;

t_{mn_i} - час i -ї маршрутної поїздки.

Для обчислення значення лівої частини цієї рівності не обов'язково знати k . Досить мати для розрахунків k' кожної маршрутної поїздки. При цьому $k' = f(\gamma'_{mn}, \gamma_{mn})$ є відмінною для кожного ТЗ. Однак, проаналізувавши середнє значення для використовуваних у найбільших містах ТЗ, можна рекомендувати застосування наступних значень:

γ_{mn}	1,8	1,5	1,2	1,0	0,9	0,6	0,3	-
$k\gamma_{mn}$	0,896	0,879	0,856	0,834	0,821	0,772	0,788	1

В отриманій моделі (4.2) виявилось, що транспортні фактори X_3 і X_{26} кожний окремо роблять на вихідну функцію незначний вплив. Після включення в модель добутку X_3, X_{26} їхній вплив на вихідну функцію виявився досить значним. Отже ці фактори кожний окремо не впливають на транспортну стомлюваність, а виходить, і на наступне зниження продуктивності праці на основному виробництві.

Для обчислення коефіцієнтів регресії $a_0, a_1, a_2, \dots, a_{25}$ використовувався метод найменших квадратів [12, 18, 19, 20, 21]. У зв'язку з тим, що в даному випадку інтерес становлять тільки транспортні фактори, то і коефіцієнти приводяться для них:

$$a_1 = -0,005; \quad a_2 = -0,202; \quad a_3 = -0,296.$$

Потім оцінюються середньоквадратичні помилки коефіцієнтів регресії σ_{a_j} за формулою:

$$\sigma_{a_j} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (Y_i - \hat{Y}_i) C_{jj}}{N - n - 1}}, \quad (5.8)$$

де Y_i - фактичне значення залежної змінної (збільшення продуктивності);

\hat{Y}_i - розрахункове значення залежної змінної, одержуване при підстановці у формулу (5.2) значень відібраних факторів;

C_{jj} - j -й діагональний елемент зворотної матриці системи нормальних рівнянь;

N - число спостережень;

n - число факторів.

Середньоквадратичні помилки коефіцієнтів регресії для транспортних факторів:

$$\sigma_{a_1} = 0,049; \quad \sigma_{a_2} = 0,036; \quad \sigma_{a_3} = 0,013.$$

Для з'ясування істотності факторів, що входять у модель, необхідно їх проранжировати за значущістю. Для цього виконують оцінку значущості коефіцієнтів регресії за формулою [12, 15, 18, 19, 20, 23]:

$$t_{a_i} = \frac{a_i}{\sigma_{a_i}}, \quad (5.9)$$

де a_i - коефіцієнт регресії;

σ_{a_i} - середньоквадратична помилка коефіцієнта регресії.

Для транспортних факторів отримані наступні значення:

$$t_{a_1} = -0,107; \quad t_{a_2} = -5,615; \quad t_{a_3} = -22,175.$$

Одержані значення t_{a_i} порівнюють з табличними значеннями при довірчій імовірності 0,95. Якщо розраховане значення t_{a_i} перевершує за абсолютним значенням прийняту довірчу імовірність 0,95, то гіпотеза про рівність коефіцієнта нулеві вважається спростованою, тому що нуль відсутній в його довірчому інтервалі. Коефіцієнт регресії визнається істотним. У даному випадку при числі спостережень $N = 150$ і прийнятій довірчій імовірності 0,95 табличне значення $t = 1,96$ [18, 20, 22]. Тоді істотними визнаються другі два транспортних фактори.

Розрахунок довірчих інтервалів для коефіцієнтів регресії виконують за формулою:

$$a_i - t_{a_i} G_{a_i} \leq b_i \leq a_i + t_{a_i} G_{a_i}, \quad (5.10)$$

де a_i - коефіцієнт регресії;

t_{a_i} - табличне значення t -критерію i -го коефіцієнта;

G_{a_i} - середньоквадратична помилка i -го коефіцієнта регресії;

b_i - довірчий інтервал для i -го коефіцієнта.

Для a_1 маємо

$$-0,1 \leq -0,005 \leq +0,091;$$

для a_2

$$-0,2725 \leq -0,202 \leq -0,1315;$$

для a_3

$$-0,3215 \leq -0,295 \leq -0,2705.$$

Таким чином, отримана модель з урахуванням транспортних факторів набуде вигляду

$$\Delta Y = a_0 - 0,005X_1 - 0,202X_2 - 0,196X_3 + \dots + a_{25}X_{25}. \quad (5.11)$$

Хоча всі інші коефіцієнти визначені й розраховані їхні статистичні характеристики, вони тут не наводяться, тому що не роблять впливу на хід подальших розрахунків і не становлять інтересу з погляду поставленого завдання. Їх включили в модель тільки для досягнення максимальної чистоти постановки експерименту. Вони використані там, де їхній вплив необхідно врахувати при розрахунку деяких характеристик моделі.

Після визначення коефіцієнтів регресії була виконана оцінка моделі на інформаційну здатність і адекватність. Для перевірки інформаційної здатності моделі формується нуль-гіпотеза H_0 ,

$$H_0 : \sigma_{\text{общ}}^2 \{Y\} = \sigma_{H_a}^2, \quad (5.12)$$

де $\sigma_{\text{общ}}^2$ - загальне розсіювання результатів вимірів Y_n стосовно загального середнього $\bar{Y}_{\text{общ}}$ по всьому експерименту;

$\sigma_{H_a}^2$ - розсіювання результатів вимірів, викликане відхиленням від регресії.

Далі визначається дисперсійне відношення F (критерій Фишера) за формулою [16, 20, 24, 25]:

$$F = \frac{SS_y}{SS_{\text{ост}}}, \quad (5.13)$$

де SS_y - обумовлений регресією середній квадрат;

$SS_{\text{ост}}$ - середній квадрат, обумовлений відхиленням від регресії.

$$SS_y = \frac{\sum_{i=1}^N (\hat{y}_i - \bar{y})^2}{n}; \quad (5.14)$$

$$SS_{\text{ост}} = \frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2}{N - n - 1}, \quad (5.15)$$

де \hat{y}_i - розрахункове значення залежної змінної;

\bar{y} - загальне середнє за всіма спостереженнями;

N - загальне число спостережень;

n - число факторів;

y_i - фактичне значення залежної змінної.

Отримане значення F -критерію порівнюють з табличним при обраному рівні значущості 0,05. Якщо воно виявиться більше відповідного табличного значення, то отримана модель описує результати експерименту краще, ніж найпростіша, в якій при будь-якому наборі значень x_i виходом є константа, рівна середньому значенню \bar{y} .

У розглянутому випадку

$$SS_y = 927,555; \quad SS_{ост} = 6,903;$$

$$F = \frac{927,555}{6,903} = 134,36.$$

Табличне значення F -критерію дорівнює 1,68. Отже, отримана модель описує результати експерименту краще, ніж найпростіша.

За розрахованим значенням F -критерію визначають техніко-економічну цінність моделі за формулою [26]:

$$\theta = 100(\sqrt{F} - 1). \quad (5.16)$$

Модель можна вважати корисною, якщо $\theta > 50\%$,

$$\theta = 100(134,36 - 1) = 1059\%.$$

Виходить, отримана модель корисна.

Для оцінки адекватності моделі можна скористатися показником середньої помилки апроксимації:

$$\bar{\varepsilon} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \left| \frac{\hat{y}_i - y_i}{y_i} \right| 100. \quad (5.17)$$

Розрахунок показує, що $\bar{\varepsilon} = 14\%$ є задовільним для даної задачі.

Для визначення тісноти зв'язку між залежною змінною і факторами, що впливають на її рівень, розраховують коефіцієнт множинної кореляції:

$$R_{y, x_1, x_2, \dots, x_n} = \sqrt{1 - \frac{\sum_{i=1}^N (y_i - \hat{y}_i)^2}{\sum_{i=1}^N (y_i - \bar{y})^2}}. \quad (5.18)$$

Чим ближче коефіцієнт множинної кореляції до 1, тим тісніше зв'язок між досліджуваним показником і факторами, що впливають на його рівень.

Квадрат коефіцієнта множинної кореляції – коефіцієнт множинної детермінації – характеризує питому вагу впливу на досліджуваний показник відібраних факторів серед усіх можливих факторів.

Коефіцієнт множинної кореляції для розглянутої моделі дорівнює 0,982, що свідчить про досить високий ступінь тісноти зв'язку між збільшенням продуктивності праці і відібраних факторів.

Довірчі інтервали для коефіцієнта множинної кореляції:

$$R - t_R \sigma_R \leq R \leq R + t_R \sigma_R, \quad (5.19)$$

де $t_R = 1,96$ - табличне значення критерію Стьюдента при довірчій імовірності 0,95;

σ_R - середньоквадратична помилка коефіцієнта множинної кореляції:

$$\sigma_R = \frac{1 - R^2}{\sqrt{N - n - 1}}. \quad (5.20)$$

Тоді

$$\begin{aligned} \sigma_R &= \frac{1 - 0,9644}{\sqrt{150 - 25 - 1}} = \frac{0,0356}{\sqrt{124}} = \frac{0,0356}{11,135} = 0,0032; \\ 0,982 - 1,96 &= 0,0032 \leq R \leq 0,982 + 1,96 = 0,0032; \\ 0,975 &\leq R \leq 0,988. \end{aligned}$$

Відсутність нуля в довірчому інтервалі дозволяє стверджувати, що гіпотеза про рівність коефіцієнта множинної кореляції нулеві вважається спростованою. Коефіцієнт множинної кореляції визнається істотним.

5.3. Медико-біологічні дослідження транспортної стомлюваності і її впливу на продуктивність праці в суспільному виробництві

Оцінка психофізіологічного стану організму через реєстрацію електроенцефалограми (ЕЕГ). У фізіології вищої нервової діяльності ЕЕГ є головним інструментом дослідження мозку. У літературі відомості про проведення широких досліджень ЕЕГ під час роботи оператора якої-небудь системи, льотчика, космонавта, водія висвітлені недостатньо [27]. У деяких дослідженнях ЕЕГ застосовували як характеристику активності нервових процесів оператора, але при його нерухоному стані.

5.3.1. Існуючі методи аналізу функціонального стану організму

Фізіологи намагаються установити співвідношення між наявністю й активністю окремих частот і психічним станом. Вважається, що α -ритм, що реєструється, як правило, у спокійному стані випробуваного в темряві, у сумарній ЕЕГ характеризує стан спокою. З розвитком у мозку гальмових процесів частотний спектр ЕЕГ зміщується у бік повільних коливань, а при розвитку збудженого стану – у бік швидких.

Незважаючи на високу інформативність ЕЕГ як методу вивчення вищої нервової діяльності, застосування її в інженерних дослідженнях у реальних трудових умовах стримується чисто технічними труднощами.

ЕЕГ як метод, що дозволяє одержувати при стаціонарних дослідженнях цінну інформацію як про роботу окремих центрів, так і про всю центральну нервову систему в цілому, є винятково тонким і досить точним інструментом дослідження, але якщо як подразник подається не один сигнал, а цілий потік, що викликає активну роботу відразу декількох областей кори головного мозку, то це приводить до затушовування характеристик ЕЕГ. Більше того, такий запис може характеризувати тільки загальну активність центральної нервової системи, а не якої-небудь окремої технічної функції. Але навіть таку сумарну характеристику одержати в реальних трудових умовах не просто, оскільки на ЕЕГ накладається електроміограма м'язів людини, електричний потенціал яких на кілька порядків вище потенціалу біострумів мозку. Крім цих труднощів, існує ще одна, яка робить ЕЕГ малоприсадною для дослідження трудових процесів.

Біопотенціали мозку відводяться за допомогою спеціальних електродів, заповнених для зниження електричного опору спеціальною пастою. Опір у зоні контакту електрода повинен бути постійним, тому щоб паста не висихала і не впливала, електрод щільно притискається до голови випробуваного. Це створює сильні болючі відчуття, які можна терпіти не більше 15-20 хв.

Однак технічні труднощі не означають, що ЕЕГ взагалі неможливо використовувати в дорожніх дослідженнях. Одержувана при дослідженнях інформація характеризує загальний функціональний стан людини.

Оцінка функціонального стану організму за змінами в електрокардіограмі (ЕКГ). У психологічних дослідженнях найбільш часто як показник загального стану організму людини або відповіді його на який-небудь зовнішній вплив використовується ЕКГ. З усіх психофізіологічних показників ЕКГ найбільш вивчена, а методика її виміру й аналізу найбільш досконала. Це пояснюється тим, що ЕКГ широко використовується в клінічній практиці як інструмент вивчення серцево-судинної системи. У психофізіології ЕКГ служить як основний індикатор емоційного стану людини при фізичному і розумовому на-

вантаженнях [27]. При цьому значущими є такі її характеристики, як частота пульсу, зміна в зубцях і інтервалах.

Від мети розв'язуваного завдання залежить реєстрація тієї або іншої характеристики ЕКГ.

У серцевому м'язі виникають потенціали, що проводяться навколишніми тканинами до кінцевих покривів. Зміни цих потенціалів фіксуються спеціальними приладами (електрокардіографами і т.д.). Зафіксована в такий спосіб крива називається кардіограмою. Реєстрація кардіограми проводиться залежно від розв'язуваного завдання у стандартних або нестандартних відведеннях.

Для реєстрації ЕКГ у стандартних відведеннях необхідно, щоб людина лежала в спокійному розслабленому стані. Реєстрація ЕКГ у нестандартних відведеннях дозволяє визначити зміни окремих її елементів: частоту пульсу, систолічний показник і відносну зміну інтервалів.

Записана в різних відведеннях ЕКГ має різний вигляд, але завжди досить чітко виражені специфічні зміни потенціалу – зубці. Саме ці зубці (їхня амплітуда, тривалість і відстань до сусіднього зубця) і є головною характеристикою діяльності і стану серця (рис. 5.1).

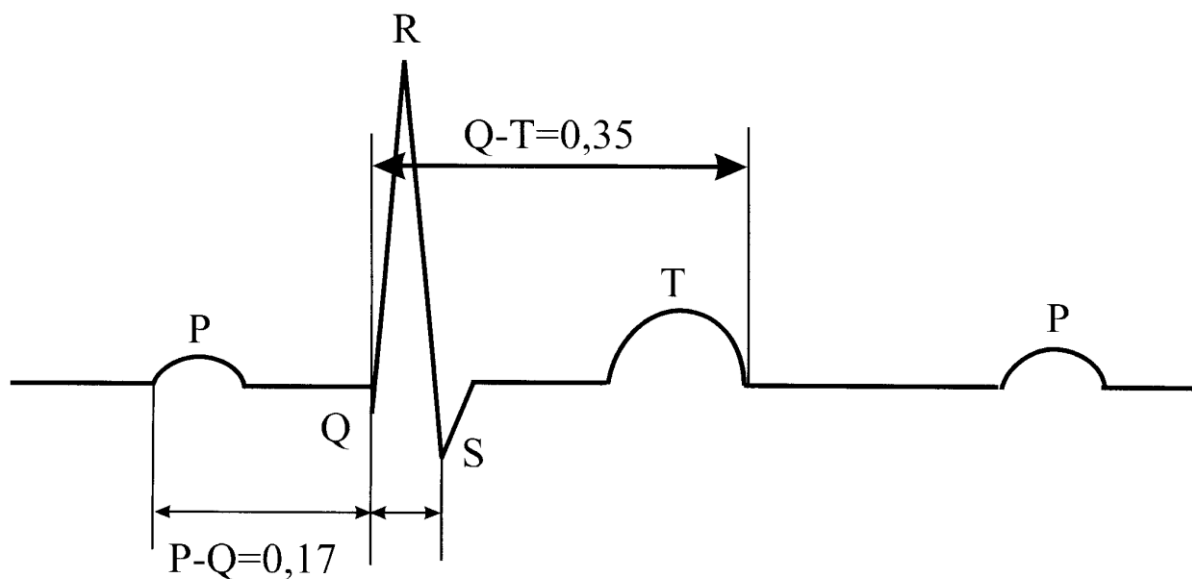


Рис. 5.1 – Схема електрокардіограми в нормі

У міру зростання фізичного навантаження спостерігається збільшення зубців P_k, T_k і зменшення інтервалу $P_k - Q_k$ на фоні частішання пульсу. Фізичне навантаження, після якого організм легко відновлюється, не відображується на комплексі $Q_k R_k S_k$, а при виснажливому навантаженні спостерігається укорочення цього інтервалу.

У випадку емоційного навантаження характер зміни ЕКГ такий же, як і при значній фізичній нарузі. Емоційна напруга більш тривала, ніж фізичне навантаження, тому зміни в ЕКГ виражені більш яскраво. При сильних емоційних реакціях відбувається зниження зубців P_k, T_k на фоні частішання серцевого

ритму і зсув вниз інтервалу S_k, T_k . Зміну зубця T_k пов'язують з розвитком стомлення, із психічною напругою і з емоційними реакціями. Якщо ЕКГ розглядати не з клінічних позицій, а як один з показників психофізіологічного стану людини, то найчастіше аналізують зміну пульсу, форму зубців і співвідношення інтервалів між окремими комплексами. Відносні зміни цих характеристик ЕКГ не залежать від місця її відведення [27].

У даний час визнані достовірними наступні зміни елементів електрокардіограми, які можна розглядати як індикатори реакції серця в нормі на фізичне й емоційне навантаження [28]. Тривалість зубця P_k у спокійних (фонових) умовах не більше 0,08 с, напруга 50-200 мкВ. Під впливом навантаження зубець P_k може трохи подовжитися до 0,1 с і збільшитися до 300 мкВ. Подальше збільшення цих величин буде свідчити про перевантаження серця, а отже і всього організму в цілому.

Обробка значень вказаних вище величин трудомістка, тому в дослідженнях до його допомоги вдаються рідко, коли не достатні дані по інших характеристиках.

Інтервал $P_k - Q_k$ – це інтервал між початком порушень передсердь і шлуночків серця. Тривалість його змінюється в межах 0,12-0,2 с. Під навантаженням цей інтервал подовжується, але в міру розвитку загального стомлення організму коротшає. Подовження інтервалу $P_k - Q_k$ вважається одним з ознак стомлення [29].

Зубець T_k під навантаженням змінює свою форму – згладжується. Цей зубець при дослідженнях досить інформативний, однак сильно підданий впливу чисто фізіологічних факторів, таких як прийом їжі, різка зміна положення тіла і т.д.

Відрізок $Q_k - T_k$ означає тривалість порушення шлуночків серця, коливається залежно від частоти пульсу. Нормальна робота серця і всього організму залежить від можливості серцевого м'яза відновлюватися під час розслаблення. Ця можливість оцінюється систолічним показником

$$q_k = \frac{Q_k - T_k}{R_k - R_k}, \quad (5.21)$$

де $Q_k - T_k$ – тривалість порушення шлуночків серця;

$R_k - R_k$ – тривалість серцевого циклу.

Не менш інформативним у дослідженнях є зміна частоти пульсу [30]. Ця характеристика ЕКГ найбільше легко піддається реєстрації й обробці. Частота пульсу є гарним показником напруженості організму. За частотою пульсу точно можна судити й про витрати енергії організму [30].

У даний час електрокардіограму розглядають як один з найбільш надійних психофізіологічних показників, що характеризують стан центральної нервової системи.

Оцінка психофізіологічного стану організму за шкірно-гальванічною реакцією (ШГР). Шкірно-гальванічна реакція давно застосовується в психофізіологічних дослідженнях. Однак унаслідок того, що вона не застосовується в клінічних дослідженнях, то вивчена в меншій мірі і застосовується в основному як якісний показник. Сутність ШГР полягає в зміні різниці потенціалів між окремими точками на поверхні шкіри людини з несподіваною появою сигналу зовнішнього подразника [31,32]. Виявляється також зв'язок між емоційним станом людини й електричним опором шкіри [27].

У даний час накопичений великий досвід з реєстрації і розшифровки ШГР, що дозволяє розглядати цей показник як об'єктивну характеристику стану людини. ШГР – своєрідна реакція: при повторних пред'явленнях подразника вона має тенденцію до загасання. Цей процес одержав назву «загасання реакції». За концепцією Е. Н. Соколова орієнтований шкірно-гальванічний рефлекс являє собою реакцію на новизну подразника і загасає в міру формування «нервової моделі» даного сигналу. Процес загасання складається з поступового укорочення реакції, але її латентний період при цьому залишається незмінним. Після повного зникнення ШГР може знову виникнути, як тільки стереотип, що застосовувався раніше, зруйнується [27]. Дослідниками виявлена ще одна особливість ШГР. При уявному поданні якої-небудь події у випробуваннях з'являлися стійкі рефлекси, що не зникають навіть при багаторазовому поданні. Найбільш часто ШГР використовується для оцінки емоційного стану людини.

ШГР внаслідок простоти реєстрації й інформативності щодо динаміки психічних процесів людини за частотою використання суперничає з ЕКГ, уступаючи тільки в тих випадках, коли потрібна кількісна інформація.

У дорожніх психофізіологічних дослідженнях велике значення має спосіб і метод реєстрації ШГР. Випробування, проведені в різних умовах, показують, що в різних відведеннях виходять нерівнозначні показання.

Відмінність показників ШГР викликана запізнюванням в організмі людини процесу виконання щодо процесу передачі збудження.

Існують два види виміру ШГР у часі: коливання рівня ШГР протягом тривалого періоду часу, що викликані емоційними порушеннями, які характеризуються загальним тонусом нервово-психічної діяльності, і коливання протягом коротких інтервалів часу. Перший вид коливань у дослідженнях може бути використаний при оцінці загального емоційного стану людини, загальній оцінці складності всієї сукупності факторів, що впливають, і стомлення людини.

Другий вид ШГР, що відгукується на поточну роботу вищої нервової діяльності, в біології називається фізичною складовою і в дослідженнях може бути використаний при оцінці впливу на людину в процесі сприйняття змін різних елементів або їхніх сполучень у конкретній обстановці.

Дослідження показали, що різні елементи навколишнього оточення викликають різні зміни ШГР. Всю інформацію, що надходить, можна розділити

на два види: здатну викликати вгасання реакції і здатну завжди викликати її зміну [1].

В інженерних дослідженнях необхідні й кількісні показники. Такими для ШГР є рівень, амплітуда, період загасання, а також кількість пред'явлень подразника, що викликає повне вгасання або заданий його ступінь.

Рівень ШГР можна розглядати як один з показників ступеня емоційної напруженості. Чисельні значення цього рівня дуже залежать від особистих особливостей людини і відповідають при відведеннях за методом Фере – 10-100 кОм, за методом Тарханова – 30-50 мВ залежно від місця установки датчиків. Амплітуда коливань ШГР залежить від сили реакції і складає до 5 мВ і більше за методом Тарханова і 10 кОм за методом Фере. Більш точним є вимір амплітуди в частках від загального рівня в момент появи реакції. Ця частка може змінюватися в межах 0-30 % і характеризує цінність сприйнятої інформації.

Період коливань однієї ШГР можна виміряти тільки в лабораторних умовах. У робочій обстановці вид запису ШГР як сумарної кривої настільки складний, що виділити в ній яке-небудь одне коливання практично неможливе.

Шкірно-гальванічну реакцію можна розглядати як необхідний показник цілого ряду психічних станів людини й особливо емоційного стану, але для встановлення цих станів тільки однієї ШГР мало. На рівень ШГР більше ніж на інші психофізіологічні показники впливає методика проведення досліджень.

Оцінка функціонального стану людини тестовими методами. Цілий ряд характеристик надійності роботи людини не має яскраво виражених кореляцій, тому що під їх впливом змінюються всі психофізіологічні показники. Цим до деякої міри пояснюється те, що дотепер немає єдиної методики кількісної оцінки таких характеристик, як увага, ступінь напруженості, стомлення, втома. У дослідженнях при необхідності одержання оцінки таких характеристик звичайно зіставляють значення психофізіологічних показників у певний момент із фоновими значеннями і розглядають отриману оцінку як якісну, тому що психофізіологічні зміни показників викликані не якимось одним психічним станом, а всім процесом сприйняття зовнішнього світу.

Методи якісної оцінки дозволяють при безперервній реєстрації функціонального стану оператора розпізнати періоди різної напруженості його роботи, але мало придатні для оцінки динаміки зміни працездатності. Тому в дослідженнях для визначення надійності доводиться використовувати методи, що дозволяють оцінювати досліджувані психічні процеси не прямо, а побічно, використовуючи спеціальні тести, при виконанні яких підключаються ті ж механізми центральної нервової системи, що й у досліджуваній трудовій діяльності.

Робота з тестами дозволяє одержувати кількісні характеристики процесів, що не мають конкретних зовнішніх кореляторів у психофізіологічних показниках оператора. Вони визначаються як відношення тривалості виконання тестових задач і кількості зроблених при цьому помилок до фонових або оптимальних показників. Якщо при виконанні тестів фіксуються і психофізіологічні показники, що характеризують психічну напруженість, то за ними можуть бути визначені зусилля, які затрачуються випробуванням у різні періоди трудової дія-

льності для досягнення однакової продуктивності роботи. Ці показники в оцінці оператора мають якісний характер і дозволяють оперативно оцінювати його працездатність протягом робочого дня.

У дослідженнях Є. М. Лобанова [27] за допомогою тестових випробувань водіїв вивчалася динаміка розвитку стомлення при різних сполученнях дорожніх умов, виявлявся вплив ступеня стомлення на швидкість переробки інформації і зміна часу реакції водія, а також досліджувалася можливість відновлення працездатності при різній тривалості відпочинку.

Однак використання тільки тестових методів для оцінки стану людини і ступеня стомлення є недостатнім.

Застосування критичної частоти злиття мелькань для оцінки функціонального стану людини. Визначення критичної частоти злиття мелькань (КЧЗМ) широко застосовується у психології, фізіології, ергономії, нейроофтальмології та ряді інших наукових дисциплін для вирішення найрізноманітніших завдань, що пов'язані як з оцінкою стану зорового аналізатора, так і з вивченням за допомогою цього методу основних властивостей нервової діяльності [33].

Результати досліджень показали високу чутливість і велику інформативність цього методу при вирішенні завдань. Разом з тим украй незначна кількість досліджень присвячена вивченню механізмів феномена, що лежать в основі визначення КЧЗМ, а відсутність єдиних методичних підходів і стандартного апаратурного забезпечення приводить до суперечливих результатів у різних авторів і практично виключає можливість зіставлення отриманих у різних лабораторіях даних.

У загальному вигляді методика КЧЗМ полягає в наступному: випробуваному пред'являється джерело мигтучого світла, частота мелькань якого зростає. Частота мелькань, при якій випробуваний відчуває безперервний потік світла, оцінюється як критична частота.

5.3.2. Вибір методу виміру транспортної стомлюваності

З усіх наведених вище методів найбільш інформативними є електрофізіологічні. У зв'язку з тим, що оцінку зміни транспортної стомлюваності необхідно зробити безпосередньо в процесі пересування, то й обраний метод повинен бути таким, щоб забезпечувалася точність одержуваної інформації і була зручна у дослідженнях.

На основі аналізу існуючих підходів до оцінки функціонального стану в якості системи, що відображає зміни, які відбуваються в організмі в цілому, обрана серцево-судинна система (ССС). ССС із її багаторівневою регуляцією являє собою функціональну систему, кінцевим результатом діяльності якої є забезпечення заданого рівня функціонування цілісного організму.

Можна вважати, що будь-якому заданому рівню функціонування цілісного організму відповідає еквівалентний рівень функціонування апарату кровообігу [32]. Особливо велика роль системи кровообігу, що бере активну участь у всіх проявах життєдіяльності, забезпечуючи необхідний кінцевий результат діяльності керуючих і керованих ланок цілісного організму шляхом доставки адекватної кількості кисню і живильних речовин і своєчасного видалення відходів.

Система кровообігу з її нейрогуморальним апаратом керування і саморегуляцією реагує на найменші зміни потреби окремих органів і систем і забезпечує узгодження кровотоку в них з гемодинамічними параметрами на рівні організму. Це дає підставу розглядати систему кровообігу як універсальний індикатор адаптаційно-приспосувальної діяльності цілісного організму. Реакція ССС є показником загальної реакції організму [32].

У фізіології і клініці для оцінки здатності організму досягати заданого рівня функціонування без порушення гомеостазу використовують різні навантажувальні проби. У прогностичному плані більш важливе питання про цінність даного навантаження для організму.

Виходячи з концепції про ССС як індикатор адаптаційно-приспосувальної діяльності цілісного організму необхідно насамперед звернутися до аналізу змін ритму серцевих скорочень – універсальної реакції організму у відповідь на будь-яке навантаження. Однак середня частота пульсу відбиває кінцевий результат численних регуляторних впливів на апарат кровообігу, характеризує сформований у процесі адаптації гомеостаз. Інформація про те, як склався цей гомеостаз, яка «ціна» адаптації утримується у структурі серцевого ритму, закодована в послідовності кардіоінтервалів. Завдання математичного аналізу полягає у тому, щоб витягти цю сховану інформацію, зрозуміти характер поточної взаємодії ланок керування ритмом серця і тим самим оцінити стан і ступінь напруження регуляторних механізмів цілісного організму.

Фіксуючи функціональний стан організму людини, можна потім перейти до стомлення. Оцінку функціонального стану проводять за методикою проф. Р. М. Баєвського [2, 34, 35], відповідно до якої функціональний стан можна визначити за частотою пульсу (ЧП), індексом напруги (ІН) і показником активності регуляторних систем (ПАРС) організму. Суть методу полягає в знятті електрокардіограми у визначені моменти часу і розрахунку ЧП, ІН, ПАРС. Електрокардіограма досить чітко відбиває ті зміни в організмі людини, що відбуваються під дією емоційного і фізичного навантажень [2,34].

Індекс напруги визначають за формулою:

$$ИН = \frac{AM_0}{2M_0\Delta X}, \quad (5.22)$$

де AM_0 - амплітуда моди;

M_0 - мода розподілу динамічного ряду розподілу, с;

ΔX - варіаційний розмах розподілу, с.

Визначення ПАРС (у балах) виконують шляхом додавання балів, що відповідають п'ятьом критеріям для оцінки окремих станів і характеристик системи регуляції ритму серця, а саме: сумарному ефекту регуляції; функції автоматизму; вегетативному гомеостазу; стійкості регуляції; активності підкіркових нервових центрів.

5.3.3. Вплив стомлюваності на продуктивність праці

Щоб чітко показати зв'язок між утомою і продуктивністю праці, мабуть, необхідно розглянути ланцюг зв'язків між цими та іншими фізіологічними поняттями з їхніми визначеннями (рис. 5.2).

Продуктивність характеризує ефективність виробничої діяльності людей, що виражається кількістю продукції, виготовленої в одиницю часу.

Працездатність – функціональні можливості організму, що характеризуються кількістю і якістю роботи при напруженні максимальної інтенсивності або діяльності [36].

Стомлення – це «фізіологічний стан» організму, що супроводжує тривалу й інтенсивну роботу, який виражається в тимчасовому розладі функцій нервових кліток кори головного мозку, що поширюється на інші системи організму і визначає працездатність людини [22, 37, 38].

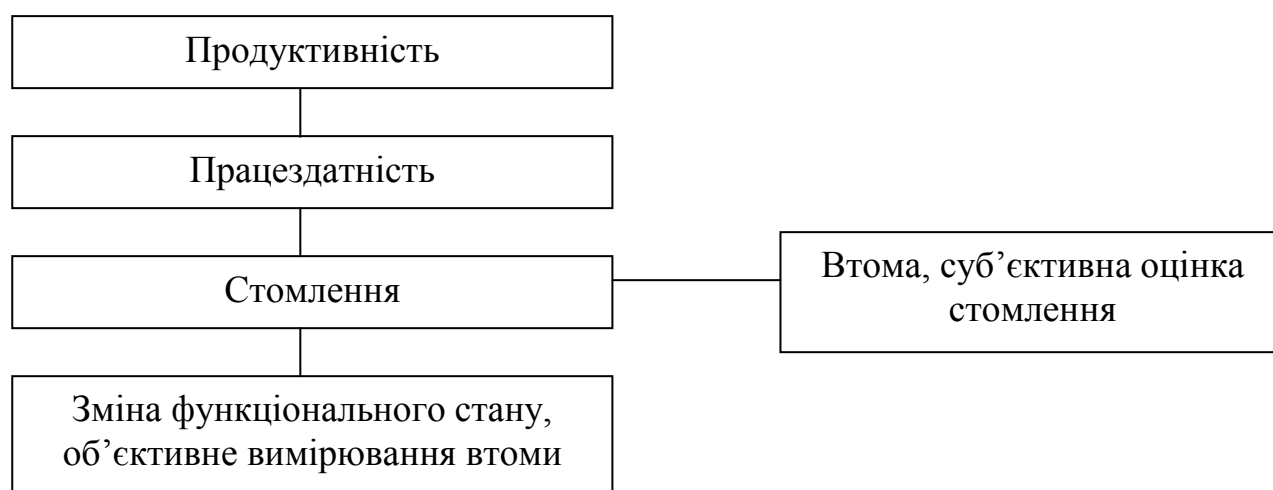


Рис. 5.2 – Схема взаємозв'язку продуктивності й стомлюваності

Функціональний стан – комплекс наявних характеристик тих функцій і якостей людини, що прямо або побічно обумовлюють виконання трудової діяльності [39].

З наведеної вище схеми і визначень випливає, що завдання зводиться до розробки методики оцінки функціонального стану організму пасажера.

Маючи дані про зміну функціонального стану організму протягом певного періоду часу, можна судити про зміну стомлення [40]. Стомлення (стомлюваність), у свою чергу, дозволяє оцінити працездатність [38] і продуктивність.

Проведені дослідження з оцінки транспортної стомлюваності показали, що вона негативно впливає на продуктивність праці на робочому місці [6]. Однак дотепер немає єдиної методики для оцінки транспортної стомлюваності. В основному всі автори визначають транспортну стомлюваність і її вплив на продуктивність праці залежно від тривалості поїздки до місця роботи.

Професор Н. В. Правдін провів обстеження п'яти промислових підприємств Гомеля. По суті дослідження мали теоретичний характер. При підрахунку втрат продуктивності праці залежно від часу поїздки робітника до місця роботи використовувалася наступна методика. Як показник, що характеризує продуктивність праці, брали заробітну плату робітника, що певною мірою є похідною продуктивності праці. Для встановлення заробітної плати за один робочий день були проаналізовані журнали обліку робочих годин і нарахувань заробітної плати залежно від виконаної роботи. У результаті вдалося підрахувати заробітну плату кожного робітника в середньому за один робочий день. При цьому для виключення помилок, елементів випадків і т.д. заробітну плату за один день визначали в середньому за шість-дванадцять місяців роботи кожного робітника на підприємстві. Для дослідження на всіх підприємствах був узятий один рік (1966), щоб одержати дані, не перекошені впливом факторів, пов'язаних з умовами праці, побуту і т.д. Після побудови рівнянь регресії та деяких інших розрахунків визначили, що на кожні 10 хв. витрат часу на поїздку робітники втрачали в середньому 3,96% заробітної плати, а отже, продуктивність праці була нижче [10].

Обстеження, проведені в Москві на текстильній фабриці комбінату «Трьохгірна мануфактура», показали, що у ткачих, які витрачають на поїздку до місця роботи більше однієї години з двома-трьома пересадками, середньогодинний виробіток був на 7-8% нижче, ніж у робітниць, які витрачали на поїздку до місця роботи менше 40 хв. [6]. Проведене за методикою Н.В. Правдіна дослідження в ПО «Світлана» (С.-Петербург) показало, що середньозважене значення втрат заробітної плати у відрядників з розрахунку на кожні 10 хв. віддалення від місця роботи складає 2,52% [6].

НДІ економіки будівництва провів, за даними А. Томсена, соціально-економічні дослідження на Московському шовковому комбінаті ім. Щербакова і на 2-му московському годинниковому заводі. У результаті виявили значне наростання транспортної втоми в пересуваннях до місця роботи тривалістю 30-60 хв. і з пересадками. У порівнянні з робітницями, які витрачають на дорогу до 15 хв., втрата продуктивності праці склала 2-2,5% [6].

За оцінкою вчених організація безперебійної доставки робітників до місця прикладання праці забезпечила б підвищення продуктивності праці на 5-8 % [6].

Існує думка, що через транспортну стомлюваність продуктивність праці працівників на виробництві знижується приблизно на 4%.

Викладені вище результати досліджень свідчать, що має місце таке явище, як транспортна втома (стомлюваність), вона негативно впливає на продуктивність праці. Однак відсутність методики експериментальної оцінки транспортної стомлюваності привело до широкого розкиду результатів досліджень.

Для уточнення експериментальної оцінки вартостей, що складають час пересування пасажирів, необхідно кількісно визначити ступінь транспортної стомлюваності (стомлення) і її вплив на продуктивність праці.

5.3.4. Методика проведення експериментів

Для експериментів з метою оцінки впливу транспортної стомлюваності пасажирів на продуктивність праці на основному виробництві вибирають такий контингент працюючих, результативність праці яких можна фіксувати у визначені періоди часу.

При дослідженні фіксують реакцію організму на вплив факторів під час пішого пересування до зупинки (від зупинки) громадського транспорту, чекання транспорту на зупинці, пересадження з одного виду транспорту на інший, поїздки на транспорті і роботи на виробництві до кінця робочої зміни шляхом реєстрування електрокардіограми (ЕКГ), частоти пульсу. ЕКГ знімають з людини портативним електрокардіографом ЕК1Т-04 з комбінованим живленням. Для зручності зняття ЕКГ було апробовано кілька варіантів підключення до людини електродів. Гарна якість запису забезпечувалося при підключенні двох електродів до тіла людини на боках і області 4-5 міжреберного простору. Третій електрод підключається до лівої руки.

Реєстрацію ЕКГ виконують у відведенні $aV_k R_k$. Виміри проводять для однієї людини 6 разів: 3 рази в звичайних умовах поїздки і 3 рази, забезпечуючи комфортні умови поїздки. Перший вимір виконують перед виходом з будинку, тобто вимірюють фоновий стан організму, далі на зупинці, перед посадкою, на місці пересадження на інший маршрут, після виходу з транспортного засобу, перед початком роботи. Потім здійснюють виміри протягом робочої зміни через щогодини. На виробництві паралельно з вимірами фіксують виробіток. Це необхідно для визначення фактичної продуктивності праці і фактичних витрат.

5.3.5. Обробка результатів експериментів

Зафіксована в кожен момент часу електрокардіограма містила 200 $R_k - R_k$ інтервалів. Ця кількість забезпечує достатню точність при розрахунках [2].

Розрахунок ІН полягає в наступному. Зі знятої в даний момент часу ЕКГ вибирають 100 $R_k - R_k$ інтервалів і підраховують ІН за формулою (5.21). Потім це саме із другої сотні зі зрушенням у 20 $R_k - R_k$ інтервалів. Таким чином, ІН підраховують 5 разів. Далі обчислюють середньоарифметичне значення ІН. Для встановлення значення величин, що входять у формулу (5.21), необхідно побудувати гістограму розподілу $R_k - R_k$ інтервалів. Кількість інтервалів K_k , на яке розбивається основа гістограми, визначають за формулою Старджеса [41]:

$$K_k = 1 + 3,31 \lg N, \quad (5.23)$$

де N - загальна кількість членів вибірки $R_k - R_k$ інтервалів (у даному разі $N = 100$).

З отриманого ряду кардіоінтервалів вибирали мінімальне і максимальне значення $R_k - R_k$ інтервалів і будували гістограму розподілу. Середину інтервалу, на який потрапила найбільша кількість кардіоінтервалів, приймають за модальне значення M_0 , а відношення цієї найбільшої кількості кардіоінтервалів до загального, виражене у відсотках, є амплітуда моди AM_0 .

Кожна із складових п'яти систем ПАРС визначається своїми характеристиками. Сумарний ефект регуляції визначають виходячи з частоти пульсу (ЧП) і математичного чекання M . Функція автоматизму – із середньоквадратичного відхилення σ , варіаційного розмаху Δx і коефіцієнта варіації V . Вегетативний гомеостаз визначають виходячи з Δx , AM_0 , ІН. Стійкість регуляції, виходячи з V , ІН, M , кроку зрушення $1k$ і повільних хвиль першого порядку S_0 . Активність підкіркових нервових центрів, виходячи з S_0 , повільних хвиль другого порядку S_m і дихальних хвиль S_d .

Для оцінки ПАРС використовували залежності

$$\sigma = \frac{\sum_{i=1}^N (R_{ki} - \bar{R}_k)^2}{N}, \quad (5.24)$$

де R_{ki} - i -те значення $R_k - R_k$ інтервалів;

\bar{R}_k - середньоарифметичне значення $R_k - R_k$ інтервалів;

N - загальна кількість $R_k - R_k$ інтервалів.

$$M = \frac{1}{4\Pi}; \quad V = \frac{100\sigma}{R_k}.$$

У результаті розрахунку ПАРС можна оцінити стан організму людини в момент виміру: ПАРС=0-3 бала – норма; ПАРС=3-6 бала – стан напруження; ПАРС=6-8 балів – стан перенапруження.

При оцінці стану організму поряд з ПАРС необхідно також розглядати ЧП і ІН, тому що доведено, що між ЧП, ІН і працездатністю існує високий кореляційний зв'язок, що досягає 0,7-0,8 [31].

Відповідно до викладеної вище методики виконували обробку зібраної в період проведення експериментів інформації. Результати обробки приводяться у вигляді графіків зміни ЧП, ІН і ПАРС у часі, починаючи з виходу з будинку і до кінця робочої зміни. Графіки зображують як у комфортних, так і в дискомфортних умовах поїздки. На одному листку зображують графіки зміни функціонального стану для однієї людини. Одночасно підраховують фактичні втрати продуктивності праці, виходячи з фактичного вироблення продукції як після комфортної поїздки, так і після дискомфортної.

Результати обробки і графіки зображені на рис. 5.3, 5.4, 5.5. Оскільки графіки зміни ЧП, ІН, і ПАРС в основному проходять еквідистантно, наведені зміни тільки одного параметра.

Продуктивність праці людини на роботі змінюється пофазно. Крива продуктивності праці має трифазний характер і складається з часу роботи до стійкого рівня, стійкого рівня і падіння в результаті стомлення [22, 31, 37]. Вплив транспортної стомлюваності, мабуть, приходиться на період часу роботи до стійкого рівня, що продовжується приблизно 1,0-1,5 год. [38].

Відомо, що стомлення розвивається не миттєво, а поступово, внаслідок перевищення процесу витрати функціональних ресурсів організму над процесом відновлення [22, 31].

Якщо при невеликих навантаженнях організм встигає заповнювати витрату ресурсів, то при різких і значних навантаженнях він не встигає це зробити, починає розвиватися процес гальмування і внаслідок цього – стомлення.

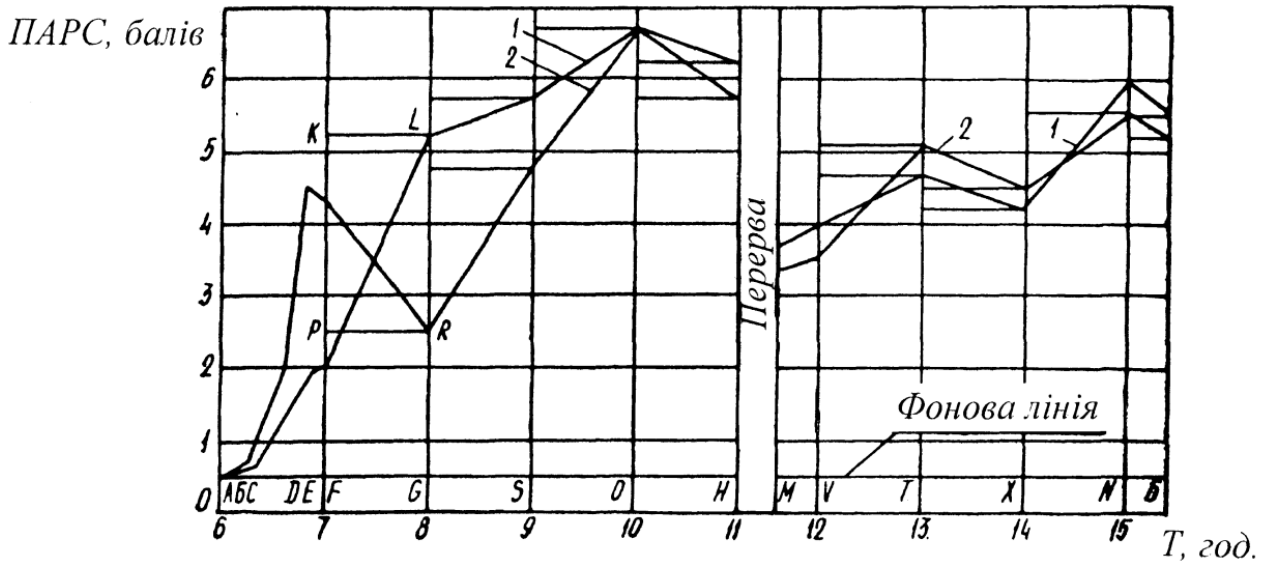


Рис. 5.3 – Зміна функціонального стану організму

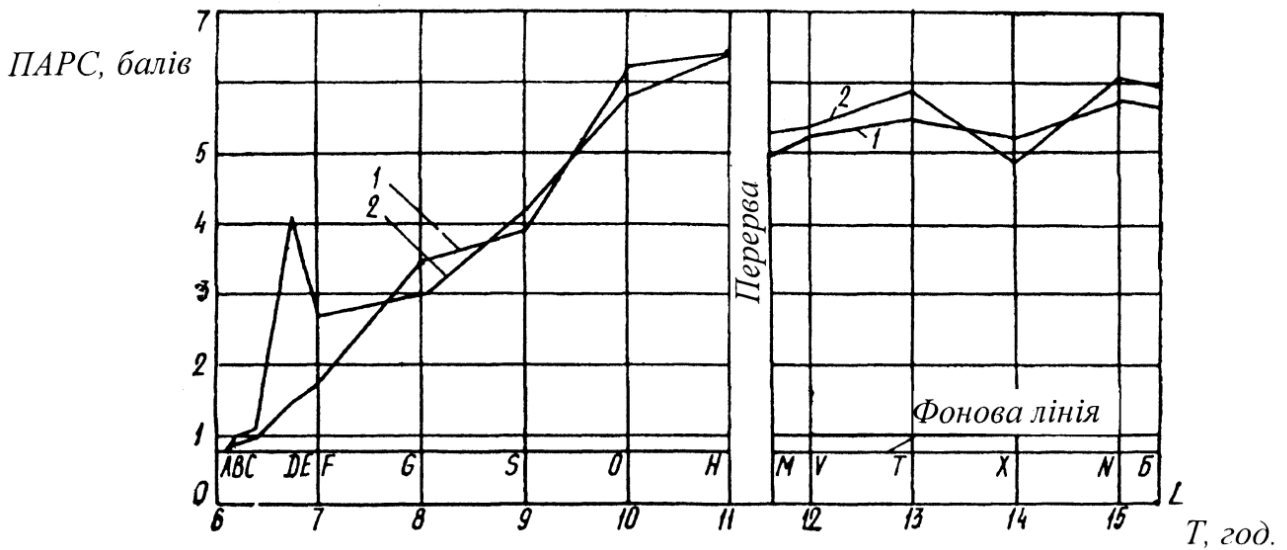


Рис. 5.4 – Зміна функціонального стану організму

На рис. 5.3, 5.4, 5.5 подані найбільш типові графіки зміни функціонального стану. Крива 1 відповідає зміні функціонального стану при комфортних умовах поїздки на роботу, крива 2 – звичайних. Ділянка *AB* відповідає часу пішого ходу до зупинки, *BC* – чеканню транспорту, *CD* – пересуванню на транспорті, *DE* – пересуванню на транспорті іншого маршруту після пересадження, *EF* – часу пішого ходу після висадження до робочого місця. Лінія *A-N* відповідає фоновому станові організму. З рис. 5.3 видно, що до початку роботи (7 год. 00 хв.) у людини після комфортної поїздки (крива 1) функціональний стан організму значно нижчий, ніж після звичайної (крива 2).

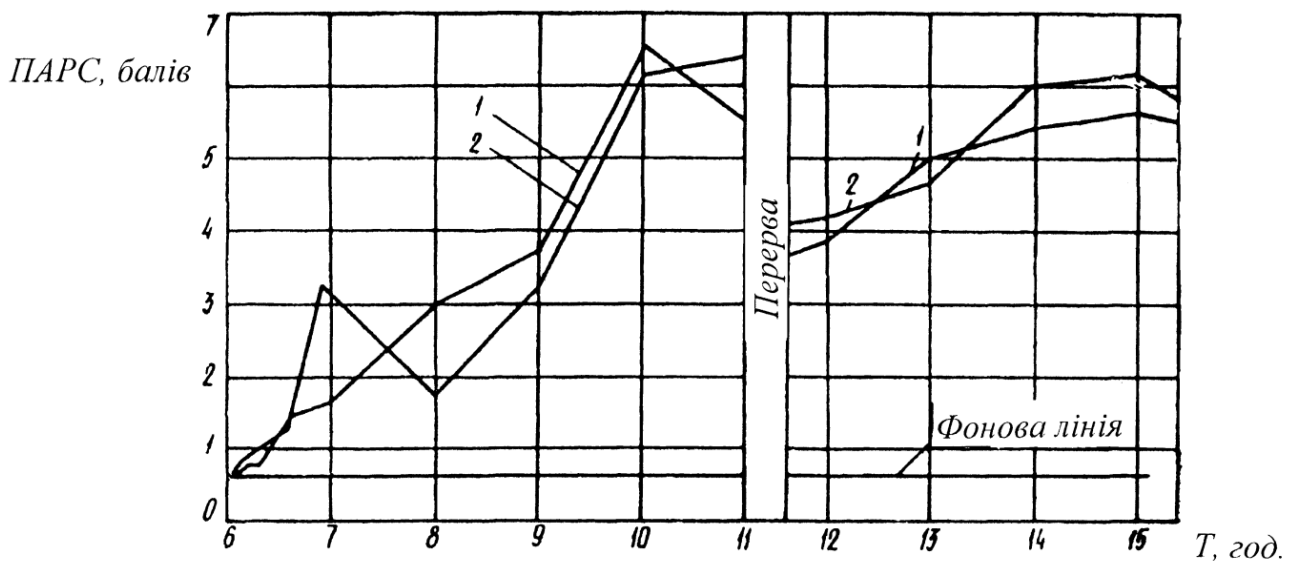


Рис. 5.5 – Зміна функціонального стану організму

Протягом першої години роботи зміна функціональних станів відбувається у різних напрямках: після комфортної поїздки зростає до точки *L*, після дискомфортної падає до *R*. Це говорить про те, що дискомфортна поїздка приводить до значних витрат функціональних ресурсів і протягом першої години роботи організм змушений їх поповнювати. Іншими словами, людина прибуває на роботу з певним рівнем втоми і працює не в повну силу.

Після комфортної ж поїздки не спостерігається дисбаланс витрати і відновлення ресурсів, тому людина працює з повною віддачею.

Утрати продуктивності праці, виходячи з фактичного виробітку, визначають в такий спосіб. Зафіксований за кожен період часу обсяг роботи переводять у відсотки. При цьому виходять з того, що після комфортної поїздки виконано за зміну 100% роботи. Утрати підраховують стосовно цієї роботи.

Для працюючого, зміни функціонального стану якого зображені на рис. 5.3, фактичні виробітки відповідно після комфортної і дискомфортної поїздки склали 100 і 90,5%.

Аналогічно визначали втрати добового виробітку в інших випадках, які піддавали експериментальному аналізу. Результати наведені в табл. 5.1.

На підставі даних, фрагменти яких наведені в табл. 5.1, склали рівняння регресії вигляду (5.2). Усі розрахунки, пов'язані зі складанням рівняння регресії, виконували, як і в підрозділі 5.3, за формулами (5.8)-(5.20). Отримана модель має вигляд

$$\Delta y = a_0 - 0,094x_1 - 0,238x_2 - 0,271x_3. \quad (5.24)$$

Таблиця 5.1 – Результати експериментального аналізу втрат добового вироблення

№ випробування	Час, хв.			Значення функціонального стану організму пасажирів по закінченню поїздки (перед роботою) ПАРС, балів	Фактичні втрати продуктивності праці, %
	пішого ходу	очікування	пересування на транспорті		
1	15	12	23	7,0	9,3
2	10	8	21	6,6	6,8
3	12	7	24	6,7	6,9
4	17	10	17	6,7	6,8
5	18	6	28	7,0	9,1
6	12	2	15	5,1	2,4
7	10	3	10	4,0	1,0
8	14	8	20	6,6	7,6
9	12	12	26	7,0	9,0
10	15	3	24	6,6	8,1
11	12	7	26	7,0	9,1
12	10	5	28	6,5	6,6
13	12	4	10	4,5	1,5
14	13	4	22	6,5	6,5
15	15	6	30	7,0	9,1
16	10	10	20	6,5	8,0
17	12	8	25	6,9	8,3
18	9	2	10	4,0	0,7
19	15	5	5	3,5	0,4
20	12	6	15	5,5	3,5

Змінні в моделі (5.24) і в інших формулах аналогічні змінним у моделі (5.2) і у формулах (5.8)-(5.20).

Середньоквадратичні помилки для коефіцієнтів

$$\sigma_{a_1} = 0,032; \quad \sigma_{a_2} = 0,028; \quad \sigma_{a_3} = 0,018.$$

Значимість коефіцієнтів регресії

$$t_{a_1} = -2,92; \quad t_{a_2} = -8,485; \quad t_{a_3} = -15,346.$$

Табличне значення $t = 2,08$.

Довірчі інтервали для коефіцієнтів моделі (5.24) наступні: для коефіцієнта a_1

$$-0,16 \leq -0,094 \leq -0,028;$$

для коефіцієнта a_2

$$-0,296 \leq -0,238 \leq -0,18;$$

для коефіцієнта a_3

$$-0,307 \leq -0,27 \leq -0,233.$$

Відсутність нуля в довірчих інтервалах свідчить про те, що всі коефіцієнти моделі (5.24) значущі.

Інформаційна здатність моделі (5.24) за F -критерієм

$$F_u = \frac{\frac{28,411}{3}}{\frac{1,735}{16}} = \frac{9,47}{0,108} = 87,35.$$

Табличне значення $F = 3,1$.

Тому що $F_u > F$, модель (5.26) описує результати експериментів краще, ніж найпростіша.

Техніко-економічна цінність моделі

$$\theta_u = 835\%,$$

$\theta_u > 50\%$ – модель корисна.

Оцінка адекватності моделі за середньоквадратичною помилкою апроксимації $\bar{\varepsilon} = 9,4\%$ задовільна для даної задачі.

Коефіцієнт множинної кореляції для моделі $R = 0,97$.

Табличне значення критерію Стьюдента при довірчій імовірності 0,95:

$$t_R = 2,08.$$

Середньоквадратична помилка

$$\sigma_R = \frac{1 - 0,97}{20 - 3 - 1} = \frac{0,03}{4} = 0,0075.$$

Довірчий інтервал

$$0,936 \leq R \leq 0,966.$$

Оскільки нуль відсутній в отриманому інтервалі, R визнається істотним.

У процесі проведення експериментальних досліджень функціонального стану організму людини і продуктивності праці на основному виробництві був установлений взаємозв'язок між ними.

$$\Delta y = 0,562(\Pi_{kij} - 3)^2, \quad (5.25)$$

де Π_{kij} - функціональний стан пасажира після поїздки з i в j , ПАРС, балів.

Таким чином, викладене вище свідчить про те, що транспортний процес об'єктивно підвищує функціональний стан організму й залежно від умов поїздки це приведе до того або іншого ступеня стомлення. Стомлення, викликане транспортним процесом, веде до втрати продуктивності праці в тій або іншій мірі. У випадку якщо пересування складається з двох і більш поїздок, то втрати продуктивності праці залежать від послідовності поїздок і їхніх умов. При дискомфортній поїздки (рис. 5.3) відбувається підвищення функціонального стану як на ділянці CD , так і на ділянці DE . Це відповідає тому, що пасажир до і після пересадження їхав у важких умовах, тому практично до 8 год. 00 хв. працював не в повну силу. Організм змушений частину енергії витратити на процес відно-

влення функціональних ресурсів, витрачених за час пересування. На ділянці *CD* ЧП, ІН і ПАРС зростають (рис. 5.4), а на ділянці *DE* знижуються. Це відповідає тому, що пасажир першу маршрутну поїздку зробив у несприятливих умовах, а другу – в сприятливих. Тому до приходу на роботу організм практично знаходиться в нормальному стані і працівник всю енергію витрачає на зовнішню роботу.

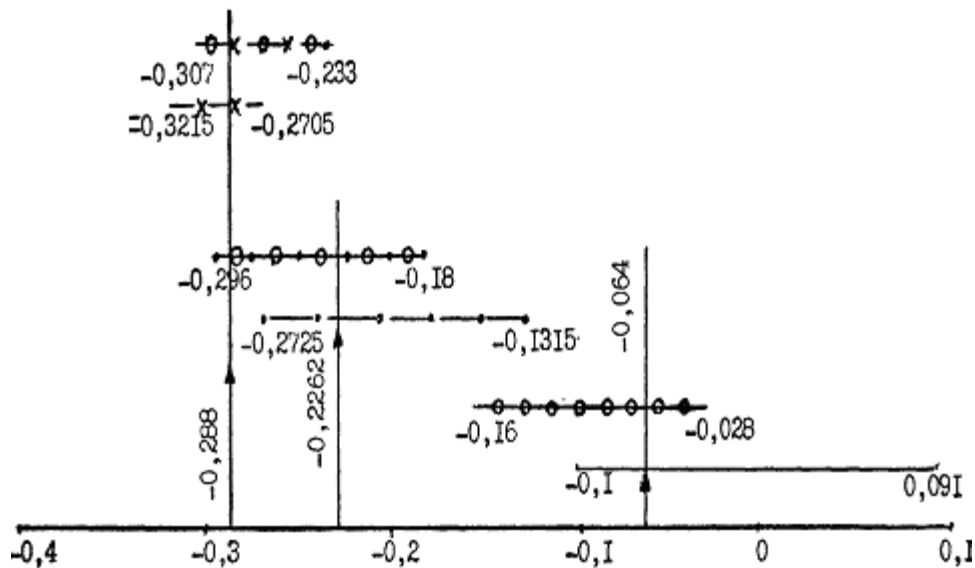
Криві на рис. 5.5 свідчать про те, що першу маршрутну поїздку пасажир зробив у комфортних умовах, а другу – у дискомфортних. Тому частину енергії, як і в першому випадку, організм змушений витратити на процес відновлення функціональних ресурсів. Отже продуктивність праці в порівнянні з комфортною поїздкою буде нижче.

За результатами медико-біологічних досліджень аналізу зміни функціонального стану встановлено, що найбільш сильний ступінь стомлення і втрати продуктивності праці викликають такі транспортні фактори, як заповнення транспортного засобу, комфортність перебування пасажирів в салоні, час перебування пасажирів в русі. Причому вплив робить не кожен фактор окремо, а всі разом. Поява стомлення почнеться не відразу в транспортному засобі, а через певний час. Короткочасне перебування у транспорті не матиме помітного впливу на ступінь стомлення, тому що внутрішні резерви організму здатні протягом певного часу компенсувати негативний вплив транспорту. При подальшому впливі транспортних факторів на організм пасажирів процес витрати функціональних ресурсів починає переважати над процесом відновлення і наростає стомлення.

Після визначення довірчих інтервалів для коефіцієнтів перед транспортними параметрами (табл. 5.2) здається можливим вибрати середні значення коефіцієнтів у діапазоні перетинання довірчих інтервалів, визначених за двома моделями (рис. 5.6), (табл. 5.2).

Таблиця 5.2 – Довірчі інтервали коефіцієнтів транспортних параметрів

Параметр	Для факторного аналізу продуктивності праці Δu_I	Для факторного аналізу медико-біологічних спостережень Δu_{II}	Прийнятий середній коефіцієнт
$t_{неш}$	-0,1...+0,091	-0,160...-0,0280	-0,064
$t_{ож}$	-0,2725...-0,1315	-0,296...-0,180	-0,2262
$k\gamma_n t_{езд}$	-0,3215...-0,2705	-0,307...-0,233	-0,2888



Коефіцієнти при:

<table border="0"> <tr> <td style="border-bottom: 1px solid black; width: 20px;"></td> <td rowspan="2" style="font-size: 2em; vertical-align: middle;">}</td> <td rowspan="2" style="vertical-align: middle;">за факторним аналі- зом зміни продук- тивності праці</td> <td style="border-bottom: 1px solid black; width: 20px;"></td> <td rowspan="2" style="font-size: 2em; vertical-align: middle;">}</td> <td rowspan="2" style="vertical-align: middle;">за даними обробки медико-біологічних спостережень</td> </tr> <tr> <td style="border-bottom: 1px dashed black; width: 20px;"></td> <td style="border-bottom: 1px dashed black; width: 20px;"></td> </tr> </table>		}	за факторним аналі- зом зміни продук- тивності праці		}	за даними обробки медико-біологічних спостережень			
	}			за факторним аналі- зом зміни продук- тивності праці				}	за даними обробки медико-біологічних спостережень

Рис. 5.6 – Довірчі інтервали коефіцієнтів при
змінних $t_{неш}$, $t_{ож}$, $k\gamma_n t_{езд}$ регресій

Тоді рівняння регресії зміни продуктивності праці громадян на основ-
ному виробництві набуде вигляду

$$\Delta y = a_0 - 0,064t_{неш} - 0,2262t_{ож} - 0,2888k\gamma_n t_{езд}.$$

При зміні $t_{неш}$ на 1 год. Δy зміна продуктивності праці складе $0,064 \cdot 60 = 3,84\%$; при зміні $t_{ож}$ на 1 год. $\Delta y = 0,2262 \cdot 60 = 13,372\%$; при зміні $k\gamma_n t_{езд}$ на 60 од. $\Delta y = 0,2888 \cdot 60 = 17,328\%$.

Контрольні питання

1. Перелічіть методи оцінки вартості транспортного часу пасажирів.
2. На які групи розбиті позавиробничі фактори?
3. Охарактеризуйте існуючі методи аналізу функціонального стану організму.
4. Яким чином стомлюваність впливає на продуктивність праці?
5. Дайте визначення стомленню.
6. Дайте визначення працездатності.

7. Наведіть схему взаємозв'язку продуктивності й стомлюваності.

Розділ 6

**МАРШРУТИЗАЦІЯ ПЕРЕВЕЗЕНЬ
ПАСАЖИРІВ**

Розділ 6

МАРШРУТИЗАЦІЯ ПЕРЕВЕЗЕНЬ ПАСАЖИРІВ

Постійне зростання території міст, зміни в міському землекористуванні й у запитах на поїздки призводять до необхідності заново визначити структуру багатьох маршрутних схем (МС) масового міського пасажирського транспорту (МПТ). Існує досить велика кількість методик формування МС, серед яких можна виділити три підходи до вирішення цього завдання:

- „ручний підхід”, в якому використовують стандарти транспортного обслуговування, провідні вказівки, а також системний аналіз із застосуванням стандартних моделей запитів на поїздки;
- евристичні процедури;
- математична оптимізація.

Перший спосіб обмежений за кількістю альтернативних варіантів мережі, що можуть бути оцінені за прийнятний час. Додавання засобів машинної графіки до системного аналізу значно збагачує розробку і перевірку мереж, скорочує необхідний для цього час. Однак при цьому способі з'являється тенденція зсуву до існуючої мережі, тому нетрадиційні рішення не можуть бути

досліджені. Більше того, немає гарантії, що будуть знайдені рішення, близькі до оптимального.

На протипагу цьому математична оптимізація, заснована на лінійному чи загальному цілочисленному програмуванні, приводить до побудови оптимальної при заданих обмеженнях і допущеннях, схеми маршрутів. Однак внаслідок вимог до потужності обчислювальної техніки застосування математичної оптимізації обмежене відносно малими мережами.

Евристичні способи займають проміжне положення між цими двома підходами. У них використовують систематичні процедури для формування і удосконалення МС. Складність проблеми в цілому скорочується за рахунок її розбивки на здійсненні компоненти, в рамках кожного з яких можливе одержання гарного, а іноді й оптимального рішення. Складність і вимоги до обчислювальної потужності ще більше знижуються за рахунок обмеження взаємодії між компонентами. Хоча евристичні способи не гарантують одержання оптимального рішення, але початкові умови можна змінювати так, щоб збільшити шанси на включення в діапазон розглянутих мереж правдивий оптимум. Однак не слід забувати, що початкові умови визначаються міською структурою і діяти необхідно в рамках саме цих обмежень.

Усі процедури оцінки мережі обмежені точністю оцінок потреб у пересуваннях і спрощенням тих складностей, що існують у динамічному реальному світі. Таким чином, навіть процедури математичної оптимізації можуть дати лише вказівки на можливі удосконалення мережі. Евристичні способи надають саме такі рекомендації, хоча доцільність їх залежить від вибору напрямку оптимізації.

Внаслідок великих можливостей евристичних способів саме вони одержали сьогодні велике поширення, особливо в Західній Європі й у нашій державі. Що стосується США, то дослідження з повторного визначення МС за допомогою евристичної оптимізації тут обмежені роботами Пеа [42] і Шарпа [16]. Застосування знайшов лише алгоритм побудови маршрутів Шарпа для удосконалення автобусної мережі міста Колумбуса. Він формулюється як задача перевантаження багатьох товарів, у якій кожен товар являє собою запит на перевезення для кожної пари транспортних районів. Мета полягає в тому, щоб мінімізувати суму витрат на пасажирські поїздки, але так щоб задовольнялися всі запити на пересування. Удосконалена МС автобусів, відповідно до розрахунків, надала п'ятипроцентне скорочення часу на поїздки для основної маси пасажирів і призвела до дев'ятипроцентного збільшення обсягів перевезень, при зростанні транспортних витрат лише на три відсотки. У той же час в літературі немає повідомлень про результати реалізації нової МС і про порівняння результатів розрахунків з ефективністю існуючої схеми маршрутів.

У Західній Європі за останні двадцять років опублікована значна кількість досліджень з евристичної маршрутизації МПТ. Майже всі вони стали результатом роботи з надання консультацій і застосовувалися не більше одного разу, за винятком алгоритму Хасельстроєма [43], що є частиною пакета планування транспорту корпорації "Вольво".

Найбільшої уваги заслуговують пізні дослідження, тому що в них використовуються останні досягнення в області обчислювальної техніки і досвід попередніх робіт.

У роботі Дюбуа [44] цільовою функцією оптимізації автобусної МС є максимізація пасажиронапруги маршрутів, тобто запитів, що задовольняються маршрутом, у поїздках. З цією метою створюється надлишкова кількість маршрутів, що включає в себе неукладені найкоротші шляхи між вузлами і шляхи, що перевищують найкоротші не більше ніж на певний відсоток (χ - найкоротші шляхи). На наступному кроці відбираються найбільш повні маршрути, потім розглядають різні варіанти сполучень ланок і скорочення маршрутів на підставі цільової функції.

Для побудови базової мережі автобусних маршрутів в алгоритмі Хасельстроєма використовують χ - найкоротші шляхи між районами, в яких дозволена організація кінцевих зупинок. Такий підхід є найбільш загальним для обмеження надлишкової безлічі маршрутів. На наступному етапі одержують оптимальне рішення, тобто максимізація кількості безпересадочних пересувань досягається методом лінійного програмування. Отримана в результаті МС є оптимальною в заданому значенні, але тільки для наявного набору маршрутів.

Алгоритм Мандла [45] призначений для формування автобусної чи трамвайної МС. З цією метою автор задається набором маршрутів, сформованих по найкоротших шляхах між кінцевими зупинками з максимальною кількістю вузлів, що нарощуються знову ж по найкоротших шляхах, якщо охоплені не всі райони. Потім впливає перебір додаткових вузлів і різних сполучень сегментів маршрутів з метою мінімізації сумарного часу поїздки.

Найбільш пізня з розглянутих західноєвропейських алгоритмів робота Сахлінга призначена для удосконалення МС автобусів чи трамваїв. У цій роботі автор задається всією безліччю маршрутів з мінімальним часом пересування між транспортними районами. Потім здійснюється спрямований добір маршрутів, що мають максимальне значення цільової функції – відношення виконуваної маршрутом транспортної роботи до довжини маршруту. Після включення маршруту в раціональну сукупність маршрутів кореспонденції, що обслуговуються ним, віддаляються і пошук продуктивних маршрутів продовжується.

На підставі вищевикладеного можна сказати, що всі закордонні дослідження в області маршрутизації МПТ і розглянуті методи призначені для формування оптимальної схеми маршрутів одного виду транспорту. Крім того в літературі не наводяться точні дані про максимальні розміри міста, тобто про максимально можливу кількість маршрутів і транспортних районів, на які розбита територія міста. У такий спосіб можна стверджувати, що всі описані алгоритми не придатні для розрахунку МС найбільшого міста з населенням понад 1 млн. чоловік і з наявністю декількох видів МПТ.

У нашій країні створено кілька евристичних алгоритмів маршрутизації МС МПТ, які розрізняються за критерієм оптимізації, що дозволяє порівнювати варіанти МС і вибирати найкращий, за методикою формування трас маршрутів, за способом визначення пасажиропотоків у кожному варіанті МС. Найбільш

об'єктивною оцінкою ефективності створених методів могло б стати їх застосування у розрахунку МС одного міста з наступним визначенням і порівнянням експлуатаційних показників кожної схеми маршрутів. Але кожен такий метод застосовується в основному тільки в своєму вузькому регіоні (за винятком методу НПАТ) і порівняння можна робити лише на основі аналізу всіх аспектів розробки оптимальної МС по кожному з існуючих методів.

До самих ранніх евристичних алгоритмів перебування раціонального варіанта МС відноситься метод НПАТ [46], розроблений Б.Л. Геронімусом і М.В.Хрущевим. Він в основному застосовується для розрахунку схем автобусних маршрутів у невеликих містах і показав досить високу ефективність. Критерієм оптимізації в даному методі служить мінімум сумарних витрат часу пасажирів на пересування. При визначенні шляху проходження пасажира використовується гіпотеза його однозначності, тобто це завжди найкоротший за часом шлях. У невеликих містах з малим вибором приблизно рівнозначних за часом шляхів проходження таке обмеження не приводить до великих помилок, разом з тим воно унеможливорює застосування цього методу для великих міст.

Недостатній також вибір як критерію оптимізації єдиного показника – часу пересування. Цей метод, реалізований на ЕОМ, дозволив розраховувати схеми маршрутів автобусів з розмірністю до 40 транспортних районів. Наступні модифікації цього методу [47] дозволили розширити межі його застосування (припустима розмірність виросла до 100 районів), використовувати його для розрахунку маршрутних схем різних видів наземного МПТ, але не дозволили уникнути зазначених вище недоліків.

Автори більш пізнього методу поставили перед собою завдання створення методики маршрутизації МПТ для великих міст з декількома видами міського транспорту і вирішили її. Однак із зростання величини міста росте і розмірність задачі і час її реалізації на ЕОМ, що й стало основною перешкодою для розширеного застосування на практиці "методу НПАТ". Щоб уникнути цього, його автори наклали ряд обмежень на сформовану на першому кроці безліч апріорно заданих і надлишкових маршрутів. Вони ґрунтуються на існуючій транспортній мережі і містять у собі маршрути, що відповідають наступним вимогам [48]:

- довжина маршруту повинна лежати в технологічно припустимих межах;
- кінцеві зупинні пункти маршруту повинні належати безлічі номерів зон, що дозволені для розміщення кінцевих пунктів даного виду транспорту;
- упорядкована безліч номерів зон, через які проходить маршрут, повинна лежати на найкоротшому шляху по транспортній мережі даного виду транспорту.

Крім того формування надлишкової безлічі маршрутів забезпечується у вигляді сукупності неукладених найкоротших шляхів. Під неукладеним найкоротшим шляхом розуміється такий шлях між двома вершинами графа транспортної мережі, що повністю не збігається ні з яким іншим найкоротшим шляхом між двома вершинами графа.

Сформована в такий спосіб безліч надлишкових маршрутів є занадто вузькою, щоб гарантувати рішення, близьке до оптимального.

Як цільову функцію в даному методі запропоновано максимізацію виразу:

$$\sum_{m \in M} \chi_m / L_m \sum_{ij \in M} y_{ij} a_{ij} l_{ij} \rightarrow \max, \quad (6.1)$$

де M - безліч номерів маршрутів, які розглядаються при формуванні МС;

$\chi_m = 1$, якщо m -й маршрут включений у маршрутну мережу і $\chi_m = 0$ - у противному разі;

$y_{ij} = 1$, якщо $\chi_m = 1$, а $m \in M_{ij}$, тобто безлічі номерів маршрутів, що проходять між зонами i та j , $y_{ij} = 0$ - у противному разі;

l_{ij} - довжина найкоротшого по транспортній мережі шляху з зони i у зону j ;

L_m - довжина i -го маршруту.

Стверджується, що перебування максимального значення даної цільової функції забезпечує раціональні значення коефіцієнта змінюваності, сумарної довжини маршрутів, часу очікування і часу проходження пасажирів по маршрутах, однак проблематичним є гарантування дійсно оптимального рішення. Крім того, облік особливостей швидкісних видів МПТ здійснюється на рівні експертної оцінки і наступного призначення маршрутів, які підвозять, що не завжди відповідає розміру і значущості цієї задачі.

Ефективність розглянутого методу формування маршрутної мережі перевіряли проведенням імітаційних експериментів, вона показала свої переваги перед "методом НПАТ" на прикладі м. Ярославля і перед перспективною МС, розробленою фахівцями КазПРООМТРАНСНДІПРОЕКТ для м. Алма-Ати.

Існують й інші підходи до вирішення задачі маршрутизації. Так, можна виділити наступний метод формування раціональної маршрутної мережі [49], в якому дещо вдаліше вирішене питання потокорозподілу між маршрутами і визначення напрямку прямування пасажирів. Має місце відмітний підхід до формування надлишкової безлічі маршрутів, з якого на другому етапі формується раціональна схема маршрутів.

Цей підхід полягає в первісній класифікації транспортних районів по пасажирообміну з наступним охопленням маршрутом зон кожного класу. На наступному етапі здійснюється добір маршрутів у раціональну схему з надлишковою сукупністю. Для цього визначається величина пасажиропотоку на кожному маршруті і відповідність йому виділеної на маршрут кількості транспортних засобів. Потім здійснюється перерозподіл транспортних засобів з маршрутів, де є його надлишок, на маршрути з недостатньою забезпеченістю. Потім розрахунок повторюється. Цей процес відбувається доти, поки параметри одного чи

декількох маршрутів не вийдуть за межі заданих обмежень, тоді ці маршрути скасовуються і розрахунок повторюється. Закінченням процесу розрахунку служить момент, коли при черговому перерахуванні не змінюються умови проїзду на маршрутах, що залишилися, тобто досягнуто рівномірний, за максимально завантаженою ділянкою, розподіл транспортних засобів по маршрутах. До недоліків цього методу слід віднести практично не прийнятні витрати машинного часу, а також той факт, що вузли поєднуються в маршрути без урахування взаємного розташування їх на території міста.

Спроба піти від другого недоліку розпочата в Києві А.Я. Коцюком [50]. За його методикою маршрути утворюються з транспортних районів з приблизно рівним пасажирообміном так, щоб довжина маршруту не перевищувала найкоротшу відстань між кінцевими пунктами більше, ніж на дозволена величину. Але цей метод схиляється більше до перегляду форм організації роботи на вже існуючих маршрутах, ніж до побудови нової маршрутної мережі, тим самим значно знижена ймовірність перебування нового, нетрадиційного рішення. Крім того, критерієм побудови нової МС є мінімум сумарних суспільних витрат, де витрати пасажирів виміряються як добуток часу пересування на вартісну оцінку однієї людино-години, чисельне значення якої обрано дуже проблематичною величиною, що не враховує цілу гаму описаних раніше факторів.

Більш коректний критерій оптимізації прийнятий у роботі Г.Л. Рогової [26], де мінімізуються індивідуальні витрати пасажирів. Точно оцінити індивідуальні витрати пасажирів можна, відповідно до загальної теорії мікроекономіки, виходячи з припущення, що кожен пасажир, здійснюючі пересування, мінімізує свої витрати при виборі альтернативи. Однак у методиці маршрутизації, заснованої на мінімізації сумарних індивідуальних витрат пасажирів, недостатньо пророблений спосіб формування варіантів маршрутних схем, серед яких ведеться пошук найкращого варіанта. Крім того, величина коефіцієнтів, що визначають вид функції вимірюваної привабливості, залежить, цілком ймовірно, не тільки від віку пасажирів, але і від МС, на якій реалізується потреба населення в пересуваннях і зміни в цій схемі приведуть до зміни величини цих коефіцієнтів. Крім того, при перегляді невеликої кількості варіантів МС реалізація цієї методики потребує значної кількості машинного часу.

Виходячи з викладеного можна стверджувати, що завдання маршрутизації особливо у великих містах вирішено ще не в зовсім задовільному обсязі і є актуальним як для науки, так і для практики.

Як відомо, більшість великих міст нашої країни з населенням 1 млн. і вище мають одну чи кілька ліній метрополітену. Метрополітен займає особливе місце в системі МПТ. Це обумовлюється його великою пропускнуою здатністю і високою вартістю спорудження й експлуатації. Внаслідок цих особливостей не можливо розглядати лінії метро на одному рівні з маршрутами інших видів МПТ, тому що перед ними ставиться завдання підвозу і вивозу пасажирів зі станцій метрополітену для забезпечення максимального його завантаження.

Крім того, незважаючи на властиві метрополітену недоліки (наприклад, високий рівень шуму, необхідність спускатися під землю), він має підвищену

привабливість для пасажирів завдяки високій частоті руху, великій швидкості сполучення, практично абсолютній надійності. Усі вищевказані фактори викликають необхідність виділення завдання визначення пасажиропотоків у метро в окремий етап.

Експлуатаційні показники роботи метрополітену настільки сильно відрізняються від показників роботи наземних видів транспорту, що при вирішенні задачі визначення потоків пасажирів метрополітену можна знехтувати розходженнями між трамваями, тролейбусами й автобусами і вирішувати це завдання в цілому для транспортної мережі. Подібне завдання ставилося в роботах Садихової О.С. і було вирішено шляхом використання психофізичного закону Вебера-Фехнера, що встановлює залежність зміни реакції людини на зміну величини подразника для визначення шляхів прямування пасажирів. Як подразник використовувалися такі параметри шляхів прямування, як час поїздки, кількість пересаджень і вартість проїзду. Однак використання цієї залежності при вирішенні задачі маршрутизації дуже важке, тому що не визначені параметри маршрутної мережі наземного МПТ. У містах з однієї чи двома лініями метро існує можливість знехтувати впливом пересаджень усередині метро і враховувати при визначенні ймовірності вибору пасажиром шляху прямування через метро тільки пересадження з наземного транспорту на метрополітен і навпаки. В укрупнених розрахунках можна врахувати ці пересадження і відповідно й вартість проїзду через один показник – економію часу пересування при використанні метро. Такий підхід привів до створення моделі, в якій ймовірність вибору пасажиром шляху проходження через метро визначається з виразу:

$$P_{mij} = \left(\left(\frac{T_{nij} - T_{mij}}{T_{mij}} - 0,17 \right) 3 \right)^2, \quad (6.2)$$

де P_{mij} - ймовірність вибору пасажиром шляху прямування з i в j через метро;

T_{nij} - мінімальний час проходження з i в j з використанням тільки наземного транспорту;

T_{mij} - час прямування з i в j з використанням метро.

Якщо $P_{mij} > 1$, то приймається $P_{mij} = 1$, якщо $P_{mij} < 0$, то $P_{mij} = 0$.

Реалізоване на ЕОМ завдання визначення пасажиропотоків у ранковий період піків на метрополітені м. Харкова, засноване на матриці трудових пересувань, потребувало для вирішення 10 хв. машинного часу. Розбіжність величин розрахункових пасажиропотоків з реальними потоками складає для ділянок, на яких вплив культурно-побутових пересувань мінімальний, у середньому 20%. Це цілком припустимо, коли врахувати, що обстеженням, у результаті якого була отримана матриця, було охоплено близько 80% працюючих міста.

У результаті розрахунків отримана матриця псевдокореспонденцій, де фігурують не прямі кореспонденції, а кореспонденції з пересадженнями на метро. Наприклад, якщо величина прямої кореспонденції з 2 у 6, $H_{2-6} = 40$, а в результаті вирішення задачі визначення ймовірності вибору пасажиром шляху проходження через метро ця ймовірність $P_{mij} = 0,2$, а пунктами посадки і висадки будуть зони 4 і 5, причому до перерозподілу $H_{2-4} = 10$, $H_{4-5} = 20$, $H_{5-6} = 10$. Після перерозподілу відповідні значення в матриці псевдокореспонденцій складають:

$$H_{2-6} = 40(1 - 0,2) = 32;$$

$$H_{2-4} = 10 + 40 \cdot 0,2 = 18;$$

$$H_{4-5} = 20 + 40 \cdot 0,2 = 28;$$

$$H_{5-6} = 10 + 40 \cdot 0,2 = 18.$$

Після перегляду всіх пар транспортних районів з матриці псевдокореспонденцій видаляють кореспонденції, освоєвані метрополітенем. Отримана в такий спосіб матриця є основою для вирішення задачі маршрутизації наземних видів МПТ.

Передбачається, що задача формування раціональної МС МПТ полягає в досягненні мінімального значення цільової функції:

$$W_c \rightarrow \min, \quad (6.3)$$

де W - фактична транспортна робота.

Обґрунтуємо вид цільової функції для формування раціональної сукупності маршрутів. Основним завданням пасажирського транспорту є найбільш повне і якісне задоволення потреб населення в пересуваннях. Якість обслуговування пасажирів визначається набором показників, у які входять час пересування t_n , коефіцієнт використання місткості γ_δ і коефіцієнт змінюваності.

Розглянемо, який вплив зробить на них виконання цільової функції. При відомій матриці кореспонденції транспортна робота тоді буде мінімальна, коли всі пересування здійснюються по найкоротших відстанях між пунктами відправлення і прибуття, тобто при $W_c \rightarrow \min$ середня дальність поїздки $L_{cp} \rightarrow \min$. Так як рішення задачі маршрутизації не впливає на сформовані в місті швидкості повідомлення між транспортними районами, то можна покласти швидкість повідомлення $V_c = const$. Оскільки середній час прямування пасажирів визначається відношенням $t_n = L_{cp} / V_c$, то мінімізація L_{cp} веде до мінімізації V_c . Час очікування транспорту в основному визначається інтервалами руху транспорту на маршрутах і кількістю пересаджень, що характеризується коефіцієн-

том змінюваності. У розв'язувану задачу коефіцієнт змінюваності входить як обмеження, тобто

$$k_{n2} \leq k_{n1}, \quad (6.4)$$

де k_{n2} - коефіцієнт змінюваності проектованої МС;

k_{n1} - коефіцієнт змінюваності існуючої МС.

Виконання цього обмеження забезпечується методикою добору маршрутів у раціональну їхню сукупність. При незмінній кількості транспортних засобів і загальному скороченні довжини маршрутної мережі $t_{оч}$ не може зазнавати значних, порівнянних зі скороченням часу прямування, змін, а оскільки час підходу до зупинок не міняється при вирішенні задачі маршрутизації на вже існуючій транспортній мережі, то мінімізація часу прямування веде до скорочення часу пересування.

Показник використання місткості автобуса – коефіцієнт заповнення салонів γ_{∂} визначається як відношення виконаної транспортної роботи W_2 до наданої за той же період потенційної транспортної роботи G :

$$\gamma_{\partial} = \frac{W_2}{G}. \quad (6.5)$$

Оскільки величина потенційної транспортної роботи в ранковий період „пік” визначається максимальними можливостями транспортних підприємств і повинна залишитися незмінною, то мінімізація W_2 веде до мінімізації γ_{∂} , тобто до підвищення якості обслуговування пасажирів, зменшення транспортної стомлюваності, з впливаючими з цього сприятливими наслідками.

Для досягнення поставленої мети маршрути МПТ повинні проходити винятково по найкоротших відстанях, що з'єднують кінцеві зупинки маршрутів і питома транспортна робота на маршрутах у максимально завантаженому напрямку (тобто транспортна робота, що приходить на одне місце місткості) повинна бути однаковою на всіх маршрутах, що при відповідному призначенні транспортних засобів на маршрути забезпечить максимальну рівність умов пересування по маршрутах і будь-яке відхилення шляху проходження пасажира від найкоротшого приведе до погіршення умов проїзду на цьому шляху. У такий спосіб створюється система, що саморегулюється, яка забезпечує відповідність призначеного й обираемого пасажиром шляху проходження.

Для реалізації поставленого завдання розроблений евристичний алгоритм, що дозволяє оперувати з числом районів, на які розбита територія міста, до 200. Алгоритм рішення можна в укрупненому вигляді подати як у покрокову процедуру:

1. Формується безліч можливих маршрутів, що відповідають наступним вимогам: кінцеві зупинки маршрутів повинні належати безлічі дозволених для

організації кінцевих пунктів відповідного виду транспорту номерів транспортних районів; довжина маршруту повинна знаходитися в технологічно припустимих межах; безліч номерів районів, яким описується шлях прямування маршруту, повинні знаходитися на шляху, довжина якого відповідає умові

$$L_m \leq L_{\min}(1 + \varepsilon), \quad (6.6)$$

де L_m - довжина розглянутого шляху між кінцевими зупинками;

L_{\min} - довжина найкоротшого шляху між кінцевими зупинками;

ε - відносна похибка визначення відстаней, при складанні топологічної схеми міста; безліч ланок, що з'єднують суміжні райони на шляху проходження маршрутів повинні належати безлічі ланок, по яких дозволено рух розглянутого виду транспорту.

2. Формування матриці псевдокореспонденцій. Матриця псевдокореспонденцій формується на основі безлічі можливих маршрутів. Розглядаються можливі шляхи проходження між кожною парою транспортних районів. При відсутності прямого маршруту, що з'єднує яку-небудь пару районів, відшукується шлях, що має найменшу кількість пересаджень. Відшукуються ланки, не забезпечені маршрутами з числа можливих. Отримана інформація аналізується експертом і надаються рекомендації з організації кінцевих зупинок того чи іншого виду транспорту. Якщо організація таких пунктів можлива, то міняють вихідні дані (вводять додаткові номери зон, дозволених для організації кінцевих пунктів маршрутів) і розрахунок повторюють, починаючи з етапу 1. Якщо такої можливості немає, то до числа можливих вводять діючі маршрути чи експертно призначені і розрахунок повторюють починаючи з етапу 2.

3. Розподіл транспортних засобів на маршрутах. Спочатку задається розподіл транспортних одиниць пропорційно обсягу обслуговуваних ним кореспонденцій. Визначається виконувана на маршруті транспортна робота в максимально завантаженому напрямку з умови

$$W_N = \sum_{ij \in M} H_{ij} L_{ij}^N \frac{T_N k_N}{\sum_{m=1}^x I_m k_m}, \quad (6.7)$$

де W_N - транспортна робота на маршруті N в одному напрямку;

M - безліч номерів зон, через які проходить маршрут N ;

H_{ij} - кореспонденція з i в j ;

L_{ij}^N - відстань перевезення з i в j маршрутом N ;

I_m та I_N - інтенсивність руху на маршруті m і N ;

k_m та k_N - коефіцієнт перерозподілу пасажиропотоків маршрутів m і N , $k_N = f(a, L_{ij}^N)$, де a - вид транспорту; m - безліч маршрутів, які проходять через i і j .

Далі визначається питома транспортна робота як відношення виконуваної в максимально завантаженому напрямку транспортної роботи до кількості працюючих на маршруті пасажиромісць. Потім відбувається перерозподіл транспортних одиниць з найбільш забезпечених маршрутів на більш малозабезпечені і розрахунок повторюється знову.

Маршрути, що вийшли за рамки встановлених обмежень $I_m \geq I_{\max}$, припиняють своє існування і розрахунок продовжується доти, поки всі маршрути, що залишилися, не будуть в однаковій мірі (у рамках транспортної системи міста і кожного виду транспорту) забезпечені транспортними засобами.

Отримані в результаті розрахунку маршрути відповідають основним пропонованим до них вимогам, а маршрутна мережа в цілому забезпечує оптимальне значення цільової функції.

Побудована таким способом у м. Харкові маршрутна мережа дозволила на 3 % скоротити середню дальність поїздки при тій же кількості транспортних засобів і при незмінній величині коефіцієнта змінюваності. Розрахунок зайняв 3 години машинного часу.

Розділ 7

ЯКІСТЬ ТРАНСПОРТНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ ПАСАЖИРІВ

**7.1. Основи управління
якістю**

**7.2. Рівень розвитку
маршрутної системи**

**7.3. Витрати часу пасажирів
на поїздки**

- 7.4. Наповнення транспортних засобів пасажирами**
- 7.5. Комфортабельність транспортного пересування**
- 7.6. Регулярність руху**
- 7.7. Повідомлення без пересадки**
- 7.8. Безпека перевезень**
- 7.9. Інформаційне обслуговування пасажирів**
- 7.10. Звертання пасажирів**
- 7.11. Сертифікація послуг і системи управління якістю**

Розділ 7

ЯКІСТЬ ТРАНСПОРТНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ ПАСАЖИРІВ

7.1. Основи управління якістю

Під *якістю транспортного обслуговування пасажирів* розуміють сукупність властивостей перевізного процесу і системи перевезень пасажирів, що обумовлюють відповідність їх нормативним вимогам. Властивості перевізного процесу і системи перевезень визначають об'єктивну особливість рівня організації і здійснення перевезень пасажирів і виявляються при задоволенні транспортних потреб пасажирів. Властивості підрозділяються на прості і складні. Показники якості транспортного обслуговування пасажирів міським пасажирським транспортом (МПТ) подані на рис. 7.1.

Прості властивості характеризуються показниками якості. *Показник якості* – об'єктивний вимірник ступеня прояву властивості. Залежно від ступеня прояву властивості показник набуває те або інше значення. *Норматив показника якості* – значення показника, що відповідає границі різних оцінок якості. Розрізняють нормативи граничні й шкальні. Граничні нормативи показників якості розмежовують об'єкти на два типи (за принципом «придатний – непридатний»). Шкальні нормативи показників якості встановлюють значення показ-

ників, що відповідають різним оцінкам (за принципом бальної оцінки: незадовільно, задовільно, добре, відмінно і т.п.). Різновид граничних нормативів – нормативи верхнього і нижнього значень показника, що визначають умови влучення значення показника у встановлений діапазон значень.

Загальні вимоги до показників якості: відображення реальних інтересів пасажирів і суспільства, вимірність, залежність від стану і рівня організації перевезень, мінімум надмірності.

Оцінка якості – процедура порівняння фактичного показника з нормативним, виявлення розбіжності даних значень і встановлення причин останнього. На основі оцінки якості по кожному окремо взятому показнику (диференціальних оцінок якості) установлюють комплексну (інтегральну) оцінку якості, що характеризує сукупну якість усіх показників, що враховуються.

Під управлінням *якістю транспортного обслуговування пасажирів* розуміють цілеспрямовану діяльність по переведенню якості обслуговування пасажирів з існуючих (досягнутих) станів в необхідний (нормативний). Управління якістю спирається на загальні закони управління виробничо-господарськими системами. Управління якістю транспортного обслуговування пасажирів (КТОП) здійснюється відповідно до нормативних документів, галузевих нормативно-технічних документів, стандартів і регламентів перевізника і є обов'язковою функцією кожної організації МПТ.

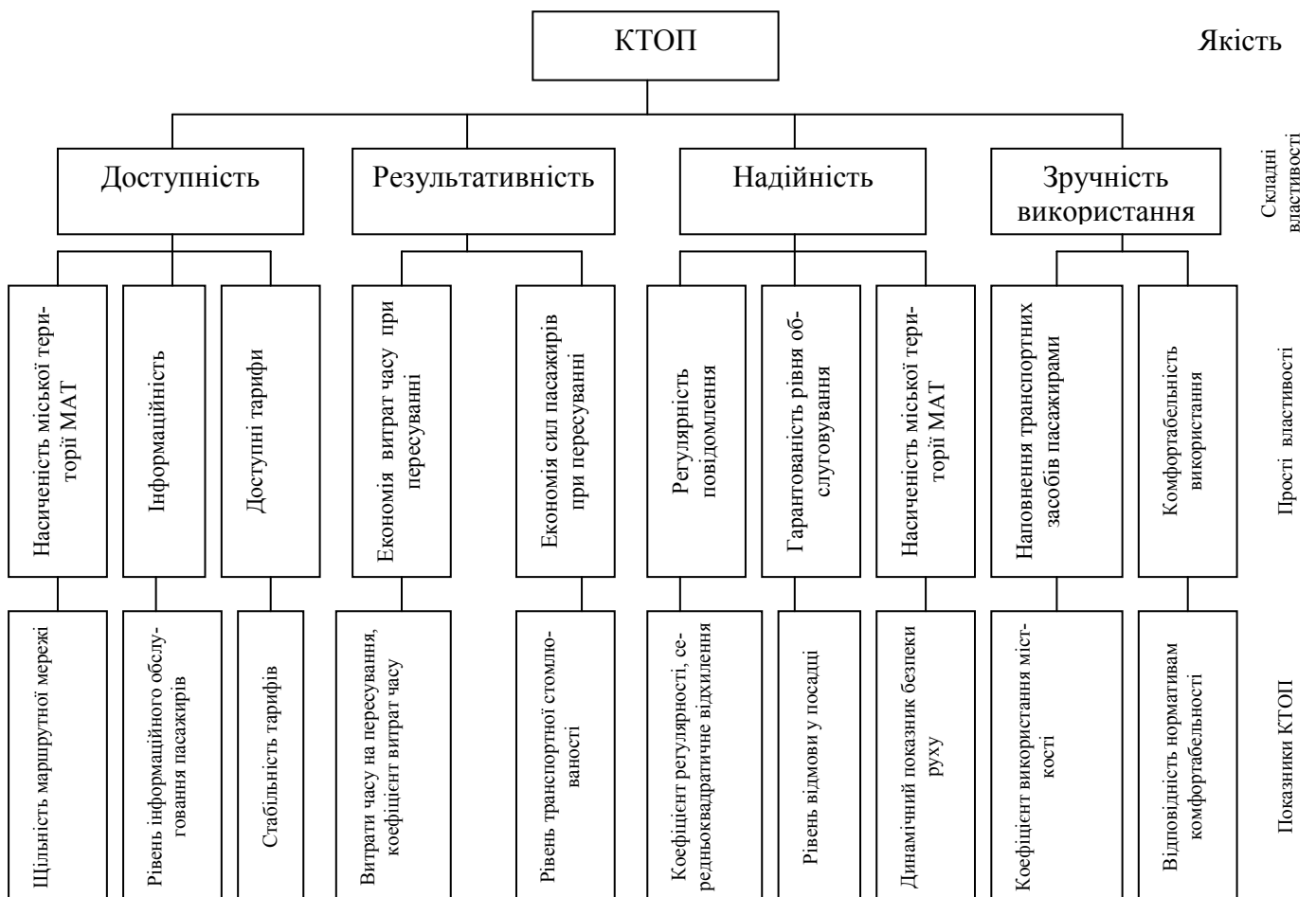


Рис. 7.1 – Показники якості транспортного обслуговування пасажирів МПТ

Контролюють дотримання встановлених нормативів КТОП органи виконавчої влади в порядку покладеної на них контрольно-наглядової діяльності. У даний час далеко не всі показники КТОП мають установлені державою мінімальні нормативи, в зв'язку з чим потрібна розробка нормативно-технічних документів.

7.2. Рівень розвитку маршрутної системи

Рівень розвитку маршрутної системи визначає потенційну доступність пересування за допомогою МПТ. При визначенні рівня розвитку маршрутної системи використовують характеристику – *щільність маршрутної мережі*, чисельно рівну відношенню сумарної довжини маршрутної мережі до площі території, що обслуговується.

Сумарна довжина маршрутної мережі дорівнює добутку загальної довжини всіх маршрутів (в один кінець) на величину, зворотну маршрутному коефіцієнту, і визначається для міста в цілому, його окремих районів і видів МПТ. Дані про довжину ділянок маршрутної мережі беруть з паспортів маршрутів. Сумарну довжину маршрутної мережі можна установити також графічно по карті, використовуючи курвіметр.

Об'єктивним обмеженням на потенційно можливий рівень розвитку маршрутної мережі МПТ служить архітектурно-планувальна структура населеного пункту, обумовлена проведеною містобудівною політикою і необхідністю збереження історично сформованих частин міста.

Середня щільність маршрутної мережі для міст, що мають тільки автобусний транспорт, повинна складати 2-2,5 км⁻¹. У разі одночасної роботи в місті різних видів МПТ загальна щільність маршрутної мережі може досягати 3-3,5 км⁻¹. Щільність маршрутної мережі вище в центральних районах міста. У середніх умовах для міст залежно від чисельності їхнього населення щільність маршрутної мережі повинна складати [4]:

Таблиця 7.1 – *Щільність маршрутної мережі*

Чисельність населення, тис. чол.	Понад 1000	501-1000	251-500	101-250	Менш 100
Щільність маршрутної мережі, км ⁻¹	2,5	2,4	2,0-2,3	1,8-2,0	1,4-1,6

При меншій щільності маршрутної мережі рівень розвитку маршрутної системи в місті не можна визнати достатнім. При вирішенні питань розвитку

маршрутної мережі МПТ оптимізують схеми маршрутів. Перевищення нормативної щільності маршрутної мережі приводить до збільшення числа перетинань маршрутів, у результаті чого знижуються швидкості руху на маршрутах, падає їхня провізна спроможність.

Рівень розвитку маршрутної системи і маршрутний коефіцієнт визначають можливість здійснення безпересадочних поїздок на МПТ (див. підрозділ 7.7).

7.3. Витрати часу пасажир на поїздку

Час, який пасажир витрачає на поїздку, є непродуктивним, у зв'язку з чим підлягає мінімізації.

Будівельними нормами і правилами, що регламентують планування і забудову міст, передбачене нормування максимальних витрат часу пасажир на поїздку у внутріміському повідомленні диференційовано по населених пунктах визначеної людності. Відповідні нормативи витрат часу на поїздки використовуються архітектурно-будівельними організаціями при проектуванні й будівництві. Фактично в містах ці нормативи порушуються, у зв'язку з чим при організації й експлуатації МПТ важливе значення має компенсація недоліків планувальної структури за рахунок транспортно-технологічних заходів.

Загальні витрати часу пасажир на мережну поїздку:

$$t_{\text{сет}} = 2t_{\text{неш}} + (t_{\text{ож}} + t_{\text{пер}})k_n, \quad (7.1)$$

де $t_{\text{неш}}$ – витрати часу на піший підхід до зупиночного пункту, перехід від зупинки призначення до мети поїздки, хв.;

$t_{\text{ож}}$ – витрати часу на чекання посадки в транспортний засіб, хв.;

$t_{\text{пер}}$ – витрати часу на пересування в транспортному засобі, хв.;

k_n – коефіцієнт пересадочності.

Загальні витрати часу пасажир на маршрутну поїздку:

$$t_{\text{марш}} = 2t_{\text{неш}} + t_{\text{ож}} + t_{\text{пер}}. \quad (7.2)$$

Витрати часу на піше пересування до зупиночного пункту в середньому дорівні часу пішого пересування від зупиночного пункту прибуття до мети поїздки:

$$t_{neu} = \frac{60}{V_{neu}} \left(\frac{1}{3\delta} + \frac{l_n}{4} \right) \approx 15 \left(\frac{1}{3\delta} + \frac{l_n}{4} \right), \quad (7.3)$$

де V_{neu} – швидкість пішого пересування, км/год;
 δ – середня щільність маршрутної мережі, км⁻¹;
 l_n – середня довжина перегону на маршруті, км.

Щільність мережі швидкісних автобусних маршрутів у середньому 0,5 км⁻¹. Рациональна довжина перегону на маршруті зі звичайним позупиночним сполученням у середньому складає 400-500 м. Для швидкісних автобусних маршрутів середня довжина перегону збільшується до 1200-500 м. При довжині перегону більше зазначеної зростають витрати часу пасажирів на піші пересування, а при меншій знижується швидкість сполучення на маршруті. В обох випадках зростають загальні витрати часу пасажирів на пересування від дверей до дверей. Середню швидкість пішого пересування для міських умов приймають 4 км/год, а в містах з чисельністю населення 1 млн. жителів і більше – 5 км/год.

Необґрунтовані відхилення від вказаних нормативів приводять до підвищення загальних витрат часу пасажирів. Рекомендується забезпечувати мінімальну довжину перегону 300-400 м і максимальну 800-1000 м (для звичайного сполучення).

Заходи щодо зниження витрат часу на піші пересування пасажирів повинні бути спрямовані на забезпечення нормативної щільності маршрутної мережі з урахуванням планування і забудови міської території, на раціоналізацію розміщення зупиночних пунктів на маршрутах, організацію спеціальних маршрутів для підвозу пасажирів безпосередньо до місць масового додатку праці.

Витрати часу $t_{ож}$ на чекання посадки в загальному вигляді визначаються трьома факторами: інтервалом руху на маршруті, точністю дотримання розкладу руху водіями, пасажиромісткістю використовуваних транспортних засобів:

$$t_{ож} = \frac{I}{2} + \frac{\sigma_I^2}{2I} + P_{отк} I_{эф} = (0,5 + P_{отк}) I_{эф}, \quad (7.4)$$

де I – плановий (розрахунковий) інтервал руху на маршруті, хв.;
 σ_I – середньоквадратичне відхилення від планового інтервалу руху (характеризує нерегулярність руху), хв.;
 $P_{отк}$ – імовірність відмовлення пасажирів в посадці через обмежену пасажиромісткість;
 $I_{эф}$ – ефективний інтервал руху на маршруті, хв.

Плановий інтервал руху дорівнює частці від розподілу часу оборотного рейсу на маршруті на число працюючих транспортних засобів. На основних маршрутах (найважливіші маршрути, що підвозять працівників до великих організацій міста) інтервали руху не повинні перевищувати 4-5 хв., на інших маршрутах – 20-30 хв.

Середньоквадратичне відхилення від планового інтервалу руху:

$$\sigma_I = \sqrt{\sum_{i=1}^n (I - I_{\text{факти}})^2 / n}, \quad (7.5)$$

де n – число спостережень за інтервалом руху автобусів;

$I_{\text{факти}}$ – фактичний інтервал руху в i -ом спостереженні, хв.

В умовах дії автоматизованої системи диспетчерського управління (АСДУ) статистика з регулярності руху накопичується системою. При відсутності даних про фактичні інтервали руху використовують графічну залежність (рис.7.2).

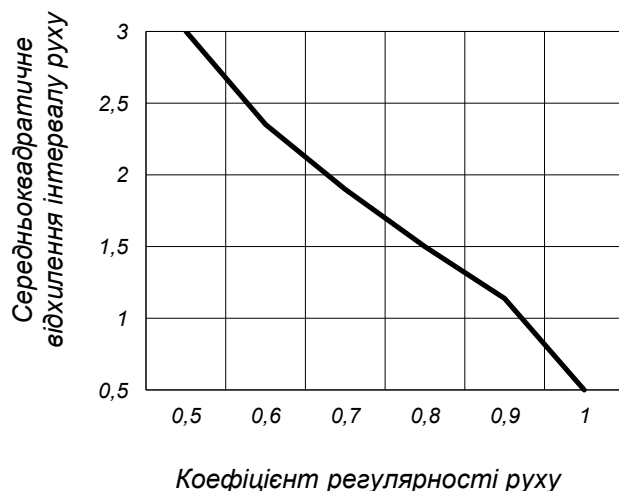


Рис. 7.2 – Графік для визначення середньоквадратичного відхилення σ_I інтервалу руху за коефіцієнтом регулярності руху K_p

Відмови в посадці виникають, коли вільне число місць у транспортному засобі менше числа бажаючих сісти пасажирів. При організації перевезень і аналізі їхньої якості забезпечують обслуговування пасажирів в умовах наповнення салону не вище нормативного.

Під імовірністю відмовлення пасажирів в посадці $P_{\text{отк}}$ розуміють відносне число (частку) пасажирів, які не сіли в транспортний засіб через його переповнення пасажирами «фізично», плюс наднормативне число пасажирів, які хоча і зуміли ввійти в салон, але були перевезені в неприпустимих умовах. Імовірність

$$P_{отк} (1/\sqrt{2\pi}) \int_x^{\infty} \exp(-y^2/2) dy \text{ при } x = (q + 0,5 - I\lambda) / \sqrt{I\lambda} \text{ і } \infty \leq y \leq x, \quad (7.6)$$

де q – номінальна гранична пасажиромісткість транспортного засобу, пас.;

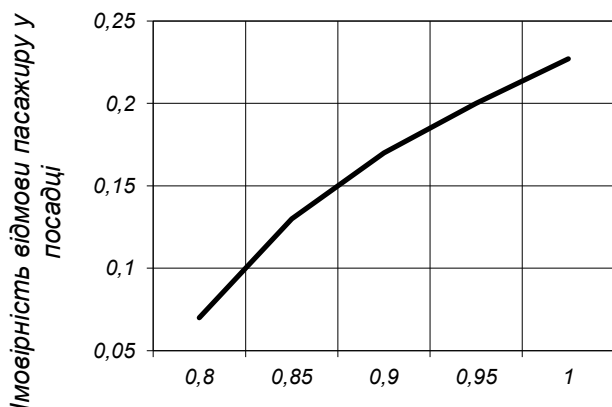
λ – середня інтенсивність пасажиропотоку на відповідному перегоні маршруту, пас./хв.

При відсутності можливості розрахувати $P_{отк}$ за наведеною формулою використовують графічну залежність (рис. 7.3).

Ефективний інтервал руху $I_{эф} = I + \sigma^2 / I$. Цей показник відображає «перекручування» планового інтервалу з погляду середньостатистичного пасажиря, який знаходиться на зупиночному пункті, з урахуванням нерівномірності руху транспортних засобів (рух з відхиленням від розрахункового інтервалу).

При інтервалах руху понад 15-20 хв. спостерігається ефект звикання постійних пасажирів до ритму руху транспортних засобів на маршруті, через що результати, отримані за формулою (7.1), слід відкоригувати. Тоді час чекання

$$t_{ож.корр} \approx t_{ож} \exp(-0,02I). \quad (7.7)$$



Динамічний коефіцієнт використання пасажиромісткості в годину "пік"

Рис. 7.3 – Графік для визначення імовірності відмови $P_{отк}$ пасажирів у посадці за динамічним коефіцієнтом γ_{δ} використання пасажиромісткості

Витрати часу на пересування у транспортному засобі:

$$t_{пер} = 60l_{cp} / V_c, \quad (7.8)$$

де l_{cp} – середня дальність поїздки на маршруті, км;

V_c – швидкість сполучення, км/год.

Середня дальність поїздки у внутріміському сполученні з часом і збільшенням міської території має тенденцію до збільшення. Скорочення середньої дальності поїздки можна домогтися: розвитком у місті системи швидкісного транспорту (при цьому формують маршрути, що підвозять, МПТ до ліній швидкісного транспорту, що реалізує поїздки на значні відстані); наближенням місць розселення до місць роботи і споживання культурно-матеріальних цінностей; випрямленням маршрутної мережі, особливо на зв'язках периферійних районів з центром міста і великих об'єктів прикладання праці. Непрямолінійність маршрутної мережі оцінюють коефіцієнтом непрямої лінійності [4]:

Дуже мала	Менш 1,10	Висока.....	1,20-1,25
Мала.....	1,10-1,20	Дуже висока.....	1,25-1,30
Помірна.....	1,15-1,20	Винятково висока.....	1,30 і більш

Бажано, щоб для міста в цілому коефіцієнт непрямої лінійності маршрутної мережі не перевищував 1,2, а для зв'язків периферійних районів з центром – 1,15.

Для визначення середньої дальності поїздки при відсутності конкретних указівок застосовують емпіричну залежність

$$l_{cp} = 1,3 + n_{nl} \sqrt{F} \approx 1,3 + 0,3\sqrt{F}, \quad (7.9)$$

де n_{nl} – коефіцієнт планувальної структури міської території;

F – селітебна площа міста, км².

Швидкість сполучення може бути підвищена: науково обґрунтованим нормуванням швидкостей руху на маршрутах; організацією швидкісних і експресних маршрутів і рейсів; виключенням черг транспортних засобів у чеканні можливості під'їзду до зупиночного пункту; наданням міським автобусам і троллейбусам переваг у русі по магістральних вулицях (спеціальні смуги для руху, пріоритетне світлофорне регулювання); розташуванням рейкового шляху трамвая на відособленій, а краще на ізольованій полотнині.

При експрес-аналізі витрат часу на поїздки пасажирів у містах найбільші труднощі становить визначення витрат часу на чекання посадки. При відсутності конкретних даних застосовують орієнтовані нормативи: додаткові витрати часу, пов'язані з нерегулярністю руху на маршрутах, складають 15% витрат, пов'язаних з інтервалом руху; для години «пік» додаткові витрати часу, пов'язані з відмовленнями в посадці, складають 10% витрат, пов'язаних з інтервалами руху. Приблизно можна думати $t_{ож} = (0,6 \div 0,75) / I$ (коефіцієнт перед ін-

тервалом руху I вибирають великим у разі підвищеної нерегулярності руху і при недостатчі провізних можливостей на маршруті).

Загальна ефективність обслуговування пасажирів за показником витрат часу на поїздку визначається відношенням витрат часу на піше пересування t_{neu} (від місця початку поїздки до місця її закінчення) до загальних витрат часу t на це ж пересування з використанням ГПТ. У залежності від чисельного значення t_{neu} / t загальна ефективність оцінюється в такий спосіб:

Дуже мала	До 1,143	Велика.....	3,101-4,000
Мала.....	1,143-2,280	Дуже велика.....	4,001-5,0000
Помірна.....	2,281-3,100	Винятково велика.....	Понад 5,000

При ускладненнях у точному визначенні часу пішого пересування користуються кореляційною залежністю

$$t_{neu} = 13,2 + 4,56B, \quad (7.10)$$

де B – відстань пішого пересування, обмірювана по «повітряній» лінії між пунктами початку і закінчення пересування, км.

Для визначення рівня організації сполучення з центром міста використовують наступні оцінки швидкості пересування пасажирів, км/год:

Дуже мала	До 6,00	Велика.....	13,01-16,80
Мала.....	6,01-9,60	Дуже велика.....	16,81-21,00
Помірна.....	9,61-13,00	Винятково велика.....	Понад 21,00

При оцінці ефективності зниження витрат часу пасажирами варто враховувати, що пасажири психологічно по-різному оцінюють витрати часу на окремі елементи поїздки (відповідно до їх корисності). Використовують коефіцієнт відносного підвищення витрат:

Пересування стоячи у транспортному засобі.....	1,0
Те ж, сидячи.....	,7-0,8
Чекання посадки на зупиночному пункті.....	1,8-2,0
Піше пересування.....	1,15-1,2

Для розробки плану впровадження заходів щодо зниження витрат часу пасажирами на поїздки використовують зразкові *нормативи економії часу* (табл. 7.2) [51].

При використанні нормативів слід враховувати, що вони розроблені для випадку, коли зазначені заходи в місті не були раніше здійснені. У противному разі нормативи слід скоротити пропорційно обсягу попереднього впровадження.

Таблиця 7.2 – Зразкові нормативи зниження витрат часу

Заходи	$t_{неш}$	$t_{ож}$	$t_{пер}$	t
<i>1. Маршрутизація перевезень</i>				
Оптимізація маршрутної системи	-	-	-	10
Організація спеціальних маршрутів по доставці трудящих до великих підприємств	-	90	25	35
Розвиток швидкісного й експресного повідомлення	-	5	25	17
Забезпечення нормативної щільності маршрутної мережі, раціоналізація розташування зупиночних пунктів	25	-	-	4
<i>2. Технологічна організація перевезень</i>				
Оптимальний розподіл транспортних засобів по маршрутах	-	15	-	4
Нормування швидкостей руху на маршрутах	-	1	5	3
Раціоналізація розкладу руху	-	10	-	3
Упровадження комбінованих режимів руху	-	-	10	5
<i>3. Удосконалювання управління перевезеннями</i>				
Впровадження АСДУ	-	10	-	3
Координація перевезень різними видами ГПТ	10	10	-	4
Забезпечення надійності перевезень (резерв транспортних засобів)	-	15	10	8
Розосередження початку робочого дня організацій міста	-	10	5	5
Надання транспортним засобам ГПТ переваг у русі	-	-	15	8
Залучення в години „пік” до перевезень автобусів нетранспортних організацій (тимчасова змушена міра)	10	30	-	15

Для визначення сумарного впливу декількох заходів (наприклад, трьох), впроваджуваних одночасно, слід користуватися формулою

$$H_{\Sigma} = H_1 + (1 - H_1)H_2 + (1 - (1 - H_1)H_2)H_3 = H_1 + H_2 + H_3 - H_1H_2 - H_2H_3 + H_1H_2H_3, (7.11)$$

де H_{Σ} – норматив сумарної дії заходів, %;

$H_1 - H_3$ – нормативи дії відповідно 1-3-го заходів (див. табл. 7.2),%.

Застосування нормативів поширюється на відповідний контингент пасажирів, які охоплені розглянутими заходами.

7.4. Наповнення транспортних засобів пасажирями

Наповнення транспортного засобу пасажирями у внутрішньому повідомленні характеризують *коефіцієнтом використання загальної пасажиромісткості (коефіцієнтом наповнення)* автобуса, тролейбуса або вагона трамвая. Загальна пасажиромісткість транспортного засобу визначається сумою місць для проїзду сидячи і стоячи.

Установлені норми корисної площі в розрахунку на одного пасажиря складають для сидячого пасажиря $0,315 \text{ м}^2$, для стоячого $0,125 \text{ м}^2$ (переважно $0,2 \text{ м}^2$). Неприпустимі планування й організація перевезень пасажирів з пору-

шенням норм пасажиромісткості у бік погіршення умов проїзду. На перспективу рекомендується використовувати в розрахунках норматив 5 пас./м².

Показники наповнення транспортних засобів пасажиромісткістю і коефіцієнти використання пасажиромісткості, визначені для окремих маршрутів або періодів роботи, усереднюють як зважені за обсягом перевезень пасажирів при розрахунку відповідних показників для групи маршрутів, виду МПТ і всього міського транспорту.

У зв'язку з випадковими коливаннями пасажиропотоку, при плануванні й організації перевезень з метою забезпечення нормативного КТОП передбачають для годин «пік» на найбільш напружених ділянках маршрутів коефіцієнт використання пасажиромісткості 0,7-0,8, а в середньому за добу (день) роботи не більш 0,3.

Для поліпшення КТОП за показником наповнення транспортного засобу пасажиромісткістю необхідно: вчасно обстежувати пасажиропотоки з наступною розробкою раціональних розкладів руху; використовувати резервні одиниці транспортних засобів для виключення зривів рейсів на маршрутах; вводити швидкісне й експресне повідомлення (даний захід підвищує оборотність транспортних засобів); координувати роботу різних видів МПТ.

7.5. Комфортабельність транспортного пересування

Поняття комфорт у загальному випадку характеризує побутові зручності, влаштованість, затишок у місці перебування людини. Стосовно до міських пасажирських перевезень виділяють: комфорт чекання поїздки в автобусі, тролейбусі або вагоні трамвая; комфорт посадки в транспортний засіб; комфорт власне поїздки. Властивість транспортної системи надавати пасажиромісткістю необхідний комфорт називається *комфортабельністю*.

Комфорт чекання поїздки забезпечується обладнанням і утриманням у належному порядку зупиночних пунктів маршрутів, шляхів підходу до них. Відстань підходу до зупиночних пунктів, як правило, не повинна перевищувати 500 м. Посадкова площадка зупиночного пункту повинна мати тверде і рівне покриття, що відокремлене за висотою від проїзної частини бордюром камінем висотою 200 мм. Довжина посадкової площадки повинна відповідати числу одиниць транспортних засобів, що обслуговуються одночасно, МПТ. Довжина посадкової площадки в будь-якому випадку повинна перевищувати габаритну довжину самого довгого транспортного засобу на 5 м. Посадкові площадки висвітлюють у темний час доби. Їх регулярно очищують від снігу, льоду і сміття, узимку покриття обробляють противоожеледними матеріалами. На зупиночних пунктах зі значним пасажирооборотом (понад 200 пас./год) і великим інтервалом руху обладнують павільйони і навіси для захисту пасажирів від опадів і сонячної радіації. Комфорт чекання поїздки характеризується коефіцієнтом, що являє собою відношення числа зупиночних пунктів, які відповідають пропоно-

ваним вимогам, до загального числа зупиночних пунктів на маршрутній мережі. Даний коефіцієнт не повинен бути менш 0,95.

Комфорт посадки в транспортний засіб МПТ забезпечується використанням для перевезень автобусів міського типу, сучасних тролейбусів і вагонів трамвая, що мають підніжки і поручні, виконані відповідно до нормативних вимог. При ремонті транспортних засобів неприпустимо виконувати покриття підніжок зі слизьких матеріалів, змінювати конструкцію поручнів, залишати їх незакріпленими, відключати систему висвітлення підніжок у темний час доби, допускати наявність гострих деталей (наприклад, болтів) у зоні проходу пасажирів. При ремонті дверей і їхнього приводу слід забезпечувати передбачену конструкцією ширину проходу в світлі.

Комфорт поїздки пасажирів у транспортних засобах МПТ забезпечується: застосуванням для перевезень транспортних засобів, що задовольняють пропонованим санітарно-гігієнічним вимогам і умовам; утриманням устаткування салону в справному стані; дотриманням водіями плавного режиму водіння (прискорення при троганні з місця не більш $0,8-1,0 \text{ м/с}^2$, уповільнення при гальмуванні не більше $1,5-1,9 \text{ м/с}^2$).

Санітарно-гігієнічні вимоги до пасажирського приміщення транспортних засобів МПТ наступні [52]:

Краща температура повітря в салоні, °С:

мінімальна.....	14
максимальна.....	29
Рівень внутрішнього інтегрального шуму, дБА, не більш.....	75
Освітленість на висоті 800 мм від рівня підлоги салону у зоні розташування сидінь, лк, не менш.....	80
Смуги частот неприпустимих резонансних вібрацій, Гц:	
сидячих пасажирів.....	2-6
пасажирів, що стоять.....	4-12
голови людини.....	400-600 і 900-1000

Дані нормативи слід використовувати при контролі якості ремонту обладнання салону транспортного засобу МПТ.

Комфорт поїздки пасажирів визначається *коефіцієнтом відповідності* транспортних засобів пропонованим вимогам. Цей коефіцієнт повинен дорівнювати одиниці.

7.6. Регулярність руху

Регулярність руху транспортних засобів по маршруту – властивість транспортних засобів, що прямують один за одним, прибувати в розглянутий пункт через рівні (заданим розкладом руху) проміжки часу. При малих інтервалах руху (10-15 хв.) з погляду пасажира регулярним буде рух з рівними інтервалами. З погляду якості виконання розкладу руху має значення точність руху транспортних засобів ГПТ на маршрутах.

Коефіцієнт регулярності руху – показник, прийнятий у транспортній практиці для кількісної оцінки регулярності руху. Він визначається відношенням числа рейсів, виконаних відповідно до розкладу руху, до числа рейсів, передбачених даним розкладом. До регулярних рейсів відносять фактично виконані рейси, відхилення яких від розкладу руху не перевищували ± 1 хв., а на маршрутах зі складними для руху умовами ± 2 хв. Нерегулярні рейси мають відхилення більше зазначеного допуску, а також не виконуються зовсім або припиняються достроково через технічні, організаційні причини або несподівану хворобу водія. До нерегулярних рейсів не відносять рейси, припинені достроково через інші подібні причини. Рейс вважається регулярним (нерегулярним) незалежно від того, чи виконувався він транспортним засобом, передбаченим нарядом роботи на даний день, або резервним (підмінним). При скасуванні графіка руху через несприятливі погодно-кліматичні і дорожні умови регулярність рейсів не враховується (усі фактично виконані рейси вважаються регулярними). Коефіцієнт регулярності руху можна також виражати у відсотках.

Більш досконалою оцінкою регулярності руху є *середньоквадратичне відхилення від розкладу руху*

$$\sigma_{\tau} = \sqrt{\sum_{i=1}^n \Delta P_i^2 / n}, \quad (7.12)$$

де P_i^2 – відхилення від моменту прибуття на зупиночний пункт, передбаченого розкладом руху, хв.;

n – число спостережень (не менш 90).

Автоматичне одержання даних про відхилення від розкладу руху по різних зупиночних пунктах забезпечується при експлуатації АСДУ. Середньоквадратичне відхилення від розкладу руху на маршруті приймається як середнє арифметичне даного показника, отриманого для окремих зупиночних пунктів маршруту. Даний показник у порівнянні з коефіцієнтом регулярності руху дозволяє врахувати ступінь порушення розкладу руху (не просте число, але також «розмах» відхилень). Для розрахунків використовують залежності:

$$\sigma_{\tau} = \sigma_I / \sqrt{2} \quad \text{або} \quad \sigma_{\tau} = 0,487 t_p^{0,55} - 0,004 t_p, \quad (7.13)$$

де t_p – час перебування автобуса в рейсі (за умови виходу в рейс за розкладом руху), хв.

Підвищення регулярності руху забезпечується централізацією й автоматизацією диспетчерського управління рухом, створенням резерву транспортних засобів, переведенням водіїв на бригадну форму організації праці, раціональним стимулюванням водіїв і диспетчерів, підвищенням надійності транспортних засобів в експлуатації, відповідністю провізної можливості маршруту потреби в перевезеннях пасажирів.

7.7. Повідомлення без пересадки

Повідомлення без пересадки – можливість для пасажирів зробити поїздку без пересадження на шляху пересування. Цей показник особливо значущий для пасажирів літніх, з малолітніми дітьми і прямуючих з культурно-побутовими цілями.

Кількісно цей показник характеризується *коефіцієнтом пересаджень*, рівним відношенню числа маршрутних поїздок до мережних, і числом пересаджень. Коефіцієнт пересаджень показує середнє число посадок, що приходить ся на одну поїздку «від дверей до дверей».

У містах зі значним числом транспортних мікрорайонів практично неможливо організувати безпересадочне сполучення, оскільки число можливих маршрутів різко зростає. Більш компактна забудова міської території сприяє зниженню пересаджень. Коефіцієнт пересаджень K_n зростає при збільшенні числа населення (людності) $N_{нас}$ у зв'язку зі швидким зростанням числа можливих транспортних зв'язків і для середніх умов може бути приблизно встановлений за наступною кореляційною залежністю [4]:

$$K_n = l_n N_{нас} / (4,77 + 0,000154 N_{нас}). \quad (7.14)$$

Для міст з різними видами ГПТ коефіцієнт пересаджень визначають з урахуванням усіх видів транспорту. При відсутності конкретних даних орієнтовно:

$N_{нас}$, тис. чол.	понад 1000	501-1000	251-500	до 250
K_n	1,3-1,4	1,23-1,3	1,15-1,23	1,1-1,15

Більш високі (на 10% і більше) значення K_n свідчать про незадовільний рівень організації маршрутної системи.

Крім коефіцієнта K_n , враховують максимальне число пересаджень, з яким забезпечується транспортний зв'язок між самими «незручними» транспортними мікрорайонами. Як правило, число пересаджень не повинне перевищувати одного. Пересадження зменшуються при оптимізації маршрутної системи, раціональним розташуванням магістральних вулиць, введенням швидкісного й експресного сполучень.

7.8. Безпека перевезень

Безпека перевезень – безумовна вимога пасажирів і суспільства до системи організації і управління перевезеннями на МПТ. При організації перевезень керуються Правилами дорожнього руху, вимогами із забезпечення безпеки руху на автобусних маршрутах, наказами, розпорядженнями і вказівками органів управління з питань безпеки дорожнього руху (БДД).

Для забезпечення безпеки перевезень пасажирів необхідно залучати до роботи водіїв належної кваліфікації (на автобусах повинні працювати переважно водії 1-го або 2-го класу); не допускати переробки водіями встановленої тривалості робочого дня і робочого тижня; проводити періодичні огляди і щоденні медичні огляди водіїв; попереджати випуск на маршрути технічно несправних транспортних засобів; в умовах гірських маршрутів не експлуатувати автобуси з загальним пробігом понад 200 тис. км; направляти на маршрути автобуси, що відповідають за габаритними і ваговими параметрами технічній категорії вулиць, по яких проходять ці маршрути; строго додержуватися лінійно-транспортної дисципліни; випускати на лінію транспортні засоби в кількості, що забезпечує дотримання граничних норм пасажиромісткості; вводити науково обґрунтовані норми часу на пробіг ділянок маршрутів; припиняти рух у випадках технічної неможливості експлуатації маршруту (обвали, зсуви та інші стихійні лиха).

Особливу увагу слід приділяти облаштованості зупиночних пунктів, оскільки більшість травм, одержуваних пасажирями на МПТ, виникає під час посадки і висадки з транспортних засобів. Зупиночні пункти на маршрутах автобуса і тролейбуса розташовують, як правило, за перехрестям вулиць. При розосередженні зупиночних пунктів їхні покажчики розташовують не менш ніж у 40 м один від одного. Мінімальні розміри посадкових площадок 10 x 2 м. Порядок прибирання і утримання зупиночних пунктів визначають органи виконавчої влади міста (району).

Технічні параметри вулиць, по яких проходить маршрут, фіксують у паспорті маршруту.

Відповідні організації зобов'язані негайно повідомляти центральній диспетчерській службі (ЦДС) МПТ і перевізникам про перекриття доріг (дорожні організації), штормових попередженнях (гідрометеослужба). Про припинення руху транспортних засобів по маршрутах МПТ начальник (старший диспетчер по зміні) ЦДС, керівник перевізника негайно доводять до відома міського (районного) органу виконавчої влади. Органи виконавчої влади не мають права втручатися в розпорядження персоналу МПТ, уповноваженого припиняти або обмежувати рух на маршрутах МПТ.

Для характеристики рівня БДД застосовують *коефіцієнт динамічної зміни безпеки руху* $K_{БД}$, що враховує вагу наслідків різних ситуацій і елемент випадковості їхньої появи в умовних штрафних балах і співвідношує отримані

штрафні бали із загальним пробігом транспортних засобів за порівнюваний період часу:

$$K_{БД} = \frac{1}{1 + a \left(\frac{n_0}{L_0} + \frac{n_1}{2L_1} + \frac{n_2}{4L_2} + \frac{n_3}{8L_3} \right)}, \quad (7.15)$$

де a – масштабний коефіцієнт, значення якого постійне і підбирається з умови, що добуток коефіцієнта на вираз, що знаходиться в дужках, приблизно дорівнює 1;

n_0, \dots, n_3 – число штрафних балів, нарахованих у даному році за показниками безпеки руху;

L_0, \dots, L_3 – загальний річний пробіг транспортних засобів у даному році, млн. км;

$0, \dots, 3$ – умовний номер року (0 – звітнього, 1 – попереднього звітнього і т.д.).

Штрафні бали нараховують: за кожну дорожньо-транспортну подію з вини працівника відповідної організації МПТ – 1 бал; те ж, але з вини нетверезого водія – 2 бали; за кожного загиблого працівника організації МПТ – 9 балів; за кожного пораненого в ДТП із вини працівника організації МПТ – 1,5 балу; за кожен установлений випадок порушення водієм Правил дорожнього руху або вимог до забезпечення безпеки, установлених посадовою інструкцією водія, – 0,1 бала.

7.9. Інформаційне обслуговування пасажирів

Інформаційне обслуговування пасажирів – комплекс заходів, спрямованих на надання пасажирам інформації, що необхідна для планування ними своїх поїздок і правильного користування МПТ.

Інформаційне обслуговування включає: можливість ознайомлення з правилами надання послуг на умовах публічного договору перевезення, схемами і режимом роботи маршрутів МПТ; надання даних про місця, де можна придбати абонементні талони для оплати проїзду і довгострокові проїзні квитки, про телефонні номери й адреси органів управління перевізників; утримання в належному порядку засобів екіпірування транспортних засобів (в інформаційній частині) і покажчиків зупиночних пунктів маршрутів; видачу пасажирам разових довідок про роботу МПТ; наявність у продажу довідників для пасажирів і схем маршрутів; рекламу перевезень засобами масової інформації і наочних засобів.

Про відкриття нових, закритті й зміні діючих маршрутів населення інформується через пресу, радіо і телебачення, а також оголошеннями на зупиночних пунктах і в транспортних засобах. За встановленим порядком дана інформація повинна доводитися до пасажирів не пізніше ніж за 3 дні до змін, що вводяться (за винятком несподіваних змін внаслідок аварій і причин стихійного характеру).

На зупиночних пунктах вивішують покажчики маршрутів з позначенням номерів минаючих через даний пункт маршрутів, часу їхньої роботи й інтервалу руху в години „пік”. При інтервалах понад 20 хв. на покажчику відображають розклад руху транспортних засобів через даний зупиночний пункт. На покажчиках кінцевих пунктів маршрутів вміщують напис «Посадки немає».

Екіпірування кожної одиниці транспортних засобів повинне включати: покажчики маршруту (лобові, бортові і задні; на зчленованих автобусах і троллейбусах установлюють два бортових покажчики); таблички з вказівкою прізвищ водія і кондуктора; табличку з вказівкою розташування і числа місць для проїзду пасажирів з дітьми й інвалідів (біля відповідних сидінь); правила користування МПТ; внутрішній інвентарний номер транспортного засобу (наноситься фарбою на перегородку водійського відділення).

У місцях масового скупчення пасажирів (пересадні вузли, вокзали, станції метрополітену, загальноміські центри та ін.) установлюють рекламні щити з інформацією про схему маршрутів і порядок роботи МПТ.

Обов'язки водія і кондуктора з інформаційного обслуговування пасажирів встановлені в посадових інструкціях.

Рівень інформаційного обслуговування оцінюють відсотком (часткою) зупиночних пунктів і одиниць транспортних засобів, що повністю відповідають нормативним вимогам з облаштованості й екіпірування.

7.10. Звертання пасажирів

Пасажири відносно своїх відносин з перевізниками можуть виступати зі звертаннями до адміністрації МПТ. Такі звертання за формою підрозділяють на усні й письмові. Зі змістом розрізняють скарги, заяви, пропозиції і подяки. Під *скаргою* розуміють вираження невдоволення, в основному з приводу порушення прав пасажирів і охоронюваних законом інтересів громадян з одночасною вимогою усунення порушень. До *заяв* відносять прохання із задоволення виниклих недоліків, надання додаткових послуг. *Пропозиції* містять побажання з подальшого удосконалення роботи організації МПТ. *Подяка* – це вираження вдячності за зроблене добро, увагу, послугу і вираження високої оцінки праці персоналу організації МПТ.

Порядок розгляду звертань громадян і здійснення діловодства по них визначається *інструкцією з організації діловодства*, що розробляється на основі типової інструкції діловодства і затверджується керівником організації МПТ.

У посадових інструкціях працівників, які безпосередньо взаємодіють із громадянами, передбачають розділи з викладом норм поведіння персоналу при спілкуванні з громадянами і порядку розгляду звертань.

Письмові скарги оформляють у вигляді: записів у книгу скарг і пропозицій; листів, що адресуються керівникам організацій або органів виконавчої влади, які здійснюють контроль і нагляд за діяльністю організацій МПТ. Правові питання роботи зі скаргами пасажирів регулюються системою діловодства, що діє в організації, якій адресована скарга.

Книгу скарг і пропозицій зберігають і видають для внесення в неї записів на першу вимогу громадян на диспетчерських пунктах і безпосередньо в організації МПТ. Доцільно також мати таку книгу в кожному транспортному засобі МПТ (при роботі із системи багатьох одиниць – у водія в головному вагоні). Сторінки книги скарг і пропозицій нумерують, корінець прошнуровують і опечатають. Книга скарг і пропозицій складається звичайно з 40 бланків з відірваними корінцями. При напрямку скарги на розгляд бланк відривають від корінця і на корінці про це роблять запис. Якщо заявник не вказав своєї адреси, то відповідь йому оформляють на зворотному боці корінця.

Скарги, заяви, що надійшли у вигляді листів громадян, у день надходження реєструються канцелярією (загальним відділом, секретарем) організації ГПТ окремо від іншої кореспонденції у спеціальному журналі з пронумерованими сторінками, прошнурованим і опечатаним корінцем. Суть звертань, що надійшли в усній формі, відбивається в книзі прийому відвідувачів.

Особи, у функціональні обов'язки яких входять збереження і видача книги скарг і пропозицій, ведення журналу реєстрації скарг і заяв, несуть строгу персональну відповідальність за схоронність і правильність ведення даних документів. Загальний контроль за своєчасним розглядом звертань покладається на канцелярію (загальний відділ, секретаря). Канцелярія періодично аналізує надходження звертань із залученням у необхідних випадках фахівців інших підрозділів організації МПТ. Підсумком такого аналізу є динаміка числа звертань різного виду в часі і їхній частоті, що дає можливість установити «концентратори напруг» – сутність повторюваних скарг і пропозицій. Особливому контролю підлягають повторні скарги.

Для розгляду скарги її передають виконавцеві, якого призначає керівник організації. Неприпустимо призначати виконавцями осіб, дії яких оскаржуються, а також їхніх підлеглих. Скарги, що не вимагають додаткового вивчення або перевірки фактів, розглядають невідкладно з напрямком відповіді заявникові в термін до 15 діб. Інші скарги після відповідної перевірки повинні бути розглянуті в термін до 30 діб. Усні звертання громадян, що надходять, повинні бути вислухані працівником МПТ, до якого звертається пасажир. Якщо суть звертання входить у компетенцію даного працівника, він повинен дати громадянину необхідні роз'яснення і постаратися негайно розв'язати питання. Коли суть звертання відноситься до кола повноважень іншого працівника, особа, яка вислухує звертання, повинна мотивовано адресувати заявника до цього працівника або порадити звернутися до адміністрації організації з письмовою заявою. Про

усні звертання, що надійшли, і вжитих по них заходах лінійний працівник подає рапорт наприкінці зміни.

Усні звертання можуть висловлюватися на прийомі відвідувачів, який веде керівник у спеціально призначений час. Такий прийом повинен вестися за участю секретаря, який записує суть звертання і прийняте по ньому рішення керівника в журнал прийому відвідувачів. Керівник своїм підписом підтверджує усно сформульоване рішення. Під час прийому заявники можуть передавати керівникові організації документи, про що робиться оцінка в журналі.

Особливою формою скарги є *претензія споживача* з приводу якості транспортних послуг. Процедура подання і розгляду претензій установа законом «Про захист прав споживачів». Справедливе задоволення претензій пасажирів дозволяє уникнути розгляду питання в судовому засіданні, а значить заощадити час, грошові кошти і робочий час персоналу організації МПТ.

Документація по скаргах зберігається в архіві організації МПТ 5 років.

Керівники транспортних організацій і служб, ревізорів автомобільного транспорту при особистому контролі на лінії перевіряють схоронність і доступність книг скарг і пропозицій, знайомляться зі звертаннями пасажирів, що надійшли. Знову записане в книгу скарг і пропозицій звертання протягом робочої зміни доводиться працівником, відповідальним за ведення цієї книги, до відома керівника організації МПТ.

Для аналізу якості роботи зі звертань пасажирів використовують коефіцієнт K_{on} , що враховує динамічний рівень числа дорікань на роботу ГПТ, віднесених до обсягу перевезень, [4]:

$$K_{on} = \frac{1}{1 + b \left(\frac{m_0}{Q_0} + \frac{m_1}{2Q_1} + \frac{m_2}{4Q_2} + \frac{m_3}{8Q_3} \right)}, \quad (7.16)$$

де b – масштабний коефіцієнт, значення якого постійне і підбирається з умови, що добуток коефіцієнта на вираз, що знаходиться в дужках, приблизно дорівнює 1;

m_0, \dots, m_3 – число обґрунтованих скарг на якість обслуговування в звітному році і за попередні три роки;

Q_0, \dots, Q_3 – обсяг перевезень пасажирів МПТ у звітному році і за попередні три роки, тис. пас.;

$0, \dots, 3$ – умовний номер року (0 – звітний, 1 – попереднього звітному і т.д.).

Для виключення дорікань пасажирів на транспортне обслуговування необхідно: строго виконувати нормативні вимоги за показниками КТОП; постійно удосконалювати і розвивати форми і методи обслуговування пасажирів; виховувати персонал, прищеплюючи йому навички культурного спілкування з пасажирами; вчасно розбирати звертання, що надійшли, з прийняттям по них ді-

йових заходів; забезпечувати ритмічну роботу контрольно-ревізорської служби і зміцнювати її авторитет в очах персоналу.

7.11. Сертифікація послуг і системи управління якістю

Сертифікація послуг з перевезення пасажирів у внутрішньому і приміському сполученнях здійснюється в добровільному порядку. Під сертифікацією послуг з перевезення пасажирів розуміють форму підтвердження відповідності цих послуг вимогам технічних регламентів, положенням стандартів або умовам договорів. Нормативну основу сертифікації послуг по перевезення пасажирів утворюють Закони «Про технічне регулювання», «Про захист прав споживачів», «Про безпеку дорожнього руху», «Про пожежну безпеку» та ряд інших, а також міжнародні договори України в області сертифікації і стандартизації.

Сертифікація здійснюється органами з сертифікації – юридичними особами і підприємцями, у встановленому порядку, акредитованими у відповідній системі сертифікації. Система сертифікації включає центральний орган і органи із сертифікації, які здійснюють сертифікацію за правилами, встановленими в цій системі. *Правила сертифікації* – основний документ, що встановлює основні принципи, організаційну структуру і порядок сертифікації. Основним у правилах є відображення обов'язкових вимог до відповідної послуги із забезпечення її безпеки для життя і здоров'я пасажирів і персоналу, схоронності навколишнього середовища і майна.

Порядок сертифікації передбачає подачу перевізником заявки на сертифікацію, її розгляд, визначення схеми, за якою буде здійснюватися сертифікація, проведення і документування перевірок відповідності послуг установленим вимогам і винесення мотивованого рішення про видачу сертифіката або про відмовлення в його видачі. *Сертифікат відповідності* – документ, виданий за правилами системи сертифікації для підтвердження відповідності сертифікованої послуги установленим вимогам.

Сертифікат видається на обмежений термін, протягом цього терміну виконуються періодичні інспекційні перевірки дотримання перевізником умов сертифікації.

Сертифікація є першим кроком на шляху створення систем управління якістю організацій МПТ. Такі системи передбачають створення організаційно-економічних механізмів, що націлюють усі служби організації МПТ і всіх працівників на досягнення високої якості роботи і послуг. Основним документом системи управління якістю організації МПТ служить посібник з якості, на основі якого розробляються і стандарти підприємства з якості. Така регламентація встановлена міжнародними стандартами ISO серії 9000. Система управління якістю становить сукупність організаційної структури, методик, процесів і ре-

курсів, що використовуються при управлінні якістю. Загальні вимоги до посібника з якості організації-виробника послуг установлені міжнародним стандартом ISO 9004-2:1991 «Загальне керівництво якістю й елементи системи якості – частина 2: Провідні вказівки з послуг».

У системі управління якістю сертифікується не сама послуга, а умови, що забезпечують її відповідність пропонованим вимогам. Це особливо значуще для сфери послуг, де відсутні передпродажна перевірка і гарантійний період експлуатації, характерні для продукції. Таким чином, засвідчується, що організація МПТ має у своєму розпорядженні засоби для самостійного генерування нових якісних послуг.

Посібник з якості містить такі розділи:

- відповідальність керівників за якість і політику організації МПТ в області якості;
- система управління якістю;
- періодичний аналіз вимог до якості технологій перевезень пасажирів;
- управління розробками маршрутної системи і режимів руху транспортних засобів на маршрутах;
 - оформлення документації з якості і її збереження;
 - ресурсне забезпечення якості;
 - управління наданням супутніх послуг;
 - ідентифікація і досліджуваність послуги (посвідчення дійсності зовнішньої документації), видача пасажирам ідентифікованих квитків і квитанцій;
- управління процесами перевезення;
- контроль надання послуг;
- вимоги до засобів виміру і контролю;
- посвідчення результатів обліку й аналізу якості;
- порядок дій при виявленні невідповідності якості і коригувальних заходів;
- реєстрація даних про якість, облік виконання рейсів і регулярності руху транспортних засобів, дорожньо-транспортних випадків, порушень правил дорожнього руху, ТЕП використання транспортних засобів, звертань пасажирів;
- підготовка кадрів в області якості;
- використовувані статистичні методи.

Контрольні питання

1. Що розуміють під якістю транспортного обслуговування пасажирів?

2. Дайте визначення оцінки якості транспортного обслуговування пасажирів.
3. Дайте визначення управлінню якістю транспортного обслуговування пасажирів.
4. Перелічіть показники якості транспортного обслуговування пасажирів МПТ.
5. Охарактеризуйте комфортабельність транспортних пересувань.
6. Яким чином забезпечується комфорт поїздки пасажирів у транспортному засобі МПТ?
7. Які розділи містить посібник якості?
8. Ким здійснюється сертифікація послуг з перевезення пасажирів?

Розділ 8

ТРАНСПОРТНЕ ОБСЛУГОВУВАННЯ ПАСАЖИРІВ У РАНКОВІ ГОДИНИ „ПІК”

8.1. Математична модель пасажиропотоків на маршрутах

8.2. Вихідні дані для вирішення задачі розосередження часу початку роботи підприємств і організацій і аналіз результатів

8.3. Складання диференційованого розкладу руху транспортних засобів на маршруті

Розділ 8

ТРАНСПОРТНЕ ОБСЛУГОВУВАННЯ ПАСАЖИРІВ У РАНКОВІ ГОДИНИ „ПІК”

Одним з факторів, що впливають на функціонування транспортної системи, є час початку роботи підприємств і організацій, що значною мірою визначає пасажиропотоки на міських маршрутах у пікові періоди. Крім того, знаючи нерівномірності потоків пасажирів на маршрутах міста, можна скласти такий розклад руху транспортних засобів, що забезпечить дублювання провізних можливостей транспорту пасажиропотоків у місті.

Зосередження декількох промислових підприємств і установ у певних місцях впливає на розподіл пасажиропотоків. Чим більше розосереджено за часом початок роботи підприємств і організацій, тим менші пасажиропотоки утворюються на маршрутах міського пасажирського транспорту і тим легше організувати перевізний процес. Будь-який перерозподіл пасажиропотоків за годинами доби приводить до пропорційного зменшення потреби в кількості транспортних засобів і, отже, до поліпшення умов перевезення при заданому парку.

Мета полягає у складанні диференційованого розкладу і методики розосередження часу початку роботи підприємств і організацій у містах на основі аналізу існуючих наукових розробок і практичного досвіду, а також використання математичної моделі пасажиропотоків на маршрутах міста, що включає взаємозв'язок пасажиропотоків з кореспонденціями поїздок пасажирів, режимами роботи підприємств і організацій, а також провізними можливостями міського пасажирського транспорту.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити наступні завдання:

- складання цільової функції;
- розробка математичного і програмного забезпечення;
- збір, обробка і систематизація первинної інформації.

8.1. Математична модель пасажиропотоків на маршрутах

Пасажиропотік є одним з визначальних показників перевезень пасажирів. Формування пасажиропотоків на маршрутах являє собою складне соціально-економічне явище, що формується під впливом різних факторів. Пересування населення по міській транспортній мережі в нічні години „пік” визначається дислокацією місць проживання і роботи.

Кожне підприємство формує потік трудових пересувань по всій транспортній мережі, що проходить поблизу нього. Виходячи з того, що пересування здійснюється цілеспрямовано, можна простежити закономірність збільшення пасажиропотоку в міру наближення до підприємства. Пасажиропотоки на ділянках транспортної мережі формуються шляхом накладення кореспонденції поїздок пасажирів до підприємств, шлях проходження до яких проходить через дану ділянку. Звідси випливає, що час початку роботи повинен визначатися не тільки типом підприємства, а і його місцем розташування у плані міста.

Завдання розосередження часу початку роботи підприємств і організацій полягає в тому, щоб визначити такий час початку роботи, при якому пасажиропотоки на ділянках мережі, що складаються з пасажиропотоків до кожного підприємства, протягом пікового періоду були б постійними. Для цього необхідно, щоб коефіцієнт нерівномірності пасажиропотоків k_n у транспортних зв'язках у піковий період прагнув до одиниці, тобто цільова функція мала б вигляд $k_n \rightarrow 1$. Для визначення k_n весь піковий період розбивають на елементарні періоди часу ΔT , які доцільно прийняти рівними 15 хв., оскільки надалі рекомендації щодо часу початку роботи підприємств і організацій можуть приймати значення, кратні цій величині.

У кожен елементарний період часу ΔT можна розрахувати нерівномірність пікових пасажиропотоків, щоб надалі, варіюючи часом початок роботи підприємств, прийти до задоволення цільової функції.

Коефіцієнти нерівномірності пасажиропотоків у ланках транспортної мережі доцільно знаходити за розрахунковим значенням пасажиропотоків, що встановлюються за тими ж критеріями, що і маршрути масового пасажирського транспорту.

Визначення коефіцієнта нерівномірності пасажиропотоків проводять шляхом моделювання процесу перевезень пасажирів. Для цього розглядають

процес пересування пасажирів від місць проживання i -го транспортного району до місця прикладання праці на j -му підприємстві, що має визначений час початку роботи T_{nij} . Жителі i -го транспортного району будуть виїжджати на роботу в такий час, щоб прибути на j -те підприємство до початку роботи. Проведені дослідження [53] розподілу часу прибуття робітників і службовців на роботу дозволяють зробити висновок про те, що не всі вони прибувають безпосередньо до початку роботи. Процес прибуття починається значно раніше, а закінчується пізніше часу початку роботи підприємства, тобто деяка частина працюючих приїжджає із запізненням (ці запізнення можна не враховувати при розрахунках унаслідок їхньої малої кількості).

Прибуття робітників і службовців на роботу задовго до початку роботи підприємства свідчить про резервування часу пересування. Проведені дослідження дозволяють зробити висновок про наявність певних закономірностей резервування часу пересування. Чим далі проживають працюючі, тим з більшим запасом часу вони виїжджають на роботу. Величина резервованого часу залежить від загального часу пересування і пов'язана з нестабільними інтервалами руху транспорту, переповненням салонів транспортних засобів, випадками поломок і затримок транспортних засобів при русі по маршрутах.

Дослідження показали, що для реальних значень часу пересування зв'язок між його величиною і часом резервування може бути поданий залежністю

$$T_{pij} = 0,12T_{nij} + 10; \quad 10 \leq T_{nij} \leq 60, \quad (8.1)$$

де T_{pij} - величина резерву часу при пересуванні з i -го транспортного району на j -те підприємство;

T_{nij} - величина часу пересування пасажирів з i -го транспортного району на j -те підприємство.

Протягом часу T_{pij} усі працівники виїдуть з i -го транспортного району на j -те підприємство. Протягом резервованого часу вихід на роботу відбувається нерівномірно. Проте при розгляді пересування пасажирів по маршрутній мережі, по якій транспорт рухається з визначеним інтервалом, нерівномірність висадки пасажирів буде компенсуватися часом очікування транспорту на зупинках і надалі по транспортній мережі буде пересуватися приблизно рівномірний пасажиропотік. У зв'язку з цим можна зробити припущення, що протягом резервованого часу робітники й службовці виїжджають з транспортних районів до місць роботи рівномірно.

Маючи інформацію про час початку роботи j -го підприємства, можна визначити час T_{eij} , в який з i -го транспортного району працівники почнуть виїжджати на роботу на j -те підприємство:

$$T_{eij} = T_{nij} - T_{pij}. \quad (8.2)$$

У кожен елементарний момент часу ΔT можна визначити місцезнаходження пасажиропотоку з i -го транспортного району на j -те підприємство.

Систематичне вивчення розподілу величини пасажиропотоків за часом і напрямками є найважливішим і повсякденним завданням.

Для визначення місцезнаходження пасажиропотоку на транспортній мережі будують епюри, на яких відмічено початок і закінчення потоків пасажирів за часом.

Для визначення місцезнаходження пасажиропотоку досить з'ясувати його початок і закінчення за часом. Початок пасажиропотоку формують робітники й службовці, які виїжджають на роботу першими, а закінчення – ті, що виїжджають на роботу останніми протягом часу резерву T_{rij} . Пасажиропотік на транспортній мережі буде розташовуватися між пунктами, в яких знаходяться початок і закінчення потоку.

Місцезнаходження початку і закінчення потоку пасажирів можна визначити за часом руху з моменту виїзду працівників з транспортного району.

У зв'язку з тим, що працюючі, які складають початок потоку пасажирів, виїжджають раніше, ніж працюючі, які становлять закінчення потоку, на час T_{rij} , час руху початку і закінчення потоку пасажирів буде відрізнятися на ту ж величину.

Час руху початку й закінчення пасажиропотоку слід визначати стосовно значення абсолютного поточного часу, відлік якого ведуть від будь-якого нульового значення. Доцільно починати відлік поточного часу від нуля годин доби.

Час руху початку і закінчення пасажиропотоку можна визначити за наступними формулами:

$$T_{0ij} = T_{текN} - T_{vij} - T_{rij}, \quad (8.3)$$

де T_{0ij} - час руху закінчення пасажиропотоку з i -го транспортного району на j -те підприємство;

$T_{текN}$ - абсолютний N -ий поточний час;

$$T_{начij} = T_{текN} - T_{vij}, \quad (8.4)$$

де $T_{начij}$ - час руху початку пасажиропотоку з i -го транспортного району на j -те підприємство.

Маючи інформацію про час пересування пасажирів між усіма транспортними районами і про шлях прямування пасажирів по маршрутній мережі, можна за часом руху початку і закінчення потоку пасажирів визначити його місцезнаходження. Допускається, що коли хоча б мала частина епюри пасажиро-

поток лежить на якому-небудь зв'язку транспортної мережі, то пасажиропотік теж лежить на цьому зв'язку. Знаючи місцезнаходження пасажиропотоку, можна визначити його величину за час ΔT для кожної ділянки транспортної мережі, на якій знаходиться пасажиропотік з i -го транспортного району на j -те підприємство.

Сумарний пасажиропотік на ділянці транспортної мережі буде складатися з декількох пасажиропотоків на різні підприємства чи з різних транспортних районів. Для визначення сумарного пасажиропотоку на ділянці транспортної мережі необхідно знати всі пасажиропотоки, що будуть знаходитися в кожен час ΔT на будь-якій ділянці транспортної мережі.

Визначивши для кожного значення ΔT за піковий період сумарні пасажиропотоки на всіх ділянках транспортної мережі, можна обчислити коефіцієнт нерівномірності пасажиропотоку на будь-якій ділянці транспортної мережі для кожного значення ΔT :

$$k_{Hn_1n_2, \Delta T_z} = \frac{F_{n_1n_2, \Delta T_z}}{F_{cpn_1n_2}}, \quad (8.5)$$

де $k_{Hn_1n_2, \Delta T_z}$ - коефіцієнт нерівномірності пасажиропотоку на ділянці транспортної мережі між вузлами n_1 та n_2 у z -ий проміжок часу ΔT ;

$F_{n_1n_2, \Delta T_z}$ - сумарний пасажиропотік на ділянці транспортної мережі між вузлами n_1 та n_2 у z -й проміжок часу ΔT ;

$F_{cpn_1n_2}$ - середній пасажиропотік на ділянці транспортної мережі між вузлами n_1 та n_2 за весь піковий період, визначається за формулою

$$F_{cpn_1n_2} = \frac{\sum_{\Delta T_z=i}^n F_{n_1n_2, \Delta T_z}}{n}, \quad (8.6)$$

де n - кількість значень ΔT у піковий період.

Після визначення коефіцієнта нерівномірності пасажиропотоку на всіх ділянках мережі в кожен час ΔT з'являється можливість обчислити середньозважений коефіцієнт нерівномірності пасажиропотоку в цілому по місту в кожен час ΔT :

$$k_{ncp, \Delta T_z} = \frac{\sum_{n_1=1}^n \sum_{n_2=1}^n (k_{Hn_1n_2, \Delta T_z} \cdot F_{n_1n_2, \Delta T_z})}{\sum_{n_1=1}^n \sum_{n_2=1}^n F_{n_1n_2, \Delta T_z}}. \quad (8.7)$$

Коефіцієнт нерівномірності пасажиропотоку не дає повного уявлення про те, як коливаються пасажиропотоки на ділянках мережі стосовно F_{cp} . Для одержання повної картини про коливання пасажиропотоків протягом часу ΔT необхідно визначити, на яку величину відрізняється від одиниці коефіцієнт нерівномірності пасажиропотоку в кожен час ΔT :

$$k_{H, \Delta T_z} = \frac{\sum_{n_1=1}^n \sum_{n_2=1}^n |1 - k_{Hn_1n_2, \Delta T_z}| F_{n_1n_2, \Delta T_z}}{\sum_{n_1=1}^n \sum_{n_2=1}^n F_{n_1n_2, \Delta T_z}}. \quad (8.8)$$

Після обчислення для кожного часу ΔT за піковий період $k_{H_1, \Delta T_z}$ та $\Delta k_{H, \Delta T_z}$ з'являється можливість визначити середній коефіцієнт нерівномірності пасажиропотоків за весь піковий період:

$$k_H = \frac{\sum_{\Delta T_z=1}^n k_{H, \Delta T_z}}{n}. \quad (8.9)$$

Для одержання інформації про коливання пасажиропотоків протягом пікового періоду необхідно визначити, на яку величину відрізняється від одиниці середній коефіцієнт нерівномірності пасажиропотоків за піковий період:

$$\Delta k_H = \frac{\sum_{\Delta T_z=1}^n |1 - k_{H, \Delta T_z}|}{n}. \quad (8.10)$$

Маючи всі параметри розв'язуваної задачі, можна зробити висновок про нерівномірність пасажиропотоків у місті за весь піковий період і на ділянках транспортної мережі в кожен елементарний період часу. До того ж відомі з аналізу режимів роботи підприємств ті з них, що обумовили різні нерівномірності. Причому підприємства, що характеризуються збільшенням потоку пасажирів у визначений період часу ΔT , повинні змінити режим роботи таким чином, щоб пасажиропотік до них збільшувався у час, коли відповідні ділянки транспортної мережі найменш завантажені. Змінюючи час початку роботи підприємств і організацій, можна встановити такий режим роботи, що забезпечить мінімальні нерівномірності потоків пасажирів на маршрутах міського пасажирського транспорту.

Але варіювати час початку роботи підприємств і організацій можна у певних межах. Сама величина пікового періоду безпосередньо пов'язана з кое-

фіцієнтом нерівномірності пасажиропотоків. Транспортні засоби пасажирського транспорту мають певну провізну спроможність, тому тільки за визначений проміжок часу він зможе виконати ту транспортну роботу, що необхідна для перевезення працюючих від місць проживання до місць роботи. Цей проміжок часу і є величиною пікового періоду, тобто такого періоду часу, протягом якого перевозяться всі пасажирів і транспортні засоби використовуються найбільш ефективно. Величину пікового періоду можна визначити за формулою

$$T_{\text{пик}} = \frac{\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n (H_{ij} - H_{ij,c}) T_{\text{дв}ij} V_{\text{ср}} K_H}{\sum_{k=1}^n V_{\text{эк}} q_k \gamma_k + V_{\text{эм}} q_m \gamma_m}, \quad (8.11)$$

де H_{ij} - кількість кореспонденцій поїздок пасажирів з i -го транспортно-го району на j -те підприємство;

$H_{ij,c}$ - кількість кореспонденцій з i -го транспортного району на j -те підприємство, здійснюваних службовим транспортом;

$T_{\text{дв}ij}$ - час пересування пасажирів з i -го транспортного району на j -те підприємство;

$V_{\text{ср}}$ - середня експлуатаційна швидкість міського пасажирського транспорту;

k_H - коефіцієнт нерівномірності пасажиропотоків у піковий період;

m - кількість транспортних районів у місті;

z - кількість підприємств у місті;

n - кількість видів наземного пасажирського транспорту;

$V_{\text{эк}}$ - експлуатаційна швидкість k -го виду наземного пасажирського транспорту;

q_k - сумарна місткість k -го виду наземного пасажирського транспорту;

γ_k - коефіцієнт використання місткості i -го виду наземного пасажирського транспорту;

$V_{\text{эм}}$ - експлуатаційна швидкість метрополітену;

q_m - сумарна місткість метрополітену;

γ_m - коефіцієнт використання місткості метрополітену.

Тільки в проміжку часу, рівному $T_{\text{пик}}$, доцільно проводити розосередження часу початку роботи підприємств і організацій у містах. При ідеальному розосередженні коефіцієнт нерівномірності пасажиропотоків повинен дорі-

внювати 1, а відхилення від одиниці – 0. Однак на практиці цього домогтися важко внаслідок того, що з різних причин неможливо варіювати час початку роботи підприємств у будь-якому діапазоні. Тому перш ніж починати робити розосередження часу початку роботи підприємств, необхідно задатися величиною коефіцієнта нерівномірності пасажиропотоків, якої необхідно досягти. Для обраного k_H треба розрахувати величину $T_{ник}$ і в цьому проміжку проводити розосередження часу початку роботи підприємств і організацій у місті. У разі, якщо значення заданого буде отримано порівняно легко, доцільно зменшити граничне значення k_H , знову розрахувати для нього величину $T_{ник}$ і вже в цьому діапазоні проводити розосередження. Розосередження часу початку роботи підприємств і організацій у містах доцільно проводити в такий спосіб доти, поки варіювання часу початку роботи підприємств і організацій в можливих межах не дасть істотного зменшення коефіцієнта нерівномірності пасажиропотоків у місті.

8.2. Вихідні дані для вирішення задачі розосередження часу початку роботи підприємств і організацій і аналіз результатів

Для проведення розосередження часу початку роботи підприємств і організацій у місті шляхом моделювання перевізного процесу необхідно мати інформацію про вулично-дорожню і маршрутну мережу міста, про кількість і розселення робітників і службовців по районах.

Місто подається у вигляді карти-схеми транспортних районів. У кожному транспортному районі вказують його центр, усі транспортні зв'язки і час пересування пасажирів по кожному зв'язку. Для розбивки міста на транспортні райони використовують розподіл по відділеннях зв'язку. Потім складають матрицю транспортних зв'язків у місті, в якій зазначають номери суміжних транспортних районів і час пересування між їхніми центрами. Усі підприємства міста зосереджені у відповідних транспортних районах.

Для одержання інформації про кількість і розселення працюючих по районах міста в Харкові проводили анкетне обстеження трудових пересувань.

В анкеті вказували:

- найменування підприємства (організації);
- найменування об'єкта (цеху);
- адресу об'єкта (цеху) чи підприємства з вказівкою поштового індексу;
- чисельність працюючих на об'єкті (у цеху) чи на підприємстві, у тому числі починаючих роботу до 10 години ранку;
- найближчі маршрути й зупинки міського пасажирського транспорту;

- кількість співробітників, яких доставляють на роботу службовим транспортом у ранковий піковий період із вказівкою маршрутів перевезення;
- режими роботи підприємства (цеху) із вказівкою часу початку роботи і кількості працюючих.
- кількість співробітників, яких доставляють на роботу службовим транспортом у ранковий піковий період із вказівкою маршрутів перевезення;
- режиму роботи підприємства (цеху) із вказівкою часу початку роботи і кількості працюючих.

Розрахунки на ЕОМ дали наступну інформацію: в даний час у Харкові спостерігаються значні коливання пасажиропотоків протягом пікового періоду.

Значення середньозважених коефіцієнтів нерівномірності пасажиропотоків і їхнього відхилення від одиниці в кожен елементарний проміжок часу наведені в табл. 8.1.

У цілому по місту коефіцієнт нерівномірності пасажиропотоків за піковий період складає 2,16; відхилення його від одиниці за піковий період складає 1,47.

Таблиця 8.1 – *Значення середньозважених коефіцієнтів нерівномірності пасажиропотоків і їхніх відхилень від одиниці протягом пікового періоду*

Поточний час, год.	Коефіцієнт нерівномірності, розрахований за формулою (8.7)	Відхилення коефіцієнта нерівномірності від одиниці, розраховане за формулою (8.8)
6.00	0,77	0,51
6.15	1,69	0,98
6.30	2,67	1,76
6.45	3,67	2,73
7.00	3,48	2,67
7.15	2,21	1,51
7.30	2,18	1,26
7.45	2,91	1,96
8.00	2,49	1,60
8.15	1,61	0,92
8.30	1,96	1,33
8.45	1,06	0,58
9.00	1,58	1,03
9.15	1,02	0,71
9.30	3,18	2,49

Аналізуючи отримані результати, можна виявити фактори, що впливають на виникнення істотних нерівномірностей пасажиропотоків. З аналізу формування пасажиропотоків на ділянках транспортної мережі випливає, що в основному пасажиропотоки формуються з одиничних кореспонденцій поїздок пасажирів. Кількість працюючих, які їдуть до підприємств з одного району, в основному не перевищує 10 чоловік. Число підприємств, де кількість виїжджаючих з одного району перевищує 10 чоловік, незначне. У випадку, якщо загальна чисельність працюючих на підприємстві невелика, ці кореспонденції поїздок пасажирів несуттєво впливають на величину пасажиропотоків у транспортних зв'язках, що безпосередньо підходять до транспортного району, де розташоване підприємство.

Однак якщо загальна кількість працюючих на підприємстві велика, при русі по транспортних зв'язках, далеких від підприємств, кореспонденції поїздок пасажирів несуттєво впливають на величину пасажиропотоку. При наближенні до підприємства одиничні кореспонденції поїздок сумуються і вже істотно впливають на величину пасажиропотоку в елементарні проміжки часу, що безпосередньо передують початку роботи підприємства і, як наслідок, на значення коефіцієнта нерівномірності пасажиропотоків.

Коефіцієнти нерівномірності пасажиропотоків на ділянках транспортної мережі коливаються від 0,01 до 8,32 (рис. 8.1).

На рис. 8.1 подана зміна коефіцієнта нерівномірності пасажиропотоків на транспортному зв'язку, що прилягає до групи заводів, які починають роботу в основному близько 7 години ранку. Пасажиропотоки до таких підприємств складають більше 50% загального пасажиропотоку на цьому зв'язку за весь піковий період, тому ніякими змінами часу початку роботи інших підприємств неможливо змінити вплив великих підприємств на нерівномірність пасажиропотоку. У результаті цього спостерігається істотний піковий період у значеннях середньозваженого коефіцієнта нерівномірності пасажиропотоків у період з 6 години 45 хв. до 7 години 15 хв. і в інші періоди доби. У цілому ж по місту у всіх транспортних зв'язках можна виділити 3-4 значення елементарного інтервалу часу, для яких k_H велике, а в інший час незначне.

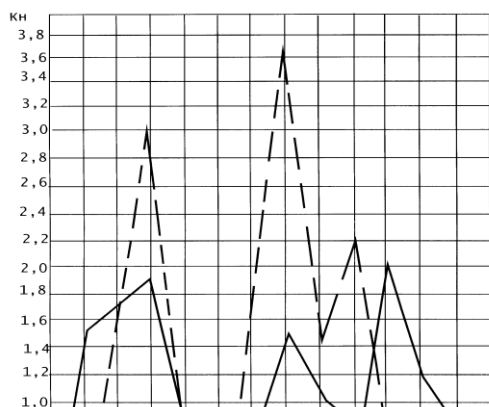


Рис. 8.1 – Графік виміру коефіцієнтів нерівномірності пасажиропотоків протягом ранкового пікового періоду в одній з ділянок проспекту Гагаріна у м. Харкові:

----- — до проведення розосередження часу початку роботи підприємств;

_____ – після проведення розосередження часу початку роботи підприємств

Після аналізу результатів розрахунку було проведено розосередження часу початку роботи підприємств і організацій, проте через технологічні причини було неможливо варіювати час початку роботи в широких межах. У результаті проведення розосередження вдалося знизити пікові навантаження на ділянках вулично-дорожньої мережі; коефіцієнт нерівномірності пасажиропотоків у цілому по місту зменшився до 2,09, а відхилення k_H від одиниці за піковий період скоротилося до 1,34. Подальшою зміною часу початку роботи підприємств і організацій зниження коефіцієнта нерівномірності пасажиропотоків досягти не вдалося.

Прийнятий критерій мінімізації нерівномірності потоків пасажирів у транспортних зв'язках дозволяє скласти задовільні для сучасних вимог алгоритми до програми щодо вирішення задачі розосередження часу початку роботи підприємств і організацій в місті.

Удосконалення часу початку роботи підприємств і організацій, засноване на аналізі існуючих пасажиропотоків і коефіцієнтів нерівномірності пасажиропотоків, дозволить істотно знизити пікові навантаження на ділянках вулично-дорожньої мережі, зменшити коефіцієнт заповнення салонів транспортних засобів під час перевезення пасажирів і, отже, поліпшити якість обслуговування пасажирів.

Подальше удосконалення технології перевезень пасажирів у ранковий піковий період після розосередження часу початку роботи підприємств і організацій у містах можна здійснювати шляхом складання гнучкого розкладу руху транспортних засобів зі збільшенням інтенсивності їхнього руху в ті періоди і на тих транспортних зв'язках, для яких коефіцієнт нерівномірності пасажиропотоків більше одиниці.

8.3. Складання диференційованого розкладу руху транспортних засобів на маршруті

Описані вище нерівномірності потоків пасажирів на маршрутах МПТ дозволяють організувати такий рух транспортних засобів, при якому їхня щільність на маршруті пропорційна потокам на його ланках. На кожній ланці маршруту потоки пасажирів і кількість транспортних засобів A зв'язані залежністю

$$F_{cp\,ninj} k_{nninj}, \Delta T_z = (Aq)_{ninj}, \Delta T_z. \quad (8.12)$$

Складаючи розклад, необхідно досягти того, щоб у кожні ΔT_z на будь-якій ланці кількість транспортних засобів відповідало залежності (8.12). Для цього можливо для кожного ΔT_z на будь-якій ланці визначити час виходу $\tau_{вк}$ усіх транспортних засобів з кінцевого пункту, при якому вони проїдуть відповідну ділянку nin_j у момент часу ΔT_z :

$$\tau_{вкAN} = \tau_{вниAN} - \frac{l_{kni}}{V_c}, \quad (8.13)$$

де $\tau_{вкAN}$ - час виїзду AN -го транспортного засобу з ni пункту;
 l_{kni} - відстань від кінцевого пункту до початку ланки ni ;
 V_c - швидкості повідомлення.

Час виїзду першого транспортного засобу ($TЗ_{вни1}$) збігається з часом початку ΔT_z інтервалу $t_{n,\Delta T_z}$

$$\tau_{вни1} = t_{n,\Delta T_z}. \quad (8.14)$$

Для наступних транспортних засобів

$$\tau_{вниAN} = \tau_{вни(AN-1)} + I, \quad (8.15)$$

$$\text{де } I = \frac{\Delta T}{A}.$$

Після визначення часу виїзду транспортного засобу (ТЗ) з кінцевого пункту для всіх ділянок nin_j кожного ΔT_z має місце інформація, що дозволяє виявити, з урахуванням часу обороту, розклад руху ТЗ по маршруту.

Для маршруту з параметрами $l_{об} = 18\text{км}$, $V_e = 20,8\text{км/год}$, $q_n = 80$ (табл. 8.2) розклад руху робимо за описаною вище методикою, визначивши час відправлення ТЗ з кінцевого пункту в напрямку освоєння потоків пасажирів (табл. 8.3).

Таблиця 8.2 – Вихідні дані для складання розкладу руху

Ділянки маршруту (пе-	Довжина, км	Середній пасажиропотік в	Час початку інтервалу ΔT_z	Коефіцієнт нерівномірності k_H
-----------------------	-------------	--------------------------	------------------------------------	----------------------------------

регион)		$\Delta T_z = 15xв.$		
1-2	1,5	83	6,00	1,7
			6,15	0,98
			6,30	0,64
			6,45	0,28
			7,00	1,62
			7,15	1,08
			7,30	0,72
			7,45	0,59
			8,00	1,29
			8,15	0,57
			8,30	3,78
			8,45	0,27
			9,00	0,42
			9,15	0,08
2-3	2,3	85	6,00	1,37
			6,15	1,12
			6,30	0,77
			6,45	0,32
			7,00	1,04
			7,15	1,27
			7,30	2,18
			7,45	0,50
			8,00	1,74
			8,15	0,77
			8,30	1,80
			8,45	0,66
			9,00	0,41
			9,15	0,03
3-4	1,8	220	6,00	0,98
			6,15	0,01
			6,30	0,91
			6,45	1,81
			7,00	1,18
			7,15	1,21
			7,30	2,24
			7,45	1,40
			8,00	0,98
			8,15	0,85
			8,30	0,06
			8,45	0,93
			9,00	0,03
			4-5	1,2
6,15	0,01			
6,30	0,78			
6,45	2,33			
7,00	1,52			
7,15	1,67			
7,30	2,17			
7,45	1,16			
8,00	1,14			

			8,15	1,03
			8,30	0,38
			8,45	1,24
			9,00	0,02
			9,15	2,48
5-6	2,2	167	6,00	0,7
			6,15	2,24
			6,30	1,57
			6,45	1,86
			7,00	0,38
			7,15	1,94
			7,30	0,08
			7,45	0,68
			8,00	2,35
			8,15	0,54
			8,30	0,56
			8,45	0,02
			9,00	0,06

Таблиця 8.3 – Вихідні дані для складання розкладу руху

Номер відправки	Час відправки з кінцевого пункту год., хв.
1	5,49
2	5,54
3	5,58
4	6,02
5	6,06
6	6,10
7	6,16
8	6,21
9	6,25
10	6,29
11	6,32
12	6,35
13	6,38
14	6,41
15	6,45
16	6,49
17	6,53
18	6,57
19	7,01
20	7,06
21	7,11
22	7,16

23	7,20
24	7,24
25	7,27
26	7,30
27	7,33
28	7,36
29	7,42
30	7,49
31	7,54
32	8,00
33	8,10
34	8,25
35	8,40
36	8,55
37	9,10

З урахуванням часу обороту отримано наступний розклад руху транспортних засобів (табл. 8.4).

Таблиця 8.4 – Розклад руху транспортних засобів

Номер випуску	Час відправки з кінцевого пункту, год., хв., без приведення до чіткої величини часу обороту
1	5,49; 6,45; 7,42; 8,40
2	5,54; 6,49
3	5,58; 6,53; 7,49; 8,55
4	6,02; 6,57; 7,54
5	6,06; 7,01; 8,00
6	6,10; 7,06
7	6,16; 7,11; 8,10; 9,10
8	6,21; 7,16
9	6,25; 7,20
10	6,29; 7,24
11	6,32; 7,27; 8,25
12	6,35; 7,30
13	6,38; 7,33
14	6,41; 7,36

Для визначення доцільності застосування диференційованого розкладу було проведено його порівняння з розрахованим за описаною раніше методикою, що забезпечує рівноінтервальний рух ТЗ. Для даного умовного маршруту було розраховано графоаналітичним методом розклад руху ТЗ при відправленні ТЗ з кінцевого пункту (табл. 8.5).

Таблиця 8.5 – Розклад руху ТЗ при відправленні з кінцевого пункту

Номер відправки	Час відправки з кінцевого пункту год., хв.
1	5,40
2	5,49
3	5,58
4	6,07
5	6,16
6	6,25
7	6,35
8	6,39
9	6,43
10	6,47
11	6,51
12	6,55
13	6,59
14	7,03
15	7,07
16	7,11
17	7,15
18	7,19
19	7,23
20	7,27
21	7,30
22	7,34
23	7,38
24	7,42
25	7,46
26	7,50
27	7,55
28	8,00
29	8,05
30	8,10
31	8,15
32	8,20
33	8,25
34	8,36
35	8,47
36	8,58
37	9,09

З урахуванням часу обороту отримано наступний розклад руху ТЗ (табл. 8.6).

Таблиця 8.6 – Час відправки з кінцевого пункту без приведення до чіткої величини часу обороту

Номер випуску	Час відправки з кінцевого пункту, год., хв.,
---------------	--

	без приведення до чіткої величини часу обороту
1	5,40; 6,35; 7,30; 8,25
2	5,49; 6,47; 7,42
3	5,58; 6,55; 7,50
4	6,07; 7,03; 8,00; 8,58
5	6,16; 7,15; 8,10; 9,09
6	6,25; 7,27; 8,20
7	6,39; 7,34
8	6,43; 7,46; 8,47
9	6,51; 7,46; 8,47
10	6,59; 7,55
11	7,07
12	7,11; 8,05
13	7,19; 8,15
14	7,23

За кількістю потрібних ТЗ для перевезення пасажирів обидва варіанти рівноцінні. Час очікування пасажирів $T_{ож}$ на маршруті визначається за наступною залежністю:

$$T_{ож} = \sum_{\Delta T_z=1}^N \sum_{j=1}^k \left[(Q_{j,\Delta T} \frac{I_{j,\Delta T_z}}{2}) + (Q_{отк,\Delta T_z} I_{j,\Delta T_z}) \right], \quad (8.16)$$

де $Q_{j,\Delta T_z}$ - кількість пасажирів, які прямують по ділянці маршруту, що починається з j -го пункту;

$I_{j,\Delta T_z}$ - інтервал руху ТЗ на ділянці маршруту, що починається з j -го пункту, у ΔT_z інтервал часу;

k - кількість пунктів на маршруті;

N - кількість інтервалів часу ΔT_z ;

$Q_{отк,\Delta T_z}$ - кількість пасажирів, які одержали відмову в поїзді на j -му пункті маршруту в ΔT_z інтервал часу.

У результаті розрахунку за залежністю (8.16) час очікування на маршруті при русі ТЗ за твердим розкладом склав 43749 хв., за диференційованим – 35122 хв. Це обумовлено тим, що при диференційованому розкладі, коли провізні можливості на кожній ділянці маршруту в кожний інтервал часу ΔT_z і потреби в перевезенні пропорційні, менш ймовірна відмова в поїзді. При рівноінтервальному розкладі в деякі інтервали часу ΔT_z , з пасажиропотоками значної

величини на маршруті провізні можливості недостатні для перевезення всіх пасажирів і спостерігається відмова в поїзді. Частина пасажирів змушена залишитися на зупинці й очікувати наступний ТЗ.

Розділ 9

**ІМОВІРНІСНЕ МОДЕЛЮВАННЯ
ПЕРЕРОЗПОДІЛУ
ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ ЗА
МАРШРУТАМИ МПТ**



Розділ 9

ІМОВІРНІСНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ПЕРЕРОЗПОДІЛУ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ ЗА МАРШРУТАМИ МІСЬКОГО ПАСАЖИРСЬКОГО ТРАНСПОРТУ

Найважливішою умовою інтенсифікації використання транспортних засобів і підвищення якості роботи автомобільного транспорту є раціональний розподіл транспортних засобів за маршрутами. Без цього важко домогтися істотної економії фінансових, трудових, матеріальних і паливно-енергетичних ресурсів [25].

Основним методом визначення кількості транспортних засобів на маршрутах міста при визначеній кількості транспортних одиниць є метод вибору їхньої кількості, виходячи з умови рівної ймовірності відмови пасажирів у поїзді на всіх маршрутах. Це було запропоновано НПАТ [54] і засноване на імовірнісних методах, що враховують випадковий характер прибуття пасажирів і автобусів на зупинки. Унаслідок такого характеру підходу пасажирів до зупинок завжди існує імовірність того, що деякі пасажирів одержать відмову в посадці внаслідок переповнення транспортного засобу. Критерієм оптимізації при розподілі автобусів по маршрутах у методиці НПАТа приймається рівність імовірностей відмови в поїзді пасажирів в автобусі на кожному маршруті.

Під поняттям імовірності відмови пасажирів у поїзді $P_{отк}$ розуміється частка пасажирів, які не ввійшли в автобус через його переповнення від загального числа пасажирів, які підійшли [46], яку можна визначити в такий спосіб:

$$P_{отк} = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_2}, \quad (9.1)$$

де Q_1 - кількість пасажирів, які бажають скористатися транспортним засобом;

Q_2 - кількість пасажирів, які скористалися транспортним засобом.

Домогтися абсолютної рівності відмов у поїзді на всіх маршрутах неможливо у зв'язку з тим, що число автобусів є величина дискретна і, отже, пропонується варіювання числом автобусів таким чином, щоб максимально наблизити імовірності відмовлення в поїзді на маршрутах один одному:

$$\sum_{i=1}^n |P_{отки}(A_i) - P_{отк.ср}| \rightarrow \min, \quad (9.2)$$

де A_i - кількість автобусів, що працюють на i -му маршруті;

$P_{отк}(A_i)$ - імовірність відмовлення в посадці пасажирів на маршруті при кількості автобусів рівному A_i ;

$P_{отк.ср}$ - середня імовірність відмовлення в посадці по всіх маршрутах.

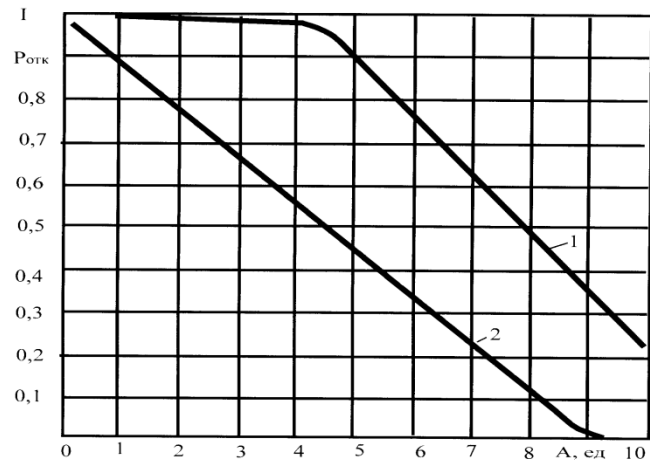
$$P_{отк.ср} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n P_{отки}(A_i), \quad (9.3)$$

де n - кількість маршрутів при

$$\sum_{i=1}^n A_i = A_{\text{з}}. \quad (9.4)$$

У зв'язку з комбінаторною природою даної задачі пропонуємо графічний метод вирішення. Він полягає в побудові залежностей $P_{отки} = f(A_i)$ для всіх маршрутів і потім графічно в кілька ітерацій визначення такого рівня імовірності, при якому забезпечується розподіл за маршрутами всіх автобусів (рис. 9.1). Однак не завжди доцільно домагатися рівності імовірностей відмови пасажирів у поїзді на всіх маршрутах.

Рис. 9.1 - Графік зміни імовірності відмовлення пасажиром у поїзді на зупинці від кількості транспортних одиниць, що працюють на маршруті: 1 - розрахований за залежністю (9.9); 2 - розрахований за залежністю (9.1)



У зв'язку з різною кривизною залежностей $P_{откi} = f(A_i)$ (рис. 9.1) зміна імовірності відмовлення на всіх маршрутах на величину $\Delta P_{отк}$ приведе до різного збільшення кількості автобусів на цих маршрутах: $\Delta A_1 \neq \Delta A_2 \neq \Delta A_3$. Ця зміна кількості транспортних засобів приведе до зміни інтервалів руху. У зв'язку з розвиненістю маршрутної мережі і дублюванням маршрутів перед пасажирами майже завжди стоїть вибір шляху пересування, тобто яким маршрутом скористатися. Вибір пасажирами маршруту пасажирського транспорту для пересування залежить від багатьох факторів. Одним з них є час сполучення:

$$t_c = t_{подх} + t_{ож} + t_n + t_{отх}, \quad (9.5)$$

де $t_{подх}$ - час підходу до зупинки;

$t_{ож}$ - час очікування транспортного засобу;

t_n - час поїздки, включаючи пересадку;

$t_{отх}$ - час відходу від зупинки до місця призначення.

Зміна інтервалів руху транспортних одиниць на маршрутах і імовірності відмовлення пасажиром у поїзді призведе до зміни часу очікування пасажирами транспортних засобів, тому що час очікування можна визначити в такий спосіб [28]:

$$t_{ож} = \frac{I}{2} + \frac{\sigma^2}{2I} + P_{отк} I, \quad (9.6)$$

де $t_{ож}$ - середні витрати часу одного пасажиром на очікування транспортного засобу, хв.;

I - середній інтервал руху транспортних засобів, хв.;

σ - кількісна оцінка нерегулярності руху автобусів (середнє квадратичне відхилення фактичного інтервалу руху від заданого).

Зміна часу очікування приведе до зміни часу сполучення, що, у свою чергу, приведе до перерозподілу пасажиропотоків між маршрутами міського пасажирського транспорту і зміні форми залежності $P_{omki} = f(A_i)$. У зв'язку з цим необхідно в такий спосіб варіювати кількістю транспортних засобів на маршрутах, щоб виключити вплив суб'єктивного фактора – оцінки пасажирами маршрутів. Для цього доцільно варіювати кількістю транспортних засобів на ділянці осі абсцис (рис. 8.1), де кривизна всіх залежностей $P_{omki} = f(A_i)$ приблизно однакова.

Крім того, не всі маршрути міського пасажирського транспорту рівноцінні за кількістю перевезених пасажирів. Вирівнювання імовірності відмовлення пасажирам у поїзді на різних маршрутах може привести до того, що на маршруті, який освоює великі пасажиропотоки, сумарний час очікування збільшиться на більшу величину, ніж зменшиться на маршруті, який перевозить меншу кількість пасажирів. Тому при перерозподілі транспортних засобів необхідно враховувати обсяги перевезень на маршрутах.

У зв'язку з вищевикладеним можна зробити висновок, що при перерозподілі транспортних засобів за маршрутами міського пасажирського транспорту необхідно мінімізувати сумарний час очікування транспортних засобів у місті, тобто цільова функція має вигляд:

$$T_{ож} = \sum_{m=1}^M \sum_{i=1}^N \left(\frac{I_i}{2} + \frac{\sigma^2}{2I_i} + P_{omki} I_i \right) Q_i \rightarrow \min, \quad (9.7)$$

де $T_{ож}$ - сумарний час очікування транспортних засобів у місті; хв;

I_i - інтервал прибуття транспортних засобів до i -ї зупинки;

P_{omki} - імовірність відмовлення пасажирам у поїзді на i -й зупинці;

Q_i - кількість пасажирів, що очікують транспортний засіб на i -й зупинці;

N - кількість зупинок на маршруті;

M - кількість маршрутів у місті.

Для вирішення поставленого завдання – мінімізації сумарного часу очікування в місті – необхідно для кожної зупинки визначити імовірність відмовлення пасажирам у поїзді P_{omki} , інтервал прибуття транспортних засобів до зупинки I_i і кількість пасажирів, які очікують транспортний засіб на цій зупинці Q_i .

Розглянемо шляхи визначення цих невідомих параметрів. У роботі [55] міська мережа пасажирського транспорту подається у вигляді складної системи мереж, що містить певну кількість замкнутих контурів. Кожен фрагмент транспортної мережі складається з декількох маршрутів, що можуть обслуговуватися

різними видами транспорту. Рух транспортної одиниці по маршруту розглядається як процес, не залежний від водія і залежний від багатьох зовнішніх факторів: затримки на світлофорах і перехрестях, затримки на зупинках і т.д., багато з яких самі мають випадкову природу, тобто розглядається як випадковий процес. Передбачається, що надходження транспортної одиниці на зупинку відбувається за законом Пуассона. Підхід пасажирів до зупинки розглядається теж як випадковий процес, що описується аналогічним законом. На підставі цих припущень зупинка на маршруті розглядається як елемент системи масового обслуговування й імовірність відмовлення на зупинці P_{omki} при рівноімовірному обслуговуванні представляється у вигляді наступної залежності:

$$P_{omki} = \sum_{v=0}^n P_{iv} \sum_{k=1}^{R=v} P_{ik} + v \left(1 - \frac{v}{k+v} \right), \quad (9.8)$$

де P_{iv} - імовірність звільнення на i -й зупинці v пасажиромісць;

n - максимально припустима місткість транспортної одиниці;

R - максимально можлива кількість пасажирів, що очікують транспортний засіб на зупинці;

P_{ik} - імовірність того, що на зупинці знаходиться k - пасажирів.

Однак прибуття транспортних засобів на зупинку може бути описано законом Пуассона тільки в тому випадку, якщо транспортні засоби пересуваються по маршруту без розкладу [56]. Сьогодні ж час руху транспортних засобів здійснюється відповідно до розкладу. Крім цього, пропонується [46] наступний підхід для визначення P_{omki} . Переповнення автобуса буде виникати кожен раз, коли кількість пасажирів, які користуються даним перегоном за інтервал руху автобуса, перевищить пасажиромісткість автобуса.

Імовірність відмови в поїзді на i -й зупинці маршруту пропонується визначати так:

$$P_{omki} = 1 - \sum_{\mu=0}^{\omega} \left(\left(\frac{T_{об} \lambda_i}{A} \right)^{\mu} \frac{1}{\mu!} \right) e^{-(T_{об} \lambda_i A^{-1})} \approx \frac{1}{2\sqrt{\pi}} \int_{x_i}^{\infty} e^{-\left(\frac{y_i^2}{2}\right)} dy_i, \quad (9.9)$$

де μ - параметр закону Пуассона;

λ_i - інтенсивність пасажиропотоку на перегоні маршруту, що починається від i -ої зупинки, пас/хв.;

$$x_i = \frac{(\omega + 0,5 - T_{об} \lambda_i A^{-1})}{\sqrt{T_{об} \lambda_i A^{-1}}}, \quad (9.10)$$

де x_i - змінна інтегрування;
 ω - місткість автобуса, пас.;
 $T_{об}$ - час оборотного рейсу на маршруті, хв.;
 A - кількість автобусів на маршруті.

Однак формула (9.9) не дає можливість врахувати за рахунок чого $P_{отк}$ для різних зупинок виявилися рівними. Дійсно,

$$P_{отки} = \sum_{\mu=\omega+1}^{\infty} ((T_{об} \lambda_i A^{-1})^{\mu} \frac{1}{\mu!}) e^{-(T_{об} \lambda_i A^{-1})}, \quad (9.11)$$

де кожен член ряду являє собою імовірність того, що на i -ю зупинку за час I (плановий інтервал руху автобуса) прибуде μ пасажирів. У випадку $P_{отки} = P_{отkj}$, $i \neq j$ може виявитися, що для i -ї зупинки основний внесок у $P_{отки}$ вносять, наприклад, члени ряду $\mu = \omega + 1$, $\mu = \omega + 2$, $\mu = \omega + 3$, а для j -ї зупинки – $\mu = \omega + 10$, $\omega + 11$, $\omega + 12$. Останнє означає, що середнє число пасажирів, яким на зупинці відмовлено в поїзді, буде для цих зупинок різне. Більше того, частка таких пасажирів у загальному їхньому числі може виявитися різною для i -ї і j -ї зупинки.

Крім того, в теорії масового обслуговування імовірність відмовлення характеризує відношення кількості втрачених вимог за якийсь час до числа усіх вимог, що надійшли за цей час.

У залежності (9.9) величина λ_i містить в собі пасажирів, які підійшли до зупинки пішки і які прибули на зупинку в транспортному засобі. Передбачається, що обидві складові λ_i можна описати законом Пуассона. Однак прибуття пасажирів на зупинку в транспортному засобі відповідає закону прибуття транспортних засобів на зупинку.

Як було показано вище, прибуття транспортних засобів на зупинку не може бути описано законом Пуассона.

Для розрахунку імовірності відмовлення пасажирів у поїзді за залежністю (9.9) була розглянута умовна зупинка на маршруті при $\lambda_i = 10 \text{ пас} / \text{хв.}$; $T_{об} = 60 \text{ хв.}$ За результатами розрахунку побудований графік зміни імовірності відмовлення пасажирів у поїзді на цій зупинці від кількості одиниць транспортних засобів на маршруті (рис. 9.1). Для порівняння на рис. 9.1 наведений графік зміни імовірності відмовлення на цій же зупинці, розрахований за залежністю (9.1). Характер зміни кривої 1 не відповідає характеру зміни кривої 2.

Для визначення імовірності відмовлення пасажирів у поїзді введемо повну систему подій. $H_k = \{M = K\}$ - кількість пасажирів, що підійшли, на

i -у зупинку за час I дорівнює K , $K = 0, 1, 2, 3, \dots, M$; $H_{M+1} = \{n_1 \geq M + 1\}$. Постійна M визначається з умови $P(H_{M+1}) = \varepsilon$. Це означає, що за даний проміжок часу на i -у зупинку не може підійти більше, ніж M пасажирів.

Оскільки що потік пасажирів, які надходять на i -у зупинку є пуассоновським з параметром λ_i , то

$$P_{(H_K)} = \frac{T_{об} \lambda_i}{AK!} e^{-(T_{об} \lambda_i A^{-1})}. \quad (9.12)$$

Якщо на зупинку надійшло рівно K пасажирів і в автобусі є ω_i вільних місць, то імовірність відмовлення при цій умові:

$$P_{отк, i / H_k} = \frac{K - \omega_i}{K}, K > \omega_i; \quad (9.13)$$

$$P_{отк, i / H_k} = 0, K \leq \omega_i$$

З огляду на співвідношення (9.12) і (9.13), за формулою повної імовірності знаходимо

$$P_{отки} = \sum_{K=\omega_i+1}^M P_{отк, i / H_k} P_{(H_K)} = \sum_{K=\omega_i+1}^M \frac{(T_{об} \lambda_i)^k}{AK!} e^{-(T_{об} \lambda_i A^{-1})} \frac{k - \omega_i}{K}. \quad (9.14)$$

Кілька зауважень щодо формули (9.14). По-перше, ми одержали її в припущенні, що інтервал руху є постійним. Фактичний режим руху автобусів по маршруту залежить від багатьох факторів і підданий певним відхиленням від заданого розкладу. Істотний вплив при цьому роблять випадкові фактори, такі як: інтенсивність і характер транспортного потоку, коливання пасажиропотоку, метеорологічні і дорожні умови й інші. Тому необхідно врахувати при визначенні $P_{отки}$ закономірності розподілу випадкових величин, фактичних відхилень моментів прибуття автобусів на i -у зупинку. По-друге, наявність вільних місць ω_i в автобусі, що прибув на i -у зупинку, також є випадковою величиною. Закон розподілу ω_i може бути встановлений шляхом обстеження відповідних пасажиропотоків. Випадкова величина, фактичне відхилення моментів прибуття автобусів на i -у зупинку, розподілена за нормальним законом з математичним сподіванням $a = 0$. Отже інтервал руху I , як випадкова величина, також буде розподілений за нормальним законом з математичним очікуванням $a = T_{об} / A = I_{ср}$. Середнє квадратичне відхилення σ визначаємо з наступного

допущення: $0 \leq I \leq 2I_{cp}$. Фізичний зміст цього обмеження полягає в тому, що автобуси в своєму пересуванні по маршруту не обганяють один одного. При $I = 0$ і $I = 2I_{cp}$ автобус доганяє на i -й зупинці свого попередника чи його доганяє наступний за ним автобус, відповідно. Таким чином, щільність розподілу імовірності для випадкової величини I має вигляд:

$$f(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\delta} e^{-\frac{(x-n)^2}{2\sigma^2}}. \quad (9.15)$$

Перепишемо співвідношення (9.14) з урахуванням того, що в цьому випадку $I = T_{об} / A = I_{cp}$:

$$P_{отк,i} = \sum_{K=\omega_i+1}^M \frac{(I\lambda_i)^K}{K!} e^{-\lambda_i I} \frac{K - \omega_i}{K}. \quad (9.16)$$

Як бачимо, $P_{отк,i}$ є функцією від I . Ця залежність стає несуттєвою, якщо межі зміни для I незначні. Тому розіб'ємо відрізок $[0 \div 2I_{cp}]$ на n рівних частин (n - парне число), вважаючи, що на кожному з відрізків величина I постійна:

$$I_1 = \frac{2I_{cp}}{n}, I_2 = \frac{4I_{cp}}{n}, \dots, I_{n-1} = \frac{(2n-2)I_{cp}}{n}, I_n = 2I_{cp}.$$

Як і при отриманні формули (8.14), введемо повну систему подій: H_1, \dots, H_n :

$$H_z = \left\{ \frac{2(z-1)I_{cp}}{n} \leq I < \frac{2zI_{cp}}{n} \right\}.$$

Згідно з (9.15) отримуємо:

$$P(H_z) \approx \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} e^{-\frac{(I_z - I_{cp})^2}{2\sigma^2}} \frac{2I_{cp}}{n}, \quad (9.17)$$

де точність обчислення регулюється підбором n .

Для системи подій $\{H_z\}_{z=1}^n$ обчислимо імовірність відмови $P_{отк,i}$ за формулою повної імовірності:

$$P_{отк,i} = \sum_{z=1}^n P_{откz} / H_z P(H_z). \quad (9.18)$$

Оскільки для обчислення $P_{отк,i} / H_z$ можна використовувати співвідношення (9.16) з $I = I_i$

$$P_{отк,i} = \sum_{K=\omega_i+1}^M \frac{(I_i \lambda_i)^K}{K!} e^{-\lambda_i I_i} \frac{K - \omega_i}{K} \quad (9.19)$$

Підставляючи (9.17) і (9.19) у (9.18), отримуємо

$$P_{отк,i} = \sum_{z=1}^n \left(\sum_{K=\omega_i+1}^M \frac{(\lambda_i I_i)^K}{K!} e^{-\lambda_i I_i} \frac{K - \omega_i}{K} \right) \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma}} e^{-\frac{(I_z - I_{cp})^2}{2\sigma^2}} \frac{2I_{cp}}{n}. \quad (9.20)$$

Для зручності обчислень $P_{отк,i}$ проведемо перетворення формули (9.20). Позначимо через $n = 2I_{cp} / \sigma$, $\Delta I_i = I_i - I_{cp}$. Тоді I змінюється від $-I_{cp}$ до I_{cp} із кроком T . Остаточно маємо:

$$P_{отк,i} = \sum_{\Delta I_i = -I_{cp}}^{I_{cp}} \left(\sum_{K=\omega_i+1}^M \frac{\lambda_i (I_{cp} + \Delta I_z)^K}{K!} e^{-\lambda_i (I_{cp} + \Delta I_z)} \frac{K - \omega_i}{K} \right) \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma}} e^{-\frac{I_z^2}{2\sigma^2} T}. \quad (9.21)$$

Ця залежність дозволяє визначити імовірність відмови пасажирів у поїзді на зупинці з урахуванням випадкового характеру прибуття пасажирів і транспортних засобів на зупинку. Для оцінки вірогідності визначення функції імовірності відмовлення за залежністю (9.21) була розглянута аналогічна умовна зупинка, що і для розрахунку за залежностями (9.1) і (9.9). За результатами розрахунку побудовано графік залежності (рис. 9.2). Характер зміни кривої на рис. 9.2 відповідає фізичному змісту імовірності відмови, але більш точно, ніж крива 2 (рис. 9.1) згідно з математичним визначенням імовірності як категорії, що припускає і більш точне встановлення значення величини імовірності відмови пасажирів у поїзді.

Запропонована залежність (9.21) для визначення імовірності відмови пасажиром у поїзді на i -й зупинці дозволяє визначити імовірність відмови в цілому на маршруті. Маршрут являє собою сукупність зупинок. На кожній зупинці пасажир підходить із визначеною інтенсивністю, здійснюється прибуття транспортних засобів. Відмова пасажиром у поїзді може виникнути на кожній зупинці маршруту, в результаті чого після відправлення автобуса можуть залишитися пасажирів, які не зуміли здійснити поїздки.

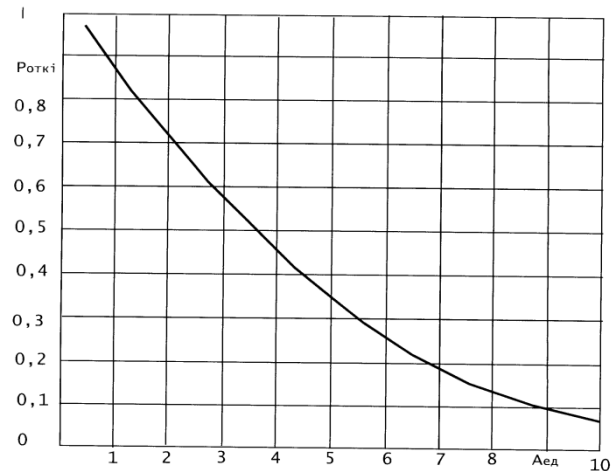


Рис. 9.2 – Графік зміни імовірності відмовлення пасажиром у поїзді на зупинці, розрахований за залежністю (9.19)

У зв'язку з цим доцільно відповідно до залежності (9.1) визначити імовірність відмови пасажиром у поїзді по маршруту $P_{отк.м}$ у такий спосіб:

$$P_{отк.м} = \frac{\sum_{i=1}^N (K_i - W_i)}{\sum_{i=1}^N K_i} . \quad (9.22)$$

де K_i - кількість пасажирів, які бажають скористатися транспортним засобом на i -й зупинці;

W_i - кількість пасажирів, які скористалися транспортним засобом на i -й зупинці.

Для визначення $P_{отк.м}$ необхідно для кожної зупинки визначити кількість пасажирів, які бажають скористатися транспортним засобом і кількість пасажирів, які скористалися транспортним засобом. Пасажири підходять на зупинку випадковим чином, але існує визначена інтенсивність підходу пасажирів до зупинки λ_i . Проміжок часу, в пліні якого пасажири будуть підходити на зупинку до кожного автобуса, можна визначити як різницю часу між відправленням попереднього автобуса і прибуттям наступного, тобто може бути визначений як $I_{cp} + \Delta I_i$.

У зв'язку з цим кількість пасажирів, які бажають скористатися транспортним засобом K_i може бути визначена так:

$$K_i = \lambda_i (I_{cp} + \Delta I_i) . \quad (9.23)$$

У результаті обмеженої місткості транспортної одиниці не всі пасажирів, які підійшли, будуть мати можливість здійснити поїздку. Кількість пасажирів, які не зуміли здійснити посадку, можна визначити за залежністю

$$Q_{omks} = K_i P_{omki}. \quad (9.24)$$

У зв'язку з цим кількість пасажирів, які скористалися транспортним засобом на i -й зупинці, можна визначити як:

$$W_i = K_i - Q_{omki}. \quad (9.25)$$

Величина імовірності відмови пасажирам у поїзді на i -й зупинці P_{omki} визначається за залежністю (9.21). Однак у цій залежності величина W_i - наявність вільних місць в автобусі – є величина змінна. На першу зупинку транспортний засіб підходить без пасажирів, тобто

$$W_i = q. \quad (9.26)$$

де q - місткість транспортного засобу. На наступних зупинках можна визначити за залежністю

$$W_i = q - Q_{nepi-1} - Q_{coui}, \quad (9.27)$$

де Q_{nepi-1} - кількість пасажирів, які були перевезені транспортною одиницею на $i-1$ перегоні;

Q_{coui} - кількість пасажирів, які зійшли на i -й зупинці.

Кількість пасажирів, які були перевезені транспортною одиницею на $i-1$ перегоні, визначається за формулою

$$Q_{nepi-1} = Q_{nepi-2} + Q_{coui-1} + Q_{voii-1}, \quad (9.28)$$

де Q_{nepi-2} - кількість пасажирів, які перевезені транспортним засобом на $i-2$ перегоні;

Q_{coui-1} - кількість пасажирів, які зійшли на $i-1$ зупинці;

Q_{voii-1} - кількість пасажирів, які ввійшли на i -й зупинці.

Підставляючи вираз (9.28) у залежність (9.27), отримуємо:

$$W_i = q - Q_{nepi-2} + Q_{coui-1} - Q_{voii-1} - Q_{coui}, \quad (9.29)$$

Розглянемо доданки даної залежності. Кількість пасажирів, які ввійшли на $i-1$ зупинці, можна визначити, ґрунтуючись на випадковому характері підходу пасажирів до зупинки і визначенні математичного очікування випадкової величини [57]. Введемо повну систему подій $H_K = \{M = K\}$ - кількість пасажирів, що підійшли, на $i-1$ зупинці за час I . $K = 0, 1, 2, 3, \dots, M$, $H_{M+1} = \{n_1 \geq M + 1\}$. Постійна M визначається з умови $P(H_{M+1}) = \varepsilon$. Це означає, що за даний проміжок часу на i -у зупинку не може підійти більше, ніж M пасажирів. Через те, що потік пасажирів, які надходять на $i-1$ зупинку, є пуассонівським з параметром λ_{i-1} , то

$$P(H_K) = \frac{(T_{об} \lambda_{i-1} A^{-1})^K}{K!} e^{-T_{об} \lambda_{i-1} A^{-1}}. \quad (9.30)$$

Якщо на зупинку надійшло рівно K пасажирів, то кількість пасажирів, які ввійшли в транспортний засіб за цієї умови:

$$\begin{cases} Q_{Вови-1} | H_K = K, K < W_{i-1} \\ Q_{Вови-1} | H_K = W_{i-1}, K \geq W_{i-1} \end{cases}. \quad (9.31)$$

З огляду на співвідношення (9.30), (9.31), згідно з визначенням математичного очікування випадкової величини маємо:

$$Q_{Вови-1} = \left[\begin{aligned} & \left(\sum_{K=1}^{W_{i-1}} \left(\frac{(T_{об} \lambda_{i-1} A^{-1})^K}{K!} e^{-T_{об} \lambda_{i-1} A^{-1}} \right) K \right) \\ & + \left(1 - \sum_{K=1}^{W_{i-1}} \left(\frac{(T_{об} \lambda_{i-1} A^{-1})^K}{K!} e^{-T_{об} \lambda_{i-1} A^{-1}} \right) W_{i-1} \right) \end{aligned} \right]. \quad (9.32)$$

Аналогічним чином, як і у випадку визначення імовірності відмови пасажирів у поїзді $P_{отки}$, при відхиленні середнього інтервалу руху транспортних засобів I_{cp} на величину ΔI_{cp} за формулою повної імовірності з урахуванням залежностей (9.15) і (9.32) отримуємо:

$$Q_{\text{вои}i-1} = \sum_{\Delta I_{\text{я}}=-I_{\text{cp}}}^{I_{\text{cp}}} \left(\sum_{K=1}^{W_{i-1}} \left(\frac{((I_{\text{cp}} + \Delta I_{i-1})\lambda_{i-1})^K}{K!} e^{-(I_{\text{cp}} + \Delta I_{i-1})\lambda_{i-1}} \right) \mu \right) +$$

$$+ \left(1 - \sum_{K=1}^{W_{i-1}} \left(\frac{((I_{\text{cp}} + \Delta I_{i-1})\lambda_{i-1})^K}{K!} e^{-(I_{\text{cp}} + \Delta I_{i-1})\lambda_{i-1}} \right) W_{i-1} \right) \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma}} e^{-\frac{(\Delta I_{i-1})^2}{2\sigma^2}} T \quad (9.33)$$

Дана залежність дозволяє визначити середню кількість пасажирів, які увійшли в транспортний засіб на зупинці. При виникненні відмовлення на якій-небудь i -й зупинці змінюється уся картина пасажиропотоків на наступних перегонах. У результаті цього зменшується кількість пасажирів, що були перевезені на наступних за i -ою зупинкою перегонах маршруту.

Перерозподіл пасажирів, яким було відмовлено в поїзді на i -й зупинці, може бути виконаний у такий спосіб: при виникненні відмови на i -й зупинці визначена кількість пасажирів не здійснить посадку в транспортний засіб. У результаті цього кількість пасажирів, що зійшли, на наступних зупинках зміниться. Коли припустити, що кількість незадоволених поїздок по зупинках зменшується пропорційно кількості кореспонденції з i -ї до $i+1$, $i+2$, $i+3$, ..., n зупинки, то

$$Q_{\text{couj}} = Q_{\text{omki}} + \frac{Q_{ij}}{\sum_{j=i+1}^n Q_{ij}}, \quad (9.34)$$

де Q_{couj} - змінена кількість пасажирів, які виходять на j -й зупинці;

Q_{omki} - кількість пасажирів, яким було відмовлено в поїзді на i -й зупинці;

Q_{ij} - кількість пасажирів, які бажають зробити поїздку з i -ої до j -ої зупинки.

Даний варіант перерозподілу кількості незадоволених поїздок може бути можливий при відомих кореспонденціях на маршруті. У разі, якщо дана інформація про маршрут відсутня, є можливість розрахувати матрицю кореспонденцій на маршруті, визначаючи кінцеву зупинку проходження пасажирів за мультиномінальним законом [43].

Таким чином, існує можливість починаючи з початкової зупинки, простежити шлях проходження автобуса і розрахувати залежність імовірності відмовлення пасажирів у поїзді на маршруті від кількості транспортних одиниць, що працюють на маршруті. Для цього була розроблена програма для персональної електронно-обчислювальної машини. Блок-схема програми подана на рис. 9.3. Вихідними даними для розрахунку є кількість зупинок на маршруті, максимальна кількість автобусів, які працюють на маршруті, місткість транспортної одиниці, матриця кореспонденцій на маршруті.

Для розрахунків було взято умовний маршрут, що складається із семи зупинок, $T_{об} = 60хв.$, $A = 10$, місткість транспортного засобу – 70. Матриця кореспонденції для цього маршруту наведена в табл. 9.1. За результатами розрахунку побудований графік залежності $P_{отк.м} = f(A)$ (рис. 9.4).

Таблиця 9.1 – Матриця кореспонденцій на маршруті

Номер зупинки відправки	Номер зупинки прибуття						
	1	2	3	4	5	6	7
1	-	30	5	10	5	5	5
2	-	-	2	3	4	3	8
3	-	-	-	7	5	5	10
4	-	-	-	-	2	1	7
5	-	-	-	-	-	5	15
6	-	-	-	-	-	-	25
7	-	-	-	-	-	-	-

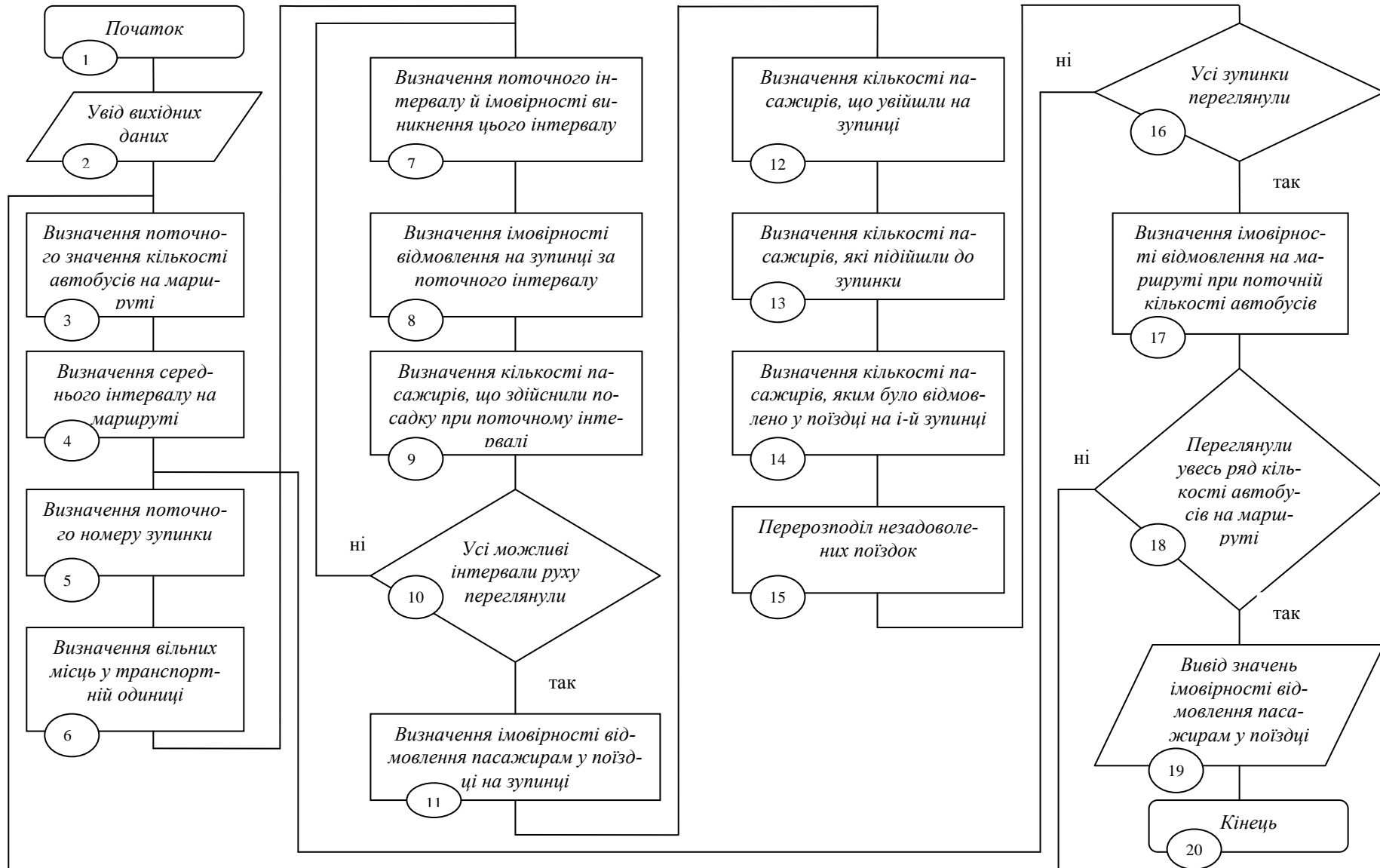


Рис. 9.3 – Алгоритм програми розрахунку залежності імовірності відмовлення пасажирів у поїзді від кількості рухомих одиниць, які працюють на маршруті

Запропонований спосіб визначення залежностей $P_{отк.м} = f(A)$ може бути використаний для перерозподілу транспортних засобів по маршрутах міського транспорту. Однак при розробці даного методу було прийнято припущення, що рух транспортних засобів на кожному перегоні маршруту здійснюється незалежно від того, яким чином транспортний засіб проїхав попередній перегін і простою на зупинці для висадки і посадки пасажирів. Таке припущення може мати місце в тому випадку, якщо на маршруті пасажирського транспорту здійснюється контроль руху транспортних засобів не тільки на кінцевих зупинках маршруту, але й на проміжних, і водії в змозі зміною

швидкості руху компенсувати істотне відхилення від розкладу руху. У дійсності ж на всіх маршрутах, включаючи і ті, котрі працюють в АСДУ, контроль за рухом транспортних засобів на маршруті здійснюється тільки на кінцевих пунктах маршруту. Тому будь-яке відхилення автобуса від розкладу на якому-небудь перегоні чи зупинці викликає ланцюгову реакцію на всіх наступних. Унаслідок цього необхідно розглядати весь маршрут у цілому. Для більшого розуміння процесу руху транспортних засобів на маршруті розглянемо функціонування автобусного маршруту.

Час відправлення з кінцевого пункту обумовлюється розкладом руху. Ніяка інша форма керування для більш точної відповідності розкладу не використовується. Час прибуття автобуса на яку-небудь кінцеву зупинку (час на проходження маршруту) визначається сумою часу проходження окремих його ділянок і моментом відправлення. Під час перевезення пасажирів з одного пункту в інший по маршруту відбувається накладення двох процесів: 1) процес руху між зупинками, пов'язаний з умовами дорожнього руху; 2) затримка на зупинках, пов'язана з підходом, висадкою і посадкою пасажирів.

Процес руху транспортних засобів між зупинками залежить від багатьох випадкових факторів, обумовлених дорожнім рухом:

- рух у режимі потоку, що враховує характеристики дорожньої обстановки: довжина перегонів між зупинками, світлофори, вузькі вулиці, перехрестя, залізничні переїзди, трамвайні зупинки і т.д.;
- вуличні "пробки", що включають стоянки транспортних засобів поза зупинками, викликані різними порушеннями руху.

Крім дорожніх умов на характер руху транспортних засобів впливають динамічні характеристики транспортних засобів і завантаження салону транс-

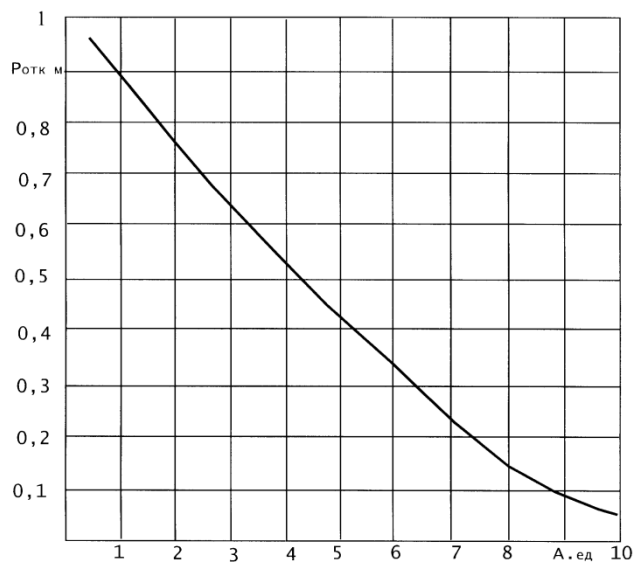


Рис. 9.4 – Графік залежності імовірності відмови пасажирів у поїздки на маршруті від кількості транспортних засобів

портних засобів. Причому завантаження салону може істотно впливати на процес руху і збільшувати відхилення від розкладу руху.

При прибутті транспортної одиниці на зупинку на ньому знаходиться визначене число пасажирів, які бажають здійснити посадку. Це число пасажирів обумовлюється інтенсивністю підходу пасажирів і часом між відправленням попереднього автобуса і прибуттям наступного.

При звичайному режимі роботи автобус може проходити без зупинки ті зупинки, де під час поїздки не виявляється пасажирів і на якій ніхто з пасажирів, які знаходяться в салоні, не виходить. Для тих зупинок, де відбувається посадка і висадка пасажирів, час стоянки автобусів на зупинці складається з наступних компонентів:

1. Час, що витрачається на процеси, пов'язані з посадкою і висадкою пасажирів, такі як відкриття і закриття дверей, втрати часу на гальмування автобуса перед зупинкою і прискорення після початку руху. Ця складова, як і процес руху, залежить від динамічної характеристики транспортних засобів, облаштованості зупинки, ступеня заповнення салону транспортних засобів і безпосередньо з процесом посадки і висадки не пов'язаний. У зв'язку з цим доцільно вважати початком процесу руху автобуса між зупинками момент відкриття дверей і закінчення – момент закриття дверей;

2. Час посадки і висадки, протягом якого пасажирів виходять з автобуса і входять в нього. Тривалість цього часу залежить від різного роду факторів: кількості і конструкції дверей в автобусі, часу року, наявності багажу в пасажирів.

Час посадки і висадки пасажирів на кожній зупинці може змінюватися для кожного автобуса. Це коливання може бути викликано двома причинами:

а) коливання, викликане тим, що автобуси, які по чергово зупиняються на деяких з попередніх зупинок і до досліджуваної зупинки транспортні одиниці підходять з різним інтервалом руху, в результаті чого кількість пасажирів, які підійшли, може бути різною;

б) коливання, викликане зміною інтенсивності підходу пасажирів до зупинки, коли навіть при однаковому інтервалі руху між автобусами на зупинку підходить різна кількість пішоходів.

У результаті впливу дорожніх умов і часу посадки й висадки пасажирів при русі автобусів на маршруті може відбуватися процес зменшення інтервалу між двома транспортними засобами двох суміжних рейсів, так званий процес здвоювання. Автобус, що запізнився, який перевозить більше пасажирів, ніж у середньому, змушений буде зупинитися для висадки і посадки в більшому числі пунктів. У такий спосіб автобус, що зупинився, змушений буде частіше ніж інші робити зупинки, а число пасажирів, які здійснюють посадку і висадку, також буде перевищувати середні значення. Наступний за ним автобус змушений буде зупинитися рідше, ніж середній, а число пасажирів, які здійснюють посадку і висадку, також буде нижче середнього значення.

Крім того, середні швидкості руху транспортних засобів, що рухаються з великим навантаженням, вище, ніж у не повністю завантажених, що пов'язано

з більш повільними процесами розгону і гальмування. Це також підсилює явище здвоювання, оскільки автобуси, що рухаються з відставанням від розкладу, як правило, завантажені більше.

Встановлено, що водії можуть компенсувати тенденцію до здвоювання шляхом регулювання швидкості руху. Регулювання швидкості може здійснюватися і з протилежною метою, оскільки здвоювання автобусів є для водіїв засобом випередження графіка, зниження навантаження автобуса.

Наведений вище опис причин виникнення явища здвоювання і його динаміки вказує на складність цього процесу. Ще більшою мірою ускладнює процес руху існування зворотних зв'язків. На рис. 9.5 [45] показані деякі з причин дисперсії тривалості проходження автобусом маршруту.

У результаті відхилення руху автобусів від розкладу істотно збільшується сумарний час очікування транспорту пасажирями. Це відбувається внаслідок того, що за більший проміжок часу на зупинку підійде більша кількість пасажирів, їхній час очікування буде збільшено, крім того, при цьому істотно збільшується імовірність відмови пасажирів у поїзді. Додатково до часу очікування у пасажирів збільшується час пересування, тому що зі збільшенням інтервалу руху завантаженість автобусів зростає, зменшується швидкість руху між зупинками, збільшується час простою на зупинках внаслідок зростання пасажирообміну. Зміна часу пересування, як було відзначено раніше, може привести до перерозподілу потоків пасажирів між маршрутами.

У зв'язку з вищевикладеним можна зробити висновок, що при визначенні імовірності відмови пасажирів у поїзді на маршруті пасажирського транспорту необхідно врахувати всю безліч факторів, що впливають на характер руху транспортних засобів, шляхом складання моделі маршруту. Раніше були розпочаті спроби створення математичних моделей маршруту [44], однак, усі математичні моделі мають обмежений характер, що випливає з того факту, що вони ґрунтуються на ідеалізованих умовах, аналітичні методи не дозволяють врахувати все розмаїття факторів, які впливають на динаміку процесу руху. Більш точні результати можуть бути отримані при розробці імітаційної моделі маршруту, яка б дозволила врахувати безліч факторів, що мають місце на маршруті, зворотні зв'язки між ними. Крім того імітаційна модель дозволить визначити порівняльну значущість окремих факторів. Це завдання є також досить складним у зв'язку з тим, що в даний час існує нескінченне число маршрутів, що відрізняються між собою кількістю зупинок, інтенсивністю входу і виходу пасажирів, довжиною маршрутів, довжиною перегонів та іншими факторами. Тому першим етапом при створенні імітаційної моделі є перехід від усього різноманіття до одного чи групи маршрутів, виявлення закономірностей руху транспортних засобів для кожного маршруту групи. Надалі необхідно від цілого маршруту перейти до окремого перегону. Оскільки кожен маршрут є сукупністю перегонів, то у разі адекватного опису руху транспорту по перегону маршруту з'являється можливість опису будь-якого маршруту пасажирського транспорту.

У випадку рішення даної задачі з'являється можливість визначення імовірності відмови на маршруті для вирішення задачі перерозподілу транспортних засобів по маршрутах міського пасажирського транспорту.

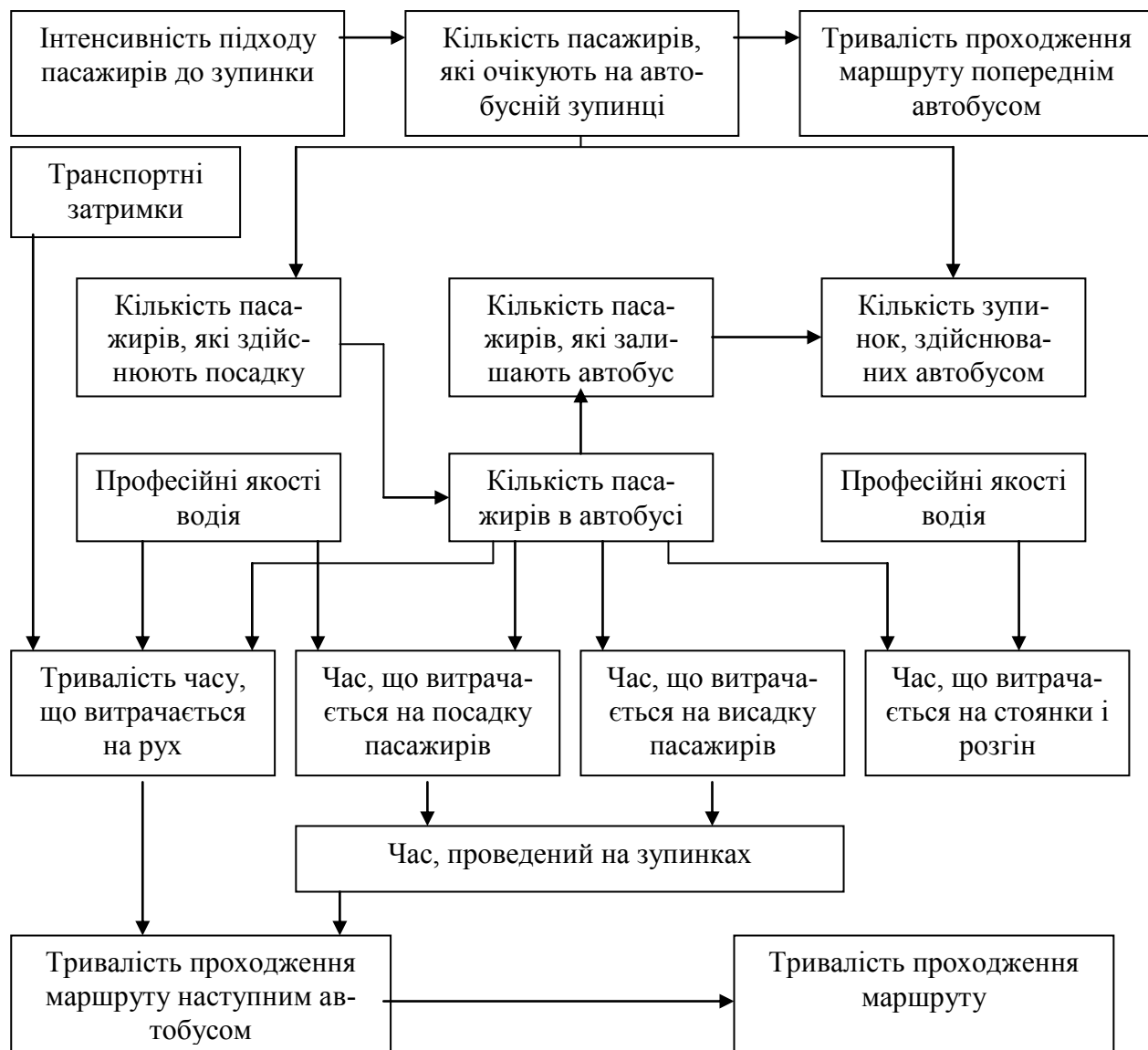


Рис. 9.5 – Схема взаємодії факторів, що впливають на тривалість проходження автобусом маршруту

**ШВИДКІСНИЙ
ПАСАЖИРСЬКИЙ ТРАНСПОРТ**

- 10.1. Основні вимоги до швидкісного пасажирського транспорту й області його застосування**
- 10.2. Експресний автобусний транспорт**
- 10.3. Швидкісний трамвай**
- 10.4. Метрополітен**
- 10.5. Міські швидкісні залізниці**
- 10.6. Монорельсові дороги**
- 10.7. Вертолітний транспорт**
- 10.8. Швидкісний транспорт майбутнього**
- 10.9. Области застосування різних видів транспорту і типів транспортних засобів**

**10.1. Основні вимоги до швидкісного
пасажирського транспорту й
області його застосування**

У зв'язку зі збільшенням територій міст і чисельності міського населення зростають кількість поїздок і їхня дальність. Оскільки майже кожне місто має пригороди, населення яких робить трудові й культурно-побутові поїздки до міста, то відстані, подолані на пасажирському транспорті, увесь час збільшуються і досягають 30 км і більше. При зростанні темпів життя міського населення кожна хвилина економії часу при користуванні міським транспортом здобуває особливу цінність, тому що витрати часу на переїзди відбуваються за рахунок скорочення вільного часу трудящих. Тому чим більше часу заощаджує пасажир при користуванні транспортом, тим повніше і краще буде виконане завдання, поставлене перед міським транспортом.

Скоротити час пересування населення міст і пригородів можна такими способами [58]:

- достатнім розвитком транспортної мережі;
- поповненням транспортних засобів;
- підвищенням швидкостей повідомлення;
- спорудженням ліній швидкісного транспорту; правильною організацією руху.

Організація руху швидкісного транспорту з великою провізною спроможністю доцільна тільки в тому випадку, якщо потужність пасажиропотоку на його напрямку буде достатнього для підтримки визначених наповнення і частоти руху потягів. При великих інтервалах часу пасажирів будуть затрачати значний час на чекання транспорту. У результаті сумарні витрати часу на поїздку і чекання можуть виявитися такими ж, а в деяких випадках і більшими, ніж при користуванні звичайним транспортом. Лінії швидкісного транспорту можуть бути прокладені самостійно або паралельно лініям звичайних видів транспорту.

Можливі наступні типові випадки роботи пасажирського транспорту.

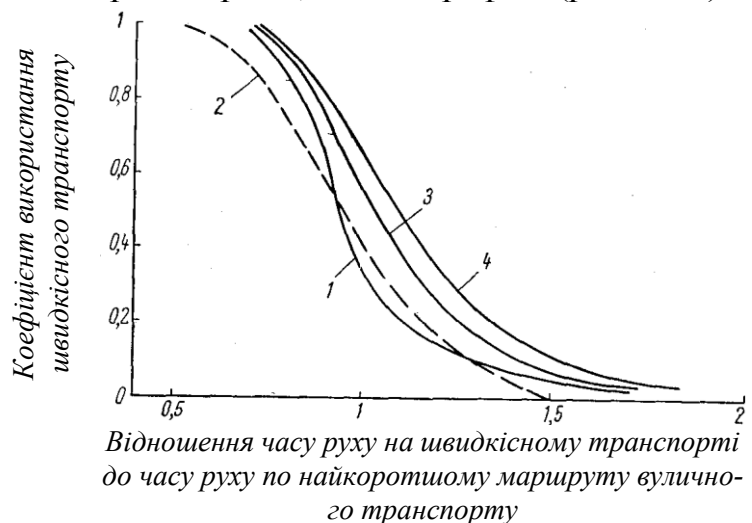
Транспорт працює між житловим районом і пунктом тяжіння, проміжних зупинок немає. У цьому випадку для скорочення часу, що витрачається при поїздках на роботу і назад, і зменшення розмірів транспортного господарства доцільно організувати перевезення з максимально можливою швидкістю. Потужність пасажиропотоку в даному разі визначає тільки місткість транспортних засобів і число транспортних засобів, що курсують на лінії, причому остання величина знаходиться в залежності від величини експлуатаційної швидкості.

Транспорт працює між пунктами тяжіння з проміжними зупинками. Розташування житлових та інших пунктів тяжіння таке, що середня відстань між зупинками дорівнює приблизно 1 км, а середня довжина поїздки складає не менше 5 км. У цьому випадку доцільно організувати швидкісний транспорт, що забезпечить пасажироперевезення заданої потужності. Середня витрата часу на поїздки на швидкісному транспорті складе 15-20 хв. при швидкості приблизно 30 км/год. На транспорті зі звичайною швидкістю цей час дорівнював би відповідно 25 і 35 хв.

Транспорт працює на напрямку, що проходить через житлову забудову. По трасі розташовані житлові та інші пункти тяжіння, тому паралельно з організацією руху швидкісного транспорту необхідно передбачити лінії, на яких курсує транспорт зі звичайною швидкістю (з невеликою відстанню між зупинками). У цьому разі відбувається розподіл пасажиропотоків між швидкісним транспортом і транспортом, який працює зі звичайною швидкістю. Пасажиропотоки розподіляються виходячи з часу, що витрачається на поїздки з урахуванням підходів і пересаджень. Зі збільшенням дальності поїздки відсоток тих, хто використовує швидкісний вид транспорту, зростатиме. Потребу в організації руху швидкісних видів масового пасажирського транспорту установлюють, виходячи з умов економії часу на поїздки. Імовірність користування швидкісним видом транспорту залежить від щільності його мережі й дальності поїздки. Якщо відомо розподіл пасажирів за дальністю поїздок, то для прийнятої щільності мережі швидкісного транспорту можна визначити і частку перевезень, що приходить на нього.

Нижче наведений метод визначення частки перевезень, що приходить на швидкісний вид транспорту [58]. Сутність його полягає в наступному. Спочатку визначають площу території міста, що обслуговується транспортом. Далі встановлюють відстань між найбільш вилученими пунктами міста. Ця відстань є граничною. Виділяють пересування, що відбуваються на транспорті. Загальне число поїздок приймають за 100%. Потім установлюють відсоток поїздок в інтервалах відстаней $l_1 - l_2, l_2 - l_3, l_3 - l_4$ і т.д. Отримані значення множать на коефіцієнти користування швидкісним транспортом, взяті з графіка (рис. 10.1).

Рис. 10.1 – Зміна коефіцієнта користування швидкісним транспортом залежно від відношення часу руху на швидкісному до часу руху на звичайному транспорті: 1 – при $V_n = 30$ і $V_i = 15$; 2 – за даними натурних обстежень; 3 – при $V_n = 35$ і $V_i = 15$; 4 – при $V_n = 40$ і $V_i = 20$



Загальний відсоток перевезень, що приходяться на швидкісні види транспорту, установлюють підсумовуванням значення знайдених таким способом показників $x_1, x_2, x_3, \dots, x_n$. Визначені вказаним методом розміри перевезень, що приходяться на швидкісні види транспорту, наведені в табл. 10.1.

Таблиця 10.1 – Розміри перевезень на швидкісних видах транспорту

Планувальні показники міста	Група міст за чисельністю населення, тис. чол.			
	I (1000-2000)	II (500-1000)	III (250-500)	IV (100-250)
Площа міста, км ²	130-265	78-150	44-88	22-55
Відстань між найбільш вилученими пунктами міста, км:				
а) компактне місто	6,5-9,2	5-6,8	3,7-5,2	2,7-4,2
б) при співвідношенні $l_1 : l_2 = 1 : 1,5$	14-20	11-15	8-11,5	5,5-9
Частка перевезень на швидкісному транспорті, %				
а) при $\delta_c = 0,3$ км/км ²	18-41	8-18	} не менш 5%	
б) при $\delta_c = 0,1$ км/км ²	11-26	5-10		

Швидкісним може бути будь-який вид транспорту масового користування (наземний, підземний і повітряний), якщо він забезпечує перевезення пасажирів (з урахуванням накладних витрат часу) з високими швидкостями. Високі швидкості руху для наземних видів транспорту можуть бути реалізовані тільки в тому випадку, якщо цей вид транспорту виділяється із загального міського потоку і має значні відстані між зупинками. Інтервали між зупинками визначають, виходячи з мінімуму витрат часу на пересування. З усіх видів наземного масового безрейкового транспорту легше всього для швидкісних повідомлень пристосувати автобуси. Окремі види пасажирського транспорту використовуються тільки як швидкісні. До них відносяться: метрополітен, міські залізниці, швидкісний трамвай. Ці позавуличні види транспорту, як правило, знаходять застосування у великих містах і мегаполісах.

10.2. Експресний автобусний транспорт

Автобусний транспорт може служити в якості швидкісного експресного і напівекспресного виду транспорту в містах різної величини. Експресні й напівекспресні маршрути можна організувати на напрямках з пасажиропотоками будь-якої величини і працювати за принципом міських (з великою частотою руху) і замських (з малою частотою руху) маршрутів. Відповідно до великих меж зміни пасажиропотоків можуть застосовуватися авто-

буси всіх типів і з різною пасажироємкістю. Швидкісний автобусний транспорт використовують на звичайних вулицях і магістралях, де рухаються інші види транспорту, на спеціальних смугах магістральних вулиць і на відособленому полотні швидкісних доріг. У даний час у містах нашої країни ще не виділяють спеціальних смуг для автобусного руху, тому що інтенсивність вуличного руху дозволяє експресні маршрути організувати при змішаному русі.

У деяких містах Європи й Австралії на початку 60-х років були введені відособлені смуги руху для автобусів на основних міських транспортних магістралях. У ряді великих міст США для руху швидкісного автобусного транспорту виділяють спеціальні смуги. Вважається, що частково розв'язати транспортну проблему міста до введення в експлуатацію метрополітену можна шляхом організації руху автобусів по відособленій смузі на приміських і міських магістралях при розробці нової системи регулювання вуличного руху за допомогою електронно-обчислювальних машин. Досвід організації руху експресних і напівекспресних автобусів показує, що швидкість сполучення на ділянках пригород – місто (у 20-30-кілометровій зоні) зростає в годину «пік» з 12-15 до 25-30 км/год при русі в загальному транспортному потоці.

Розташування зупиночних пунктів на магістралі швидкісного руху повинне бути таким, щоб зручний доступ із суміжних районів міста сполучився зі зручностями швидкісного обслуговування пасажирів. Однак розташування зупиночних пунктів близько один від одного забезпечує зручності для пасажирів, що вирушають на малі відстані, але знижує швидкість повідомлення, що приводить до незручності для пасажирів, які вирушають на великі відстані. Незручності пасажирів збільшуються також у міру подовження маршрутів і розвитку периферійних районів міста і його перевантажених пригородів. Організація нових швидкісних магістралей, що забезпечують невинний рух транспорту, створює більші зручності для пасажирів, ніж при користуванні пасажирами транспортом, що рухається з багатьма зупинками. Тому необхідно раціонально розміщувати зупиночні пункти на трасах, щоб задовольнити вимоги пасажирів ближнього і далекого прямування, що може бути досягнуто введенням експресних автобусів.

Протягом багатьох років у ряді країн Західної Європи успішно здійснюється експлуатація автобусного транспорту на відособлених смугах на вулицях з одностороннім рухом, причому для автобусів передбачається зустрічний до загального транспортного потоку рух по лівій смузі проїзної частини. Впровадження автобусного руху на відособлених смугах дозволяє стабілізувати потоки інших видів транспорту, а отже збільшити пропускну здатність транспортних магістралей. На смугах відособленого руху громадського транспорту провізна спроможність цих ліній вище, ніж ліній рівної з ними ширини, на яких експлуатуються засоби індивідуального пасажирського транспорту. Введення ліній відособленого руху або їхніх відрізків для автобусного транспорту доцільно в наступних випадках:

- на відрізках автобусних трас між двома перетинаннями транспортних магістралей;

- на відрізках автобусних трас при наявності декількох перетинань транспортних магістралей, що знаходяться поряд, якщо виділення відособленої смуги руху для автобусів створює незручності для руху інших видів транспорту по магістралі, яку реконструйовано, і дозволяє ширина транспортної магістралі;
- на коротких ділянках траси, наприклад, перед транспортними перетинаннями, при наявності або відсутності автобусної зупинки або світлофорного регулювання на перетинанні.

Види відособлених смуг: а) постійні споруди – смуги руху або цілих транспортних магістралей; б) тимчасові споруди – смуги руху або цілих транспортних магістралей, призначені для відособленого руху автобусів на визначений час доби, наприклад у години «пік». У ряді міст спільне використання відособлених смуг руху для автобусів, тролейбусів і трамваїв дає значний ефект. Наявність відособлених смуг для автобусного транспорту дозволяє створити швидкісні автобусні лінії цільового призначення (наприклад, до аеропортів) з мінімальним числом зупинок. У результаті виділення відособлених смуг руху пропускна здатність транспортної магістралі підвищується незначно, зате майже повністю усуваються затримки руху.

При виділенні смуг руху для суспільного транспорту використовують спеціальні пристрої, наприклад, висувні шляхороздільні бар'єри, що відокремлюють одну або дві смуги (для двох напрямків руху) від усієї проїзної частини. Їхнє застосування залежить від інтенсивності автомобільного руху і пасажиропотоків суспільного транспорту. У нашій країні в багатьох містах експлуатуються експресні й напівекспресні автобусні маршрути, але виділення смуг для автобусного руху не одержало поширення.

Частка швидкісного автобусного транспорту в даний час не перевищує 10% усіх внутріміських перевезень. Автобусний швидкісний транспорт є одним з перспективних швидкісних видів масового пасажирського транспорту, особливо в містах з чисельністю населення, що перевищує 250 тис. чоловік. Область застосування швидкісного автобуса визначають, виходячи з заданих норм витрат часу пасажиром на пересування. Відповідно до будівельних норм і правил максимальна витрата часу на пересування у великих містах, а також у невеликих містах, де місця прикладання праці розміщені на значній відстані від житлових районів, складає 45 хв., в інших – 30 хв. При цьому на значному числі маршрутів буде потрібно експлуатувати транспортні засоби зі швидкістю сполучення 25-45 км/год. замість існуючої 15-20 км/год. Дослідженнями, проведеними Е. А. Барковою і К. А. Майєром, встановлено, що для забезпечення таких швидкостей необхідно буде виділяти для швидкісних автобусів спеціальні смуги або організувати рух на відособленому полотні й мати визначену щільність мережі. У результаті досліджень отримані рекомендації з розрахункової щільності мережі δ і відстані між зупинками l_0 швидкісного автобуса для міст різної величини, що наведені в табл. 10.2. У табл. 10.3 дано граничні значення чисельності населення міст, що забезпечують необхідні швидкості повідомлення при щільності розселення не більше 6 тис. чол. на 1 км² забудованої території.

Дані табл. 10.3 показують, що при сучасних вулично-дорожніх умовах у містах з населенням 750 тис. чол. і менше швидкісний автобусний транспорт є основним і забезпечує приблизно 90% пасажиром витрати часу на пересування не більше 5-40 хв. При наявності спеціальних смуг для руху автобусів на міських магістралях з регульованим рухом і щільністю мережі 1,5 км/км² витрати часу на пересування, що дорівнюють 40 хв., можуть бути забезпечені для міст із населенням до 900-925 тис. чол.

Таблиця 10.2 – Відстані між зупиночними пунктами експресного автобуса залежно від щільності транспортної мережі

Чисельність населення міста, тис. чол.	Характеристика вулично-дорожньої мережі					
	сучасні умови без виділення спеціальних смуг для руху автобусів		рух швидкісних автобусів проходить по спеціальних смугах на магістральних вулицях		рух швидкісних автобусів на відособленій смузі швидкісної дороги	
	δ	l_0	δ	l_0	δ	l_0
250	0,64	0,75-1	0,55	0,75-1	0,46	1-1,5
350	0,81	0,75	0,64	0,75-1	0,50	1-1,25
500	1,28	0,75	0,84	0,75-1	0,56	1-1,25
750	-	-	1,7	0,75-1	0,68	1,25
1000	-	-	-	-	0,87	1,25

Таблиця 10.3 – Довжина перегону залежно від чисельності населення міста і щільності мережі

Щільність мережі, км/км ²	Звичайні умови руху (без спеціальних смуг для швидкісних автобусів)		Наявність спеціальних смуг для руху швидкісних автобусів на магістральних вулицях		Рух швидкісних автобусів на відособленій смузі швидкісних доріг	
	максимальна чисельність населення міста, тис. чол.	довжина перегона, км	максимальна чисельність населення міста, тис. чол.	довжина перегона, км	максимальна чисельність населення міста, тис. чол.	довжина перегона, км
0,75	360	0,7-0,8	520	0,8-0,9	1100	1,1-1,2
1,5	690	0,6-0,8	925	0,8-0,9	-	-
3,0	750	0,7-0,8	1100	0,8-0,9	-	-

Застосування автобусів на дорогах як основний вид швидкісного транспорту може практично розглядатися для міст з чисельністю населення до 0,9-1,1 млн. чол., тому що в більш великих містах необхідна щільність мережі швидкісних доріг перевищить 0,5-0,75 км/км², що практично нереально. Отже у всіх випадках при відсутності швидкісних доріг і спеціально виділених смуг для руху автобусів у містах з чисельністю населення понад 750 тис. чол. швидкісний автобус не може здійснювати перевезення в звичайних умовах при довжині пе-

регонів на маршрутах 700-800 м. У цих випадках доцільно застосовувати швидкісний позавуличний вид транспорту.

Вибирати типи автобусів для швидкісного міського повідомлення слід виходячи з очікуваних розмірів пасажиропотоків, припустимої частоти їхнього руху, а також з урахуванням особливості планування їхніх пасажирських салонів. Планування істотно впливає на місткість автобусів, зручності проїзду в них пасажирів, час простою автобусів на зупиночних пунктах маршруту, а також на швидкість сполучення і продуктивність роботи. Тип планування визначається розміщенням пасажирських сидінь, числом, розташуванням і розмірами дверей кузова. З трьох типових планувань салону автобуса з двох-, трьох- і чотирирядним розміщенням сидінь для швидкісного повідомлення найбільш раціональними є планування чотири- і трирядні. Причому для експресних автобусів краще чотирирядне планування, що має максимальне число пасажирських місць для сидіння, а для напівекспресних – трирядне (з огляду на більш часту зміну пасажирів за довжиною маршрутів).

Провізна спроможність швидкісних автобусів багато в чому залежить від пропускну здатності їхніх зупиночних пунктів. Практично вважається, що при зупиночних пунктах через 800-1200 м і одночасній зупинці на них двох автобусів пропускну здатність може досягати 120 автобусів за годину. При виділенні декількох смуг для руху швидкісних автобусів або організації руху їх на відособленому полотні з багаторядним рухом і розосередженням зупиночних пунктів для різних маршрутів пропускну здатність за годину може перевищити 200 автобусів. Однак організація руху в таких випадках буде важка, і економічно проектування таких доріг для руху швидкісного автобуса буде не виправдано.

10.3. Швидкісний трамвай

Розвиток легкового автомобільного й автобусного транспорту, а також тролейбусів привів до того, що трамвай поступово витісняється з центральних районів великих міст і замінюється зазначеними видами транспорту, а у великих містах – метрополітенем. У діапазоні провізної спроможності міського транспорту утворився розрив: автобуси і тролейбуси з напруженням виконують перевезення до 10-12 тис. пас./год. в одному напрямку, займаючи при цьому на проїзній частині вулиць кілька смуг руху. Очікуване у найближчі роки зростання насиченості міст автомобілями приведе до того, що автобуси й тролейбуси виявляться «у полоні» автомобільних потоків, а швидкість наземних видів міського транспорту ще більше знизиться.

Тим часом проблема освоєння пасажиропотоків більше 10-12 тис. пас./год. стоїть перед великими містами. Орієнтуватися на створення у всіх таких містах лінії метрополітену нереально, тому що спорудження метрополітену вимагає великих капіталовкладень і затягується на багато років. До того ж дос-

від експлуатації існуючих метрополітенів показав, що будівництво нових його ліній економічно виправдано лише в тому випадку, якщо перевезення складуть не менше 7-7,5 млн. чоловік у рік на 1 км лінії (орієнтовно 25-30 тис. пасажирів у години «пік» в одному напрямку). Такі великі пасажиропотоки утворюються далеко не у всіх великих містах, навіть якщо населення їх перевищує 1 млн. чоловік.

Швидкісний трамвай, здатний перевозити до 20-24 тис. пас./год., заповнює розрив між провізною спроможністю автобуса (або тролейбуса) і метрополітену. В останні роки трамвай, технічно краще зроблений, знову одержує визнання як економічний і надійний вид масового пасажирського транспорту. Розвиток трамвая на сучасному етапі йде по шляху створення ліній, що дозволяють повністю реалізувати динамічні якості нового рухомого складу і забезпечити проходження потягів з високими швидкостями. Для цього трамвайні шляхи прокладають на ізольованому полотні. У центрі міста, а також на перетинаннях із транспортними магістралями лінії швидкісного трамвая розташовують у тунелі або на естакаді. Трамвай такого типу експлуатується в містах США і Західної Європи. Досвід підтвердив його рентабельність, високу провізну спроможність і можливість досягнення великих швидкостей.

Позитивні якості швидкісного трамвая (швидкість повідомлення 25-35 км/год., гарні економічні показники, можливість поетапно вводити в експлуатацію окремі ділянки лінії і споруди і т.п.) висувають його в число перспективних видів міського транспорту.

Створення швидкісних трамвайних ліній у великих містах, де існуючі види міського транспорту не в змозі обслужити зрослі пасажиропотоки, а будівництво метрополітену економічно не виправдано, дозволить докорінно поліпшити транспортне обслуговування населення. Організація таких ліній доцільна на напрямках з пасажиропотоками від 15-17 до 20-24 тис. пас./год. (в одному напрямку) як у межах міста, так і за його межами (лінії до великих промислових підприємств, у зони відпочинку і т.п.).

Найбільш прийнятним типом рухомого складу для ліній швидкісного трамвая є шести-восьмивісні зчленовані вагони і чотиривісні, працюючі по системі багатьох одиниць. Схеми компонування потягів для лінії швидкісного трамвая наведені на рис. 10.2.

Шестивісний зчленований вагон може розвивати швидкість 60-65 км/год. і вміщує при нормальному наповненні 160-180 пасажирів, при максимальному наповненні – 220-260 пасажирів. Підгумові бандажі забезпечують безшумність ходу. Нормальна місткість восьмивісного зчленованого вагона 250-270 пасажирів. Оскільки нові типи транспортних засобів здатні працювати за системою багатьох одиниць, подібно потягам метрополітену, з них можна скласти потяги, що вміщують 500-700 пасажирів. На лініях швидкісного трамвая можуть також знайти застосування, особливо на першому етапі, експлуатовані в даний час чотиривісні вагони та інші вагони, що мають технічну швидкість не нижче 60 км/год.

Провізна спроможність ліній швидкісного трамвая залежить від місткості вагона, числа вагонів у потязі й інтервалів руху. Залежно від величини пасажиропотоків можна організувати рух одиночних вагонів або потягів, складених за системою багатьох одиниць і керованих з однієї кабіни. Такі потяги дозволять зберегти інтервали руху при різких коливаннях пасажиропотоків у часі: регулювання провізної спроможності здійснюється зміною складеності потягів (розчеплення вагонів).

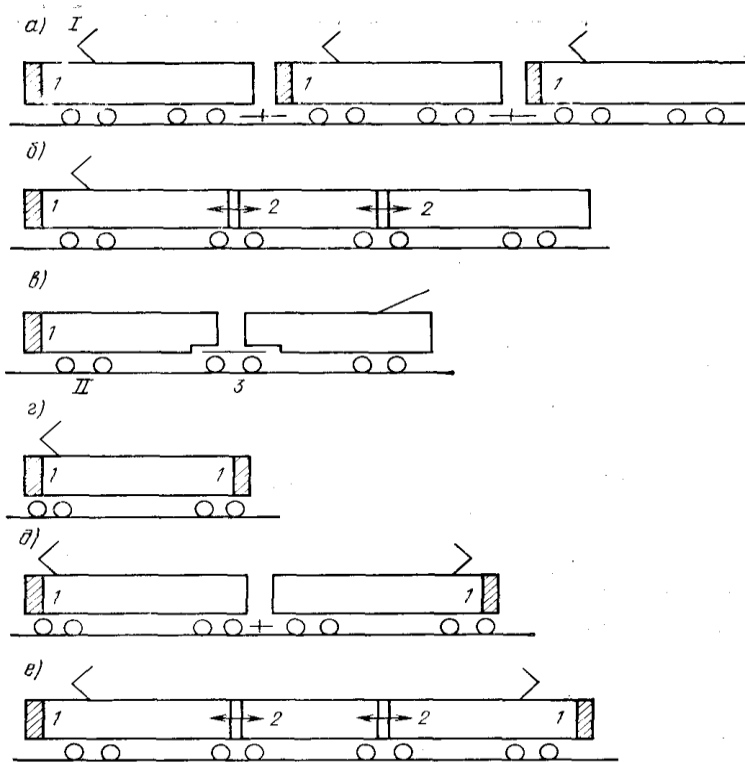


Рис. 10.2 – Схеми компонування потягів на швидкісних лініях трамвая
 I – однобічні; II – двосторонні; а – потяг з чотирьох моторних вагонів; б, в – зчленовані вагони; в – зчленований вагон з роз'єднаними салонами; г – чотири-вісний вагон; д – секція, що складається з двох вагонів, з постами управління по її кінцях; 1 – пост керування; 2 – зчленування, що забезпечує наскрізний прохід по салону; 3 – візок, що підтримує суміжні кузови

Оптимальні умови експлуатації швидкісного трамвая в містах створюються при курсуванні на лінії двовагонних складів, проходження яких можливе з найменшим інтервалом руху, рівним 1 хв. Подальше збільшення складу трамвайних потягів (три вагони і більш) пов'язано з ускладненням їхньої експлуатації. Ускладнюється система електропостачання, виникає необхідність у додатковому обслуговуючому персоналі, збільшується довжина посадкових площадок та ін. При наявності тунельних ділянок збільшення довжини потяга потребує великих інтервалів руху. Тому можливість обертання поїздів, складених більш ніж з двох вагонів, залежить від конкретних умов.

При мінімальних інтервалах руху пропускна здатність лінії швидкісного трамвая досягає 60 пар потягів за 1 годину. При зазначеній інтенсивності руху час зупинки не повинен перевищувати 30-35 с. За цей час у вагон, що має чотири двері, можуть увійти (або вийти з нього) 70-80 чоловік. Щоб не порушувати встановлені інтервали руху на зупиночних пунктах з великим пасажирообміном, передбачають кілька приймально-відправних шляхів і відповідне число посадкових площадок. У табл. 10.4 наведено орієнтовані дані провізної спроможності ліній швидкісного трамвая при різних інтервалах руху і різних складів потяга.

Таблиця 10.4 – Провізна спроможність ліній швидкісного трамвая в годину „пік” в одному напрямку, тис. пас./год.

Склад потягу	Провізна спроможність ліній при інтервалах руху, хв.			
	1	1,5	2	3
	Кількість пар потягів за 1 год.			
	60	40	30	20
Одиночний чотиривісний вагон	10-12	7-8	5-6	3,5-4
Потяг із двох чотиривісних вагонів	20-24	14-16	10-12	7-8
Одиночний шестивісний вагон	13-15	9-10	6,5-7,5	4,5-5
Потяг із двох шестивісних вагонів	-	18-20	13-15	9-10
Одиночний восьмивісний вагон	-	14-16	10-12	7-8
Потяг із двох восьмивісних вагонів	-	-	20-24	14-16

Трамвайну лінію можна розглядати як швидкісну, якщо швидкість сполучення складає 25 км/год. і більше. Оскільки динамічні характеристики різних типів рухомого складу приблизно однакові, то основним фактором, що впливає на швидкість сполучення, є відстань між зупиночними пунктами (табл. 10.5). Збільшення довжини перегонів дозволяє значно підвищити швидкість сполучення. Однак одночасно зростає час, який пасажир витрачає на підхід до зупиночного пункту. Для усереднених умов можна прийняти, що додатковий простір, який необхідно подолати пасажиру у випадку збільшення відстані між зупиночними пунктами, складе половину різниці між знову призначеною і первісною довжиною перегону. Наприклад, при збільшенні довжини перегонів з 0,8 до 2 км пасажир будуть затрачати на підхід до зупинок на 9-10 хв. більше, але на 4-5 хв. скоротять час поїздки на кожному кілометрі шляху.

Таблиця 10.5 – Швидкість сполучення трамвая залежно від довжини перегону

Довжина перегону, м	Швидкість сполучення, км/год.	Довжина перегону, м	Швидкість сполучення, км/год.
500	25	1200	38
800	32	1500	41
1000	35	2000	45

Таким чином, оптимальна відстань між зупинками визначається наступною умовою: сумарна економія часу, що утвориться в результаті збільшення довжини перегонів, повинна перевищувати суму додаткового часу, затрачуваного на подолання зростлого шляху пішого підходу до зупиночного пункту. При довжині поїздки 4-5 км, що характерно для більшості великих міст, оптимальна довжина перегонів близька до 0,8 км. Велику довжину перегонів доцільно приймати на лініях з обмеженим числом пасажироутворюючих пунктів (наприклад, на лінії, що зв'язує велике промислове підприємство з житловим масивом). У центральних районах міста відстані між наземними зупиночними пунктами варто скорочувати до 500-600 м.

Швидкісний трамвай є міським і примісько-міським пасажирським транспортом, призначеним для зв'язку житлових районів із промисловими зонами, центром міста і місцями відпочинку. Підвищена швидкість сполучення досягається виносом рейкових шляхів на відособлене полотно, розв'язками руху в декількох рівнях та іншими конструктивними заходами. Для створення маршрутної схеми, що забезпечує велике число безпересадочних сполучень на напрямках головних пасажиропотоків, допускається пропускати потяги швидкісного трамвая по окремих ділянках звичайної трамвайної мережі. Може бути дозволене також проходження звичайних трамваїв по швидкісній лінії за умови, що це не порушить встановлених інтервалів руху. Одна з істотних відмінностей швидкісного трамвая від метрополітену – ступінь ізольованості від потоку пішоходів і вуличного транспорту. Звичайно на лініях швидкісного трамвая переважають наземні ділянки шляху.

Для огороження шляхів швидкісного трамвая використовують посадки чагарника. На ділянках швидкісних трамвайних ліній, поблизу дитячих установ, кінотеатрів і т.п. встановлюють огороження у вигляді легких конструкцій із залізобетону або металу. Шляхи швидкісного трамвая можуть бути розташовані збоку від проїзної частини або по її осі, на центральній розділовій смугі (рис. 10.3). Другий варіант створює більш сприятливі умови проходження трамвая через транспортні вузли.

Найменша ширина двоколійного відособленого полотна з озелененням швидкісного трамвая, що обгороджує, складає 10 м. При такій ширині в смугах зелених насаджень можна розміщувати посадкові площадки й опори контактної мережі. Встановлювати опори в міжколійя небажано з експлуатаційних міркувань. Основні параметри плану і профілю лінії встановлені наступні: найменші радіуси кривих у плані на головних шляхах і перегонах 200 м, у важких умовах 100 м, на оборотних кільцях, відстійних шляхах і т.п. 20 м. Найбільший припустимий подовжній ухил шляхів – 60%, при нормальних умовах – не більше 40%.

Перетинання швидкісного трамвая з транспортними магістралями (залізничними коліями, тролейбусними лініями, проїзною частиною вулиць, автодорогами) повинні здійснюватися тільки в різних рівнях. Однак за умови порівняно невеликої інтенсивності руху транспорту на першу чергу будівництва можуть бути збережені і перетинання в одному рівні. Такі перетинання обладну-

ють тунельними пішохідними переходами, що з'єднують зупиночні пункти трамвая з тротуарами, пристроями автоматичного трамвайного світлофорного регулювання (червоний сигнал для автомобілів та іншого транспорту, що рухається в поперечному напрямку, включає вагон, що наближається). При такій організації руху трамвай рухається через перехрестя без зниження швидкості, а для автомобілів забезпечується нормальний світлофорний цикл.

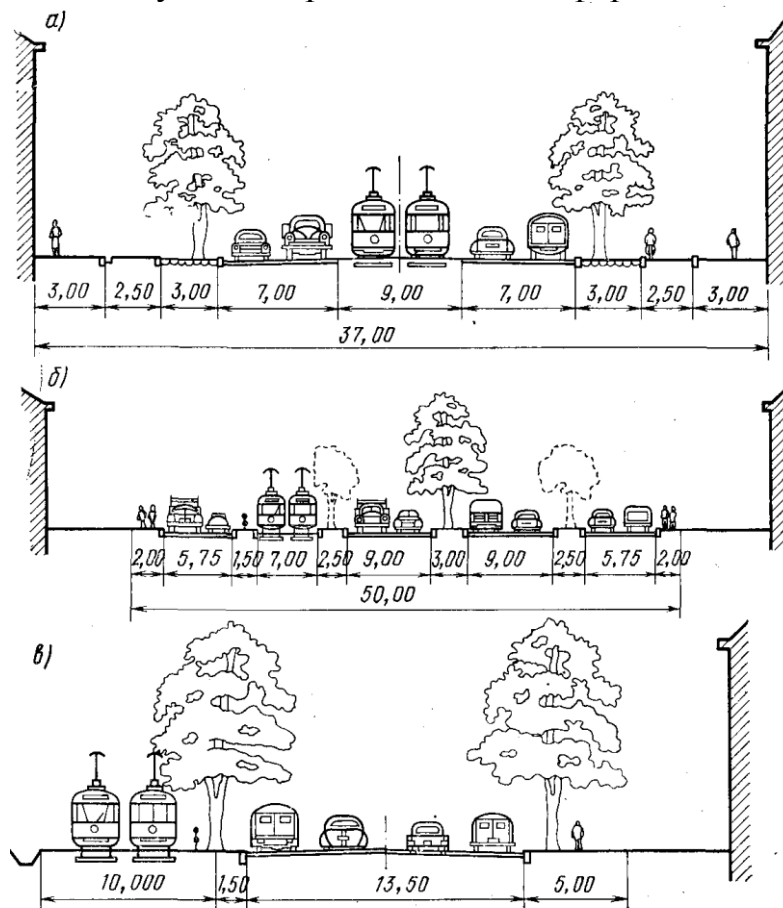


Рис. 10.3 – Розташування полотна швидкісних ліній трамвая щодо проїзної частини дороги:

а – полотно (насип); б – відосблене полотно на розділовій смузі автомобільної магістралі; в – те ж, між магістральною смугою і місцевим проїздом

В окремих випадках трамвайне полотно виносять в інший рівень – у тунель або на естакаду. Така необхідність виникає при проходженні швидкісного трамвая через центр міста, на перетинаннях з великими транспортними вузлами і т.д. З огляду на порівняно невелику довжину підземних ділянок рекомендується проектувати тунелі неглибокого закладення. Підземні станції швидкісного трамвая, виходячи з особливостей рухомого складу, повинні мати бічні платформи, що піднімаються на 0,3 м над головою рейки. Ширина платформи залежить від очікуваного пасажирообміну, але не повинна бути менше 3 м, мінімальна довжина платформи 60 м. Входи, як правило, сполучають з підземними пішохідними переходами.

Проектними організаціями розроблено кілька варіантів архітектурно-планувальних рішень підземних станцій, один з них з розділовими входами і виходами з вагонів на платформи наведений на рис. 10.4. На рис. 10.5 наведено два варіанти влаштування станції швидкісного трамвая. При обладнанні станцій ескалаторами, санітарно-технічними пристроями, освітленням і т.п. звичайно використовують норми й досвід проектування метрополітену. Перебудова звичайних трамвайних ліній на швидкісні може бути здійснена без трудомістких і дорогих робіт і без перерв у русі.

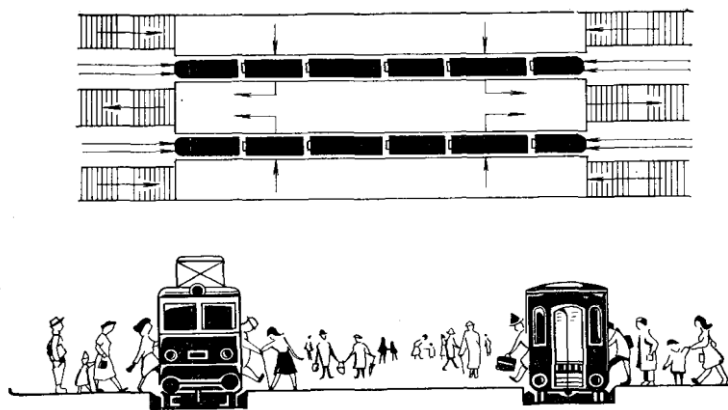


Рис. 10.4 – Проміжна станція підземної швидкісної лінії трамвая

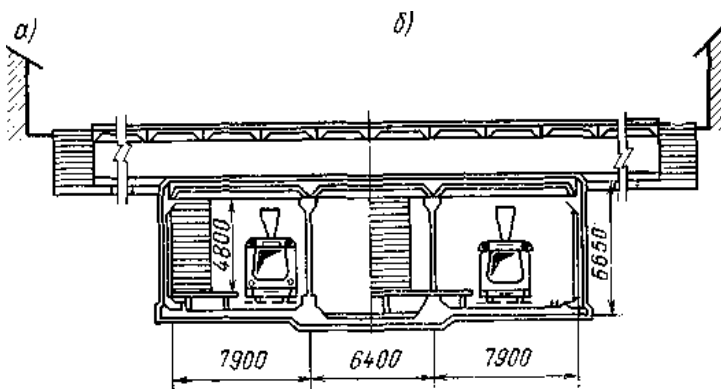


Рис. 10.5 – Станція підземного трамвая
а – варіант із бічними платформами; б – варіант з острівною платформою

Рух швидкісного трамвая буде здійснюватися, в основному за принципом прямої видимості, як це прийнято для інших видів наземного міського транспорту. Однак, з огляду на більш високу швидкість і частоту руху, передбачаються засоби автоматичної світлофорної сигналізації: на підходах до зупиночних пунктів, на переїздах, в умовах недостатньої видимості і т.п. На вузлових станціях і оборотних кільцях стрілки включають у систему централізованого управління, а світлофорну сигналізацію погоджують з положенням стрілок. Можливе також укладання автоматичних стрілок, перекладних водієм з кабіни вагона (за умови їхнього блокування зі світлофорною сигналізацією). Для підземних трас прийнята система автоблокування із захисними ділянками за світлофорами.

10.4. Метрополітен

Метрополітен є позавуличним електричним транспортом, що відрізняється високою провізною спроможністю і забезпечує швидке, безпечне і комфортабельне сполучення. Провізна спроможність метрополітену може досягати 40-50 тис. пас./год. в одному напрямку. Метрополітени підрозділяють на підземні, наземні й надземні. Підземні метрополітени можуть бути глибокого і неглибокого закладення. Наземні метрополітени влаштовують тіль-

ки на відособленому, ізольованому полотні з перетинанням інших транспортних ліній і вулиць у різних рівнях. Траси *надземних* метрополітенів проходять по естакадах або по насипу.

За капіталовкладеннями метрополітен є самим дорогим видом транспорту, тому його будують тільки у великих містах з населенням більше 1 млн. жителів на напрямках з потужними і стійкими пасажиропотоками. У центральних районах міст, що мають багатоповерхову забудову і вузькі вулиці з густою мережею підземних комунікацій, будують метрополітени глибокого закладання, у периферійних районах влаштовують більш дешеві лінії неглибокого закладання або наземні вильотні лінії. Іноді вильотні лінії метрополітену проходять у смузі відводу залізниці з виділенням самостійної пари шляхів. На лініях неглибокого закладання передбачають безпосередньо тунельні виходи від наземних вестибулів метро до пасажирських платформ.

Зв'язок станцій метрополітену зі станціями залізниць та інших видів транспорту здійснюється за допомогою пішохідних переходів. Приміська зона може обслуговуватися лініями метрополітену різними способами: організацією вильотних ліній метрополітену; пропуском приміських залізничних потягів на окремі лінії метрополітену; влаштуванням сполучених пересадних залізничних станцій безпосередньо на кінцевій станції метрополітену. Вибір найкращого варіанта є важливим завданням при проектуванні транспортного обслуговування великих міст. Практика роботи метрополітену показує, що користування ним найбільш доцільне для пасажирів при великій дальності поїздки. Мала щільність мережі метрополітену при глибокому закладанні ліній викликає значні витрати часу на спуск до станцій.

У даний час метрополітен є в багатьох великих містах світу. Його продовжують проектувати і будувати. Особливо велику увагу йому стали приділяти в період енергетичної кризи. Сьогодні метрополітен функціонує більш ніж у 25 містах світу. Для більшості випадків у містах закордонних країн з чисельністю населення до 2 млн. чоловік щільність поїздок складає менш 3 млн. пас./км на рік. Частка перевезень, що приходяться на метрополітени у великих містах, становить 8-38%.

Трасування ліній метрополітену залежить від напрямку основних пасажиропотоків на території міста. Це в значній мірі визначає закладення самих ліній у різних районах міста. Розрізняють чотири типи ліній метрополітену: підземні глибокого закладання, підземні неглибокого закладання, наземні і естакадного типу. Зважаючи на те, що лінії метрополітену прокладають по можливо найкоротшій відстані між основними пасажироутворюючими пунктами, у центральних районах міста вони мають тунелі глибокого закладання, а в периферійних районах – неглибокого закладання або відкритого типу.

Лінії метрополітену *глибокого* закладання найбільш капіталомісткі, тому що вимагають влаштування похилих тунелів значної довжини для ескалаторних входів на станції і провадження робіт із спорудження з використанням щитової проходки. Лінії неглибокого закладання одержали найбільше поширення у світовій практиці метробудування. Вони дешевші, ніж лінії глибокого закладання,

і зручніші для пасажирів. Але їх можна проектувати і будувати при наявності в місті широких вулиць з невеликим насиченням їх підземним господарством. Будують їх переважно методом відкритої проходки.

Наземні лінії метрополітену вимагають виділення спеціальних смуг для їхнього спорудження, повністю ізольованих від транспортного і пішохідного руху. Такі смуги руху варто розташовувати від житлової забудови на відстані не менше 60 м. Перетинання лінії метрополітену з лініями інших видів транспорту і дорогами необхідно передбачати тільки в різних рівнях. Досвід експлуатації *відкритих* ліній метрополітену показав, що їх будувати недоцільно, тому що в зимовий період на них значно зростають витрати з експлуатації рухомого складу.

Лінії метрополітену *естакадного типу* в умовах міської забудови знаходять обмежене застосування, тому що рух потягів на них викликає великий шум. Прокладка таких ліній допускається на заплавах територіях і на підходах до мостів, по яких лінії метрополітену перетинають водні перешкоди. При проектуванні лінії метрополітену необхідно враховувати, що всі лінії повинні бути ув'язані в єдину мережу з пересадними станціями. Найбільш складним елементом усієї мережі метрополітену є її центральні пересадні станції.

Мережу метрополітену можна розділити на три схеми:

- 1) радіальна з центральним пересадним вузлом і діаметральними лініями. Прикладом такої схеми є метрополітен Москви. Недоліком цієї схеми є перевантаження центрального пересадного вузла;
- 2) радіальна схема з трьома пересадними вузлами в центральній частині міста і трьома діаметральними лініями. Така схема має свої переваги – пересадні вузли виходять менш напруженими;
- 3) комбінована схема мережі метрополітену, що включає діаметральні, тангенціальні і радіальні лінії зі значним числом пересадних повідомлень. Такі схеми утворюються в результаті порівняно тривалого розвитку міст і системи метрополітену в них.

Слід відзначити, що перші дві схеми ліній метрополітену надалі доповнюються розвантажувальними лініями кільцевими або тангенціальними з пересадними вузлами, що знімають навантаження з центральних пересадних станцій.

Проектування ліній метрополітену, з огляду на їхню високу вартість, вимагає великої попередньої роботи, що включає: установлення перспективних пасажиропотоків і пасажирообороту станції; проведення інженерно-геологічних вишукувань і техніко-економічне порівняння варіантів трас лінії; ув'язування ліній метрополітену в єдину транспортну систему примісько-міського сполучення і, нарешті, установлення розвитку системи метрополітену за періодами розрахункового терміну з урахуванням передбачення в міській забудові технічних коридорів для прокладки майбутніх ліній метрополітену неглибокого закладення.

При проектуванні лінії метрополітену практикою будівництва й експлуатації метрополітену вироблені певні вимоги до габаритів тунелів і станцій, по-

здовжнього профілю колії, розташування станцій, ескалаторних тунелів, перехідних коридорів та до інших елементів. Габарити тунелів метрополітену прийняті з розрахунку пропуску рухомого складу шириною 2,7, висотою 3,7 і довжиною вагонів 19,2 м. Відповідно до цього проектують лінії у вигляді двоколіїних тунелів прямокутного перетину при їхньому неглибокому закладанні й одноколіїних тунелів круглого перетину при глибокому закладанні.

Найбільший поздовжній ухил шляхів метрополітену на перегонах між станціями прийнятий рівним 0,04, найменший – 0,003. Станційні колії повинні розташовуватися в поздовжньому профілі на горизонтальній площадці або на односхилому ухилі, що не перевищує 0,005. Радіуси вертикальних кривих при сполученні ухилів на перегонах приймають від 3000 до 5000 м, а на сполученні перегону зі станцією – від 2000 до 3000 м. Довжина елемента поздовжнього профілю має бути не менше довжини потяга. Рекомендується на метрополітенах застосовувати «гористий» профіль колії, при якому підхід до станції проектується на підйомі, а ділянка відходу – зі спуском. Таке рішення приймають з метою полегшення розгону потягів при відході від станції і більш ефективного гальмування перед зупинкою на станції. Особливу увагу приділяють виборіві місця розташування станції на транспортній мережі.

До основних споруд метрополітену відносяться тунелі, пасажирські станції, тягові підстанції, пристрої вентиляції, зв'язку, сигналізації, блокування і вагонні депо. Тунелі метрополітену підрозділяються на *перегонні* й *станційні*. Конструкції станційних і перегонних тунелів залежать від глибини їхнього закладення. Глибина закладення тунелів метрополітену визначається рельєфом місцевості, гідрогеологічними умовами, характером підземного господарства міста, глибиною пересічних водотоків та іншими місцевими умовами. Станції метрополітену складаються з наземних павільйонів, підземних пасажирських вестибюлів з платформами для посадки і висадки пасажирів, сходів, або ескалатора, що зв'язують наземні павільйони з підземними платформами. Спуск і підйом пасажирів на станціях глибокого закладання здійснюються сходами-ескалаторами, що рухаються. Пропускна здатність однієї стрічки ескалатора складає близько 10-12 тис. чоловік на годину. Спорудження станцій метрополітену глибокого закладання обходиться дуже дорого, прокладають їх на великій відстані одна від одної приблизно 2 км. Час, що витрачається пасажирами на спуск і підйом, для таких станцій складає 3 хв. і більше. Станції неглибокого закладання вимагають значно менших капіталовкладень, розташовують їх одна від одної на порівняно близькій відстані (600-1000 м).

За призначенням станції метрополітену підрозділяють на проміжні, зонні, пересадні й кінцеві. На *проміжних* станціях здійснюється тільки пересадження і висаджування пасажирів, на *зонних* – частина потягів закінчує своє проходження і повертається у зворотний рейс. *Пересадні* станції являють собою складні споруди і є транспортним вузлом у мережі метрополітену. Їх будують як у різних рівнях, так і сполученими. *Кінцеві* станції, на яких закінчується рух потягів, розташовані, як правило, на початку і вкінці кожної лінії. На цих стан-

ціях передбачені пристрої, що забезпечують перехід потягів на іншу сторону для руху в зворотному напрямку.

Вагони метрополітену виконують чотиривісними. Основні елементи обладнання вагонів метрополітену (кузов, ходова частина, електрообладнання, гальма) мають подібність з відповідними елементами обладнання трамвайних вагонів. Однак особливості експлуатації рухомого складу метрополітену визначили й деякі його відмітні риси. Навантаження вагонів метрополітену складає 0,15-0,17 МН (15-17 тс) на вісь, тобто значно більше, ніж вагонів трамвая – 0,1-0,12 МН (10-12 тс); вище і їхні конструктивні швидкості (70-90 км/год. проти 50-55 км/год.). Крім того, на рухомому складі метрополітену встановлені двигуни більшої потужності. Сумарна годинна потужність двигунів вагона метрополітену досягає 3000 кВт (у трамвайних вагонів – 150-200 кВт).

Висока вартість спорудження шляхових оборотних пристроїв на кінцевих пунктах ліній метрополітену обумовила застосування вагонів із двостороннім керуванням, при якому прилади встановлені на обох кінцях моторних вагонів. Склади з декількох секцій (або з одних моторних вагонів) керуються за системою «багатьох одиниць», що забезпечує синхронну роботу двигунів усіх з'єднаних секцій. Вагони з двостороннім керуванням мають двері по обидва боки. Прагнення знизити висоту тунелю привело до відмови від підвісу контактного живильного проводу, а повна ізоляція тунелю від руху інших видів транспорту і пішоходів дозволила розташувати струмопровідну рейку внизу. Відповідно до цього змінилася і конструкція напругознімаючих пристроїв.

Висока швидкість руху і короткочасність перебування пасажирів у вагоні обумовили деякі важливі особливості планування кузова вагона метро. Відношення числа місць для сидіння до загальної місткості вагона значно менше, ніж у трамваї (0,16-0,2 проти 0,35-0,4). За рахунок збільшення числа дверей (до чотирьох) скорочена відстань між ними до 4,4 м у порівнянні з 5 м у чотиривісних і 6-7 м у двовісних трамвайних вагонах. Перед дверима передбачені значні за розміром вільні площадки. Можливість влаштування на станціях високих платформ, що знаходяться на одному рівні з підлогою вагона, дозволила відмовитися від сходинок і забезпечити швидко й зручну посадку-висадку пасажирів.

Потяги метрополітену складаються з вагонів, скомплектованих у секції або поїзди одиниці. Якщо на лінії експлуатуються тільки моторні вагони, то один моторний вагон являє собою секцію. Причепні вагони разом з моторними складені в секції різних комбінацій. У зв'язку з тим, що протягом доби пасажиропотік на лініях метрополітену різко змінюється, у потягах можна зменшити і збільшити число вагонів, доводячи його до максимуму в годину «пік».

10.5. Міські швидкісні залізниці

Внутріміські й приміські залізниці є швидкісним видом транспорту з великою провізною спроможністю. У великих містах вони

найчастіше є радіальними лініями з тупиковими кінцевими станціями, що є складними транспортно-пересадними вузлами в системі примісько-міського транспорту з великим пасажирооборотом. У багатьох випадках залізниці перетинають усю міську територію і мають на території ряд станцій, розташованих на відстані 2-3 км. Такі дороги можуть працювати так само, як і метрополітен.

Міські швидкісні дороги включають усі міські залізниці, повністю ізольовані від вуличного руху. Їх споруджують в одному рівні з землею, на естакадах, у виїмках і навіть у тунелях. Але у всіх випадках перетинання ліній з іншими лініями рейкових і безрейкових доріг повинно бути в різних рівнях.

У даний час, коли великі міста мають функціональні зв'язки з усіма прилягаючими до них населеними пунктами і складають групові системи населених місць, транспортні зв'язки здобувають особливе значення. Основним видом пасажирського транспорту в групових системах населених місць тепер є електрифіковані залізниці. У приміській зоні Москви проживає більше 3 млн. жителів, Києва і Харкова – більш 500 тис., велике число приміського населення проживає в зоні міст. Значно збільшиться приміське населення в перспективі. У цих умовах залізничні діаметри, що сполучають обслуговування приміських і внутріміських пасажирських перевезень, дозволяють усувати зайву втрату часу при регулярних поїздках.

Ще більшу питому вагу залізничний транспорт займає в пасажирських перевезеннях групових систем розселення, де велика частка перевезень припадає на трудові поїздки. У перспективі в багатьох великих містах залізничний транспорт одержить подальший розвиток за рахунок винесення сортувальних станцій за межі міст і зниження або повного виключення транзитних вантажних перевезень через міські території. Влаштування додаткових станцій на відстані 2-3 км одна від одної збільшить доступність залізничного транспорту і дозволить включити його в загальну транспортну систему міста як швидкісний вид транспорту.

Характерними рисами примісько-міського залізничного транспорту є: велика нерівномірність перевезень у часі (за сезонами, місяцями, днями тижня і годинами доби), ніж на інших видах міського транспорту; висока нерівномірність потоків за довжиною лінії й особливо за напрямками. Ці особливості визначають специфіку організації руху на лініях залізничного транспорту.

До лінійних споруд залізниць відносяться залізничні колії і станційні споруди. Залізнична колія має параметри, близькі до шляхів метрополітену, що розташовані на відкритих ділянках. Це дозволяє здійснювати при уніфікованому струмозніманні спільну їхню експлуатацію. Залізничні лінії обладнані автоблокуванням і централізованою диспетчеризацією. За умовами надійності роботи рейкових мереж і пропускної здатності станції довжина блоків-ділянок повинна бути не більше 1500 м. Блоки-ділянки забезпечені системою автоматичної сигналізації.

Для прокладки ліній залізничного транспорту по території міста потрібна широка смуга відводу. Залізничні лінії і станції відокремлюють від житлової забудови захисною зоною шириною не менше 100 м від осі крайньої рейки. У

цій захисній зоні розміщуються автомобільні дороги, транспортні пристрої і споруди. Поздовжній ухил залізничних ліній, що відносяться до магістралей першорядного значення, не повинен перевищувати 15%. Залізничні станції, як правило, розміщують на прямих ділянках шляху з поздовжнім ухилом, що також не перевищує 15%.

Пасажирські станції бувають острівні (із платформою між шляхами), берегові (з платформами по обидва боки подвійного шляху), а також можуть бути суміжні триплатформенні. Станції поділяються на кінцеві й проміжні і можуть бути сполучені зі станціями метрополітену. Пасажирські платформи на станціях влаштовують довжиною до 300 м, залежно від складу потяга, і шириною від 3 до 6 м. На платформах споруджують павільйони.

На внутріміській і приміській залізницях експлуатується рухомий склад у вигляді потягів, що складаються з моторних і причіпних вагонів. Існуючі вагони мають довжину 20 і ширину 3,6 м. Місткість вагона – 200 пасажирів (число місць для сидіння в середньому 108-110). Потяги формують із секцій.

Залізничний транспорт характеризується високою провізною спроможністю. Пропускна здатність залізничних ліній, як і інших видів транспорту, залежить від інтервалів руху потягів, що визначаються прийнятою системою блокування, динамічними якостями потягів і довжиною перегону. На залізничних лініях пропускна здатність для різних типів і схем секції складає від 18 до 26 потягів в одному напрямку, а провізна спроможність при такій пропускній здатності відповідає від 20 до 41 тис. пасажирів на годину.

10.6. Монорельсові дороги

Монорельсові дороги з'явилися ще наприкінці XIX ст. Вони не одержали великого поширення, але інтерес до них не слабшає дотепер. Пасажирські монорельсові дороги повинні одержати розвиток у майбутньому на новій основі – з використанням сучасних технічних засобів.

Усі побудовані й проєктовані пасажирські монорельсові дороги можна підрозділити на три категорії:

- демонстраційні або виставочні (з рухомим складом шириною менше 2,5 м), що відрізняються порівняно невеликими швидкостями руху (до 30 км/год.);
- міські й приміські зі швидкостями руху до 160 км/год., на пневматичних шинах (для скорочення шуму) і забезпечені електричною тягою (для виключення забруднення повітря);
- для швидкісних міжміських сполучень зі швидкостями руху до 400 км/год. і більше, розраховані на використання різних видів тяги (в тому числі турбореактивної) і принципів руху (на повітряному змащенні, повітряній подушці та ін.).

Найбільше практичне значення мають монорельсові дороги другої категорії – для здійснення масових швидкісних міських і приміських перевезень пасажирів.

За конструкцією монорельсові дороги бувають двох типів: *підвісні*, в яких центр ваги вагонів розташований нижче точки опори їхніх ходових частин, і *зачіпні*, в яких центр ваги рухомого складу знаходиться, як правило, вище точки опори (рис. 10.6).

а)



б)

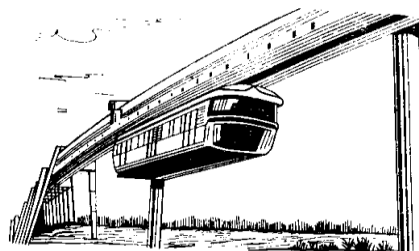


Рис. 10.6 – Типи монорельсових доріг
а – зачіпні; б – підвісні

Прикладом підвісних доріг є монорельсова дорога системи Лангена, що експлуатується з 1901 р. у м. Вупперталі (Німеччина). Значна частина дороги (9,6 км із загальною довжиною 14,4 км) проходить над рікою Вуппер. Дорога використовується в основному для примісько-міських перевезень людей з роботи і на роботу. Провізна спроможність дороги при інтервалі між потягами 2,5 хв. і складі потяга з двох вагонів дорівнює 4000 пас/год. За час експлуатації на цій дорозі не було жодного серйозного нещасного випадку.

Монорельсові дороги не вимагають суцільного земляного полотна і залізничної колії зі шпалами і рейками, завдяки чому різко скорочується обсяг земляних робіт при будівництві дороги і прискорюється процес будівлі. При прокладанні траси монорельсової дороги можна допускати великі підйоми і спуски. Основними стаціонарними пристроями монорельсових доріг є естакади і станції. Розміри їх за висотою істотно відрізняються залежно від типу дороги: вище в підвісних і нижче в зачіпних дорогах. Завдяки застосуванню коліс із пневматичними шинами забезпечується високий коефіцієнт зчеплення коліс з рейками, що дозволяє експлуатувати їх на трасі з великими ухілами (до 120%) і здійснювати швидкі розгони і гальмування потягів. Гарна маневреність рухомого складу (у підвісних доріг звичайно зчленованої конструкції) дозволяє застосовувати на трасі криві малого радіуса. При швидкостях руху до 120 км/год. радіус кривої в плані менше 500 м звичайно не застосовується.

Основними елементами естакад монорельсових доріг є ходові балки й опори з деталями балок. Відстані між опорами на сучасних монорельсових дорогах складають 20-30 м, а іноді досягають 50 м. Станції монорельсових доріг мало відрізняються від станцій наземних ліній метрополітену і приміських еле-

ктрифікованих залізниць. У населених пунктах вони розташовані звичайно на висоті 6-7 м і мають криті або напіввідкриті платформи.

На сучасних пасажирських монорельсових дорогах використовують тільки моторні вагони. Основними елементами вагонів є кузов, механічна (ходова) частина, електричне устаткування (у тому числі розташовувані на візках тягові електродвигуни і системи приводу), а також гальмові й допоміжні пристрої. Рухомий склад зачіпних і підвісних монорельсових доріг відрізняється системами стабілізації і влаштуванням ходових частин. У зачіпних монорельсових дорогах системи стабілізації більш складні, тому що вагон і ходова балка являють собою неврівноважену систему. Тому крім основних несучих коліс у зачіпних монорельсових дорогах обов'язково застосовують ще додаткові направляючі і стабілізуючі колеса (рис. 10.7). Тільки при використанні металевих рейок і основних вантажонесучих коліс з двома ребордами можна не застосовувати додаткові верхні стабілізуючі колеса.

Порівняльні розрахунки капіталовкладень і експлуатаційних витрат на окремих видах міського суспільного транспорту підтвердили економічність монорельсових доріг у порівнянні з іншими видами позавуличного транспорту. Так, розрахунками ПромтрансНШпроекта встановлено, що вартість будівництва вільотних ліній монорельсових доріг у всіх випадках більше ніж у 1,5 раза нижче вартості відкритого наземного метрополітену й у 3-5 рази нижче вартості метрополітену неглибокого закладання. Експлуатаційні витрати в розрахунку на 1 пас-км і на одного пасажирів монорельсової дороги майже вдвічі менше, ніж метрополітену неглибокого закладання.

Підвісні монорельсові дороги можуть мати асиметричне або симетричне підвішування вагонів. При асиметричному вільному підвішуванні вагонів до ходової рейки ніяких пристроїв для стабілізації руху вагонів не потрібно. Візки стикаються з ходовою рейкою, причому всі бічні зусилля, в тому числі виникаючі при русі вагона по кривих ділянках шляху, сприймаються ребордами ходових коліс. При русі по кривих ділянках шляху вагони під дією відцентрових сил приймають похиле положення. Для обмеження кута нахилу вагонів у конструкції підвіски роблять спеціальні виступи, що при граничних відхиленнях вагона тнутья об напрямну рейку і гальмують рух. Краще зробленими є вагони з асиметричним підвішуванням і направляючими колісьми, що постачаються спеціальними стабілізуючими пристроями.

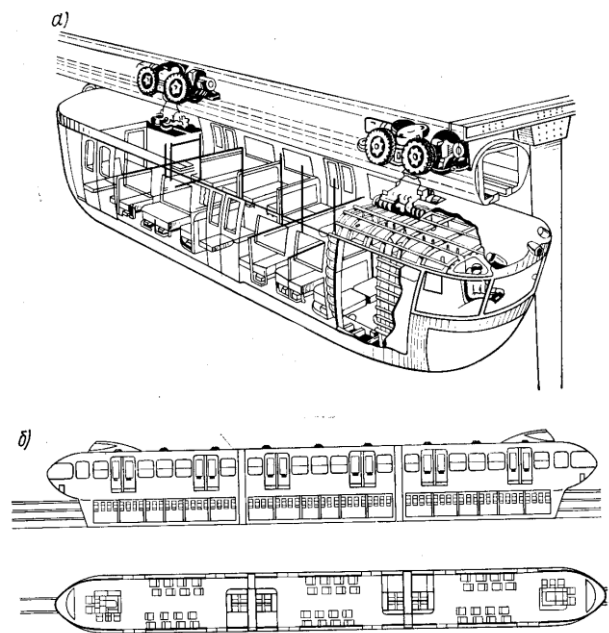


Рис. 10.7 – Рухомий склад монорельсової дороги

a – підвісний; *б* - навісний

У монорельсових дорогах із симетричним підвішуванням вагонів пристрої стабілізації забезпечені направляючими колесами для підтримання заданого положення візків щодо ходових доріжок балки і спеціальних пристроїв, що обмежують бічне хитання і граничні відхилення від вертикалі підвішених вагонів.

За даними закордонних дослідників, монорельсові дороги є найбільш вигідним видом позавуличного громадського транспорту. До достоїнств монорельсових доріг також відносяться: велика швидкість сполучення, підвищена провізна спроможність і високий ступінь безпеки. Разом з тим монорельсові дороги мають й істотні недоліки, що стримує їхнє поширення: складність влаштування стрілочних переводів, порушення архітектурної композиції міста.

10.7. Вертолітний транспорт

Вертольоти використовують для перевезення пасажирів між містом і пригородом, а також для зв'язку між пунктами утворення пасажиропотоків у місті: центром і вокзалами, центром і окремими районами міста і т.п. У перспективному плані розвитку масового пасажирського міського транспорту повинне бути передбачено використання вертольотів у великих містах. При числі місць у вертольоті 4 собівартість перевезень складає 100%, при 10 – 51%, при 25 – 27%, при 60 – всього 14%. Можна сказати, що вартість польоту, наприклад, вертольоту на 25 місць для пасажирів на лінії довжиною до 200 км виявиться рівною вартості проїзду в автобусі на ту ж відстань.

Незважаючи на те, що вертоліт – це апарат вертикального злету і його відносять до так званої безаеродромної авіації, для його експлуатації необхідна певна площа, хоча і значно менша в порівнянні з аеродромами. Розміри цієї площі, повітряні підходи до неї, склад приміщень та іншого наземного устаткування визначаються рядом факторів, у першу чергу типом експлуатованого вертольота, а також характером виконуваних виробничих функцій. У кожному окремому випадку потрібна особлива номенклатура службово-пасажирських приміщень та інших експлуатаційних споруд.

Конструктивні схеми вертольотів різні. Найбільше поширення одержали вертольоти, сконструйовані за наступними схемами:

- з одним несучим й одним кермовим (хвостовим) гвинтами. За допомогою кермового гвинта гаситься реактивний момент несучого гвинта;
- з двома несучими гвинтами (розташованими совісно (співвісна схема));
- з двома несучими гвинтами, розташованими один за одним по подовжній осі (подовжня схема);
- з двома несучими гвинтами, розташованими по поперечній осі (поперечна схема).

Вертольоти поділяються на три категорії: легкі – зі злітною масою до 4 т, середні – 4-12 т, важкі – понад 12 т. Категорія вертольота за величиною його маси є одним з основних показників, що визначають клас вертолітної станції (вертопорта). За категорією вертольота визначають необхідну міцність конструкції штучних покриттів і розміри злітно-посадочних смуг (площадок). Основними елементами повітряних вертолітних трас є: вертолітна повітряна лінія (маршрут), вертолітна повітряна траса і вертодром.

Вертолітна повітряна лінія – постійний маршрут регулярного руху вертольотів між вертолітними станціями (посадковими площадками), відкритими для повітряного сполучення.

Вертолітна повітряна траса – затверджений маршрут (коридор) у повітряному просторі для польотів цивільних вертольотів. До складу траси входять посадкові площадки і наземне устаткування. Основним елементом споруджень для вертолітного транспорту є *вертодром* – площа (на поверхні землі, дахові будинку і т.д.), підготовлена і спеціально обладнана для злету, посадки й обслуговування вертольотів. До складу вертодрома можуть входити одна або кілька літних смуг, доріжки для маневрів, місця стоянок вертольотів, одна чи декілька швартовочних площадок і інженерно-технічні спорудження (ремонтний док, склад авіапалива та ін.).

Вертолітні станції класифікують відповідно до категорій вертольотів. Вертолітна станція I класу забезпечує роботу вертольотів усіх трьох категорій; вертолітна станція II класу – середніх і легких вертольотів; вертолітна станція III класу – тільки легких вертольотів. Відповідно до вертолітних станцій класифікують і вертодроми. Вони можуть бути першого, другого і третього класів. За виробничим призначенням вертолітні станції підрозділяють на два типи – *пасажирські* й *поштові*. В окремих випадках вертолітні станції можуть бути побудовані на спеціально відведених земельних ділянках, на дахах будинків, на піднятих над поверхнею землі або води платформах (у затоках, на ріках, озерах), на мостах, дамбах і пірсах.

Найбільш поширені наземні вертолітні станції, що мають ряд істотних переваг: меншу вартість будівництва, можливість розширення площі і місць стоянок для вертольотів. Недоліки наземних вертолітних площадок полягають у труднощі розміщення їх у сформованій густій забудові міста. За твердженням американської літератури, вертолітні станції (площадки), розташовані на дахах будинків, виправдують своє призначення. Вони успішно експлуатуються в Чикаго, Нью-Йорку і Лос-Анджелесі. Такі площадки побудовані в деяких містах Європи. Обладнані на дахах будинків вертолітні станції (площадки) мають у порівнянні з наземними ряд переваг: можливість розміщення станції в центральній частині міста; полегшені умови заходу вертольота на посадку; видалення від сусідніх будинків і вулиць шуму і т.д. До недоліків станцій (площадок), розташованих на дахах будинків, відносяться: труднощі розміщення вертольотів, виліт яких затримується з тим чи інших причин; необхідність у влаштуванні спеціальних паливно-заправних засобів; збільшення експлуатаційних витрат; складність евакуації з площадки несправного вертольота.

Міські вертолітні станції можна будувати в ділових і торгових центрах міста, поблизу поштамтів, міських аеровокзалів, вокзалів усіх видів зовнішнього транспорту (залізничних, морських, річкових і автобусних), готелів і станцій метро. Вони повинні мати гарний зв'язок наземного транспорту з різними пунктами міста і пригородів. Ділянка, що відводиться для будівництва вертолітної станції, повинна мати достатні розміри, що забезпечують нормальні умови експлуатації вертольота розрахункового типу, і вільні повітряні підходи.

Внутріміські повітряні вертолітні траси слід прокладати таким чином, щоб вони були вилучені з житлових кварталів. Тому вертолітні траси проєктують над автомагістралями, залізницями, каналами, річками, набережними, парками і площами. Розміри земельних ділянок, що рекомендуються для будівництва міських вертолітних станцій, наведені в табл. 10.6.

Таблиця 10.6 – Розміри земельних ділянок, що рекомендуються, для будівництва вертолітних станцій залежно від інтенсивності руху вертольотів

Категорія вертольотів за величиною їх маси	Площа ділянки в км ² (га) при інтенсивності руху вертольотів у годину «пік»	
	до 10 злетів-посадок	до 20 злетів-посадок
Легкі	0,01 (1)	0,015 (1,5)
Середні	0,015 (1,5)	0,035 (3,5)
Важкі	0,025 (2,5)	0,05 (5)

В умовах сформованої забудови міста часто буває важко підібрати земельні ділянки з розмірами, зазначеними в табл. 10.6, тому містобудівники повинні приділяти особливу увагу питанню розміщення вертолітних станцій у проєктованих або реконструйованих містах, передбачаючи для цих цілей спеціальні площадки.

10.8. Швидкісний транспорт майбутнього

Збільшення насиченості міст легковим автомобільним транспортом привело до зниження швидкостей руху усіх видів вуличного транспорту, підвищення загазованості й шуму. Тому останнім часом особливу увагу стали приділяти створенню нових видів швидкісного транспорту й удосконаленню існуючих, що мають достоїнства, властиві легковому транспорту. Безсумнівно, що метрополітен поки ще є одним з видів транспорту, що дозволяє вирішувати транспортну проблему у великих містах. Він буде й у перспективі мати подальший розвиток. Очевидно, і швидкісний трамвай, значно удосконалений, також буде відігравати помітну роль у перевезеннях. Передбачається, що автобусний транспорт з електричною тягою та іншими джерелами палива, що

працює з використанням нових методів організації і керування рухом, збереже свої позиції.

Особлива увага як перспективному виду транспорту приділяється моно-рельсовим дорогам з розгорнутим лінійним двигуном на магнітному підвішуванні, на повітряній подушці й у вакуумному підвішуванні. Вважають, що цей вид транспорту, що має велику провізну спроможність, одержить широкий розвиток. Крім розглянутих видів транспорту продовжуються пошуки для створення нових видів транспорту з використанням останніх досягнень науки і техніки. Передбачається, що проблему міського транспорту повинні вирішити автоматизовані транспортні системи, за зручностями і комфортабельністю поїздки порівнянні з легковими автомобілями.

Нові автоматизовані пасажирські транспортні системи з повною автоматизацією керування за допомогою ЕОМ повинні працювати разом з іншими видами транспорту, що також повинні поступово переходити на автоматизацію керування. Такі системи можна підрозділити на три категорії: 1) системи з рухомим складом великої місткості, що працюють на зафіксованих маршрутах; 2) системи з рухомим складом малої місткості, що працюють за заявками пасажирів; 3) транспортні системи безперервної дії (конвеєрний транспорт). Рух транспортних засобів системи першої категорії здійснюється в автоматичному і напівавтоматичному режимах. Траси їх являють собою наземний або підземний шляхопровід з розташованими на ньому зупиночними пунктами. Такими системами можуть бути: удосконалений метрополітен, різного роду монорельсові дороги і трубопровідний транспорт пневматичний і непневматичний. Останній вид транспорту включає гравітаційний транспорт, що працює за принципом гравітаційного маятника, і вакуумний, коли в трубі перед вагоном (потягом) створюється розрідження і рух здійснюється під дією тиску повітря. Моделі зазначених систем у даний час проходять випробування в ряді країн і наближені економічні підрахунки свідчать про те, що в перспективі вони повинні дістати розвиток.

До систем з рухомим складом малої місткості, що працює за заявками пасажирів, відносяться: кабінне таксі з розгорнутим лінійним двигуном; система МРТ (моргантаунський персональний швидкісний транспорт); підвісна кабінна система Н-Bohn («підвісна естакадна кабінна дорога»); системи Morosav, Aramis, АСТ, Transit Expressway. Усі зазначені системи працюють від електричної тяги, без водіїв. Вони повністю автоматизовані, працюють за принципом кодування маршруту поїздки з використанням ЕОМ на центральних диспетчерських станціях. Випробування показують високу надійність систем і достатню їхню ефективність. Залежно від величини пасажиропотоку в таких системах може використовуватися рухомий склад великої місткості. Вказані системи можуть розглядатися як допоміжний вид транспорту.

До транспортних систем безперервного руху відносяться тротуари, що рухаються (пасажирські конвеєри), кабінні конвеєрні системи й ескалатори. Такі системи використовують для перевезення пасажирів на короткі дистанції. Області їх застосування досить різноманітні: позавуличні тунельні переходи,

пересадочні станції підвезення пасажирів до станцій метрополітену й інших видів транспорту, у місцях масового відвідування. Звичайне переміщення пасажирів у цих системах здійснюється з малими швидкостями, але в останні роки розроблені конструкції з роторними платформами і рівнобіжними стрічками конвеєра, що дозволяють здійснювати перевезення пасажирів з високими швидкостями. Основне достоїнство цих систем – їх висока провізна спроможність, що досягає 60 тис. пасажирів на годину і більше.

10.9. Области застосування різних видів транспорту і типів транспортних засобів

Для вирішення завдань, що пов'язані з плануванням виробництва транспортних засобів, необхідно знати потреби міст у видах транспорту і типах транспортних засобів. Потребу в транспортних засобах можна визначити, якщо будуть відомі області раціонального застосування типів транспортних засобів і видів транспорту, намічених до випуску на перспективний період. Використовуючи ці дані і встановлені раніше закономірності розподілу перевезень по маршрутах, неважко буде підрахувати потребу у видах транспорту і типах транспортних засобів для окремих груп міст, а потім і для всієї держави.

Области раціонального застосування різних типів транспортних засобів і видів транспорту в даний час визначають тільки за приведеними будівельно-експлуатаційними витратами. Інші фактори, в тому числі витрати часу пасажирами на пересування і використання міської території, не враховують, тому що вони не мають вартісних показників. Приведені будівельно-експлуатаційні витрати на 1 пасс.-км визначають за витратами, що приходяться на 1 км шляху. Існують два методи встановлення областей раціонального застосування видів транспорту: *аналітичний* і *графо-аналітичний*. За першим методом (*аналітичному*) області раціонального застосування двох порівнюваних видів транспорту визначають за граничним розміром пасажиропотоку, при якому наведені будівельно-експлуатаційні витрати будуть однаковими [58]:

$$S_{np1} = S_{np2}, \tag{10.1}$$

$$\frac{\mathcal{E}_1 + K_1\eta}{Al} = \frac{\mathcal{E}_2 + K_2\eta}{Al},$$

де $\mathcal{E}_1, \mathcal{E}_2$ – річні експлуатаційні витрати порівнюваних видів транспорту, грн.;

K_1, K_2 – капіталовкладення для порівнюваних видів транспорту, млн. грн.;

η – нормативний коефіцієнт ефективності капіталовкладень (0,12);

Al – річна робота транспорту, пас.-км.

Замінивши загальні капіталовкладення складовими, одержимо

$$\mathcal{E}_1 + (K_{1a}W'_{\partial\sigma} + K_{1\sigma})\eta = \mathcal{E}_2 + (K_{2a}W''_{\partial\sigma} + K_{2\sigma})\eta, \quad (10.2)$$

де K_{1a}, K_{2a} – капіталовкладення для порівнюваних видів транспорту, що залежать від розмірів руху, грн.;

$W'_{\partial\sigma}, W''_{\partial\sigma}$ – кількість транспортних засобів;

$K_{1\sigma}, K_{2\sigma}$ – капіталовкладення для порівнюваних видів транспорту, що не залежать від розмірів руху, грн.

$$W_{\partial\sigma} = (Al \cdot \rho \cdot k_{nn} \cdot k_{\partial}) / (100 \cdot V_{\partial} \cdot \varpi), \quad (10.3)$$

де ρ – частка перевезень у годину «пік», %

k_{nn}, k_{∂} – коефіцієнти, що враховують нерівномірність потоку по напрямку і довжині маршруту;

V_{∂} – експлуатаційна швидкість, км/год;

ϖ – прийнята місткість транспортного засобу, пас.

Підставивши значення $W'_{\partial\sigma}$ й $W''_{\partial\sigma}$ у формулу (10.3) і зробивши перетворення, одержимо

$$\overline{Al} = \frac{[(\mathcal{E}_1 - \mathcal{E}_2) - (K_{1\sigma} - K_{2\sigma})]\eta V_{\partial} k_{nn} k_{\partial} \rho}{(K_{1a} / \varpi_1 - K_{2a} / \varpi_2) \eta 100}. \quad (10.4)$$

Величина \overline{Al} і є та мінімальна гранична напруженість пасажиропотоку (для виду транспорту або типу транспортного засобу, що має велику місткість), при якій приведені витрати будуть однаковими. Для визначення максимальної граничної напруженості роблять повторне порівняння вже з іншим видом транспорту, для якого заздалегідь відомо, що він буде більш ефективним за границею максимальної напруженості. Якщо величина вийде негативною, то це значить, що один з порівнюваних видів транспорту буде ефективним при будь-яких розмірах пасажиропотоку. Розглянутий метод можна використовувати і для визначення області застосування двох видів транспорту однакової місткості. Але в цьому випадку буде всього одна гранична межа.

Для визначення областей раціонального застосування усіх видів міського транспорту і типів транспортних засобів доцільно користуватися графоаналітичним методом. Сутність його полягає в тому, що при різних значеннях пасажиропотоків для кожного виду транспорту і типу транспортного засобу визначають приведені будівельно-експлуатаційні витрати за формулою

$$S_{np} = (\mathcal{E} + K \cdot \eta) / Al \cdot 100, \quad (10.5)$$

де S_{np} – приведені будівельно-експлуатаційні витрати, грн./пас.км;

\mathcal{E} – річні експлуатаційні витрати, грн.;

K – капіталовкладення на будівництво і придбання транспортних засобів, грн.

Потім будують графіки зміни приведених будівельно-експлуатаційних витрат залежно від розміру пасажиропотоку. Перетинання графіків, побудованих для різних видів транспорту, між собою і визначає граничні межі пасажиропотоків або області їхнього раціонального використання. Результати розрахунків за обома методами залежатимуть від того, які значення вартісних показників включені в розрахунки. Звичайно при визначенні експлуатаційних витрат використовують усереднені звітно-статистичні дані, а при визначенні витрат по капіталовкладенням – існуючі відпускні ціни на устаткування і будівельні матеріали. Оскільки витрати з експлуатації і відпускні ціни з часом змінюються, області застосування того або іншого виду транспорту не постійні.

Контрольні питання

1. Основні способи скорочення часу пересування населення міст і пригородів.
2. Перелічіть випадки доцільності введення ліній відособленого руху автомобільного транспорту.
3. Які види транспорту можна віднести до швидкісного?
4. Наведіть приклади побудованих і проєктованих пасажирських монорельсових доріг.
5. Як ви уявляєте собі швидкісний транспорт майбутнього?

**ОРГАНІЗАЦІЯ ЕКСПРЕСНИХ
АВТОБУСНИХ СПОЛУЧЕНЬ
У МІСТАХ**

- 11.1. Організація руху автобусів у місті**
- 11.2. Аналіз методів визначення режимів руху автобусів на міських маршрутах**
- 11.3. Обґрунтування і вибір критерію ефективності експресних перевезень**

11.1. Організація руху автобусів у місті

В основу організації пасажирського руху в місті покладена *транспортна мережа*, що забезпечує погоджений зв'язок роботи усіх видів міського пасажирського транспорту.

Автобусна мережа формується з автобусних маршрутів, як правило, що мають відносно короткі перегони між зупинками (у межах 300-700 м). Зупинки автобусного маршруту підрозділяються на постійні, тимчасові, пункти зупинок «за вимогою пасажира» і кінцеві зупинки.

Постійні зупинки встановлюють у пунктах утворення постійного пасажирообміну зі значним числом прийнятих пасажирів і пасажирів, що висаджуються, протягом дня.

Тимчасові зупинки встановлюють у місцях, де пасажирообмін виникає або у певні години доби (театр, стадіон), або у визначений час року (сезонні).

Зупинки за вимогою пасажирів встановлюють у місцях з малим, але періодично виникаючим пасажирообміном.

Кінцеві зупинки (станції) улаштовують на кінцевому пункті маршруту, де відбуваються відпочинок і зміна автобусних бригад і контроль за роботою автобусів.

Для розрахунку схеми автобусних маршрутів визначають транспортну мережу міста, що складається з вузлів (центри мікрорайонів, на які попередньо розбивається місто) і ребер (вулиці, по яких можливий рух автобуса між цими пунктами), а також число пересувань між пунктами, що було отримано при обстеженні пасажиропотоків.

Критерієм оптимальності схеми маршрутів приймають *мінімум сумарних витрат часу пасажирів на пересування* [5], що включають час на прямування, очікування і пересадження.

Завдання зводиться в основному до мінімізації наступного функціонала:

$$E = \sum_{k=1}^n \sum_{f=1}^{n'} Q_{f_k}' t_{ok} + \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^m \Pi_{ij} |t_{cij} + t_{nij}| \rightarrow \min, \quad (11.1)$$

де $k - 1, 2, 3, \dots, n$ – маршрути автобуса;

$f - 1, 2, 3, \dots, n'$ – пункти на маршруті;

m – число мікрорайонів міста;

t_{ok} – час чекання початку поїздки одним пасажиром на k -му маршруті;

Q_{f_k}' - число пасажирів, що очікують автобуси в пункті k -го маршруту;

P_{ij} - число пересувань між пунктами i і j ;

t_{cij} та t_{nij} - витрати часу одним пасажиром на прямування і пересадження при проїзді між мікрорайонами (пунктами) i і j .

При мінімізації зазначеного функціонала на схеми маршрутів накладається ряд обмежень, що не рекомендують організацію маршрутів між пунктами дуже великої довжини або нераціонально малої довжини.

Схему маршрутів розраховують на ПЕОМ, застосовуючи метод динамічного програмування, який полягає в поділі задачі на кілька етапів, отриманні оптимального варіанта на кожному етапі й одержанні загального, досить наближеного рішення, що складається з поетапних оптимальних варіантів.

Прийнятне рішення цим методом досягається при допущенні, що відстань між двома сусідніми пунктами менше, ніж відстань між цими пунктами при шляху прямування через два інших проміжних пункти. Це допущення практично майже завжди прийнятне. При складанні раціональної схеми автобусних маршрутів його можна врахувати при розподілі міста на мікрорайони.

Алгоритм найкоротших шляхів полягає в наступному. Задану транспортну мережу (рис. 11.1): цифри, проставлені в кружечках – номери пунктів міста; цифри, проставлені у прямих, що з'єднують кружечки – відстані між пунктами – довжина ребер розбивають на зони (рис. 11.2): I-VIII - умовні зони міста; (3)-(19) - найкоротша відстань від пункту 1 так, щоб до кожної зони відносилися всі пункти, які з'єднані однією ланкою (ділянка між пунктами), з пунктами сусідніх зон. Потім визначають поетапно (за зонами) найкоротші шляхи між заданими пунктами. При одержанні однакової відстані у варіантах при виборі остаточного рішення враховують умови руху.

Організація роботи автобусів на маршруті полягає у виборі режимів руху транспортних засобів і роботи водіїв, визначенні кількості й місткості транспортних засобів, необхідних в різні години доби, складанні розкладу руху, контролі його виконання і влаштуванні зупинок.

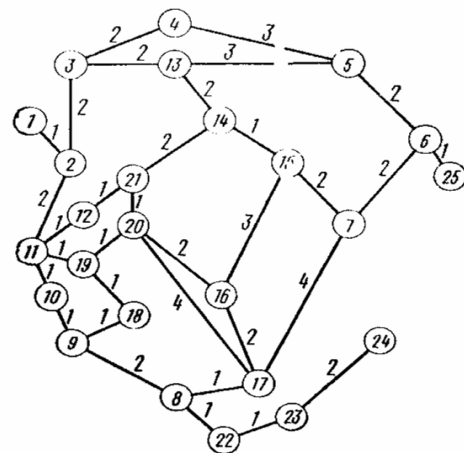


Рис. 11.1 - Схема транспортної мережі міста

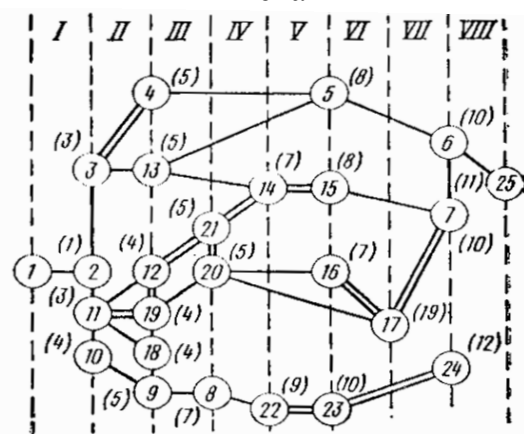


Рис. 11.2 - Схема визначення найкоротших відстаней

Велике значення при вирішенні цих завдань має вибір режимів руху транспортних засобів на маршрутах, тому що він у кінцевому рахунку впливає на якість обслуговування населення.

Різні режими руху на одному маршруті можуть бути застосовані внаслідок технологічних особливостей тільки на автомобільному транспорті. На пасажирському транспорті розрізняють три основні режими руху між зупинками: звичайний, експресний і маршрутне таксі [59]. Звичайний режим припускає, що транспортні засоби зупиняються на всіх зупинках маршруту. При експресному режимі руху транспортні засоби зупиняються на деяких зупинках маршруту. Відмінною особливістю маршрутного таксі є рух із зупинками, які не визначені паспортом маршруту, за винятком кінцевих, а виконувані за бажанням пасажирів і обов'язковою вимогою: у транспортному засобі повинні використовуватися тільки місця для сидіння (рис. 11.3).

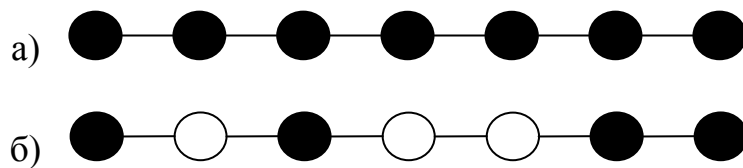


Рис. 11.3. – Режими руху автобусів на маршруті:

● - зупиночний пункт, де зупиняється: а) автобус, який працює у звичайному режимі руху; б) експресний автобус

Цілями організації експресного сполучення на міському автобусному маршруті є підвищення ефективності використання транспортних засобів і праці водіїв, зниження витрат часу пасажирами на поїздки. Застосовувані форми організації експресного сполучення визначаються специфікою пасажирських кореспонденцій на маршруті і можуть змінюватися в різні періоди доби. Експресне сполучення автобусів може бути введене на діючих маршрутах поряд зі звичайним режимом сполучення, що в сукупності утворює комбінований режим, або на правах самостійних маршрутів.

Установлення режимів руху на маршруті зводиться до ухвалення рішення про необхідність використання комбінованого режиму руху і визначення його виду. Завдання визначення комбінованого режиму руху є завданням пошуку на маршруті ділянок з такими пасажиропотоками, що виправдують з точки зору ефективності перевезень установлення на цих ділянках різних способів реалізації сполучення.

11.2. Аналіз методів визначення режимів руху автобусів на міських

маршрутах

Незважаючи на те, що комбінований режим руху на маршруті відомий давно, реалізувати його до початку 70-х років можна було, використовуючи тільки картограмний метод [60]. Недолік цього підходу полягає у великій трудомісткості його реалізації. У зв'язку з цим у середині 70-х років у ряді робіт були запропоновані методи реалізації вибору режимів руху на ЕОМ [61,62]. У своїй основі ці методи орієнтовані на повний перебір всіх можливих варіантів організації сполучення на маршруті. З метою скорочення кількості варіантів перебору автори приймали різні обмеження: на мінімальну швидкість сполучення, максимальну величину пасажирообороту на зупинках, максимальний інтервал руху та ін. Як критерій використовували принцип поліпшення якості обслуговування без погіршення показників роботи транспорту. Недоліком даного підходу є використання гіпотез про вибір пасажирями режимів руху (з точки зору пасажирів – виду сполучення), які не в повній мірі відповідали такому вибору.

Подальший розвиток методика установа режимів руху на маршрутах одержала в роботі [46]. На основі пасажирообороту зупинок її автор формалізував і аналітично вирішив завдання визначення комбінованих режимів руху автобусів на маршруті. По суті, вирішенням задачі є частка закріплених за маршрутом автобусів, які повинні зупинятися на кожній проміжній зупинці. При цьому сумарні витрати часу пасажирів на очікування і поїздки будуть мінімальними. Шляхом спрямованого перебору вихідного набору зупинок за критерієм мінімізації сумарних витрат часу пасажирів на поїздки формується остаточний набір зупинок, що визначає режим руху автобусів, доцільний для впровадження на маршруті. Недоліком цього підходу є відсутність урахування кореспондуючих зв'язків зупинок маршруту й потужності пасажиропотоку.

Інший підхід використали автори роботи [63]. Формування зупинок додатково до звичайного режиму руху виконується у напрямку зменшення величини пасажирських кореспонденцій і дозволяє більш ефективно вирішувати питання про виділення вихідного набору зупинок з наступним перебором варіантів. Запропонований метод позбавлений недоліків, властивих іншим методам. Однак використовувана авторами гіпотеза розподілу пасажиропотоків між утвореними маршрутами може призвести до помилок при розподілі транспортних засобів між ними, а відсутність чітких формулювань необхідних і достатніх умов для організації комбінованої форми сполучення на маршруті – до виконання не потрібної обчислювальної роботи. На основі узагальнення результатів досліджень з визначення режимів руху автором роботи [64] запропоновано удосконалення попередньої методики, що передбачає діагностування маршрутів на можливість впровадження комбінованого режиму руху й обґрунтовану гіпотезу вибору пасажиром виду сполучення. Цим автором доведено, що комбінований режим руху доцільний на звичайних маршрутах з інтервалом руху менше 7,5 хв. при певних співвідношеннях між коефіцієнтами змінності пасажирів і нері-

вномірності пасажиропотоку за довжиною маршруту. Зміна умов господарювання привела до перегляду пасажирами мотивів вибору виду сполучення [65-67]. Інші запропоновані методики обґрунтування комбінованого режиму руху [51, 68, 69] не мають практичного застосування через використання припущення про розподіл пасажиропотоків відповідно до провізних можливостей видів сполучення, яке тільки частково відповідає такому вибору.

Вихідним положенням всіх розглянутих методик є припущення, що автобуси працюють відповідно до графіка руху і мають однакову місткість. У роботі [70] запропоновано математичну модель функціонування міського пасажирського маршруту у вигляді імітаційної динамічної моделі з двома одночасними режимами руху транспортних засобів, один з яких звичайний, що дозволила встановити загальні закономірності, властиві комбінованому режиму руху, й визначити раціональне застосування його видів з урахуванням рівня транспортного обслуговування населення, продуктивності роботи транспорту й собівартості перевезень. Основною метою цього дослідження є обґрунтування доцільності відправлення в рейс за заповненням салону автобусу та швидкісною подачею автобусів у не завантаженому напрямку руху. До недоліків дослідження можна віднести той факт, що особлива увага приділяється тільки таксомоторним маршрутам і перевага віддається транспортним засобам місткістю менше 30 пасажирів. З погляду екологічної безпеки це може бути недоцільним.

Від рівня функціонування і розвитку МПТ залежить рівень життя населення, економіки і культури в будь-якому місті. Але не можна забувати, що робота автомобільного пасажирського транспорту не проходить безслідно для навколишнього середовища (НС) і суспільства. Шкідливі викиди приводять до забруднення НС, особливо в найбільших містах, як наслідок цього процесу погіршується здоров'я людей. Тому крім сприяння вирішенню ряду соціальних завдань, що стоять перед суспільством, до пасажирського транспорту ставиться ряд соціальних вимог (обмежень), з яких істотним можна виділити охорону НС.

Слід зазначити, що негативний вплив транспорту на НС обговорюється в даний час, особливо у пресі, більше на емоційній, ніж на науковій основі. Різке збільшення чисельності автомобільного транспорту висуває на одне з перших місць проблему захисту атмосферного повітря і населення від впливу забруднюючих речовин [71-76]. Сьогодні облік екологічних показників здійснюється більше на технічному рівні: шляхом формування вимог, яким повинен відповідати рухомий склад пасажирського транспорту.

Сучасний автомобільний парк міста характеризується різноманіттям рухомого складу. У загальному потоці по вулицях одночасно рухаються транспортні засоби, що відрізняються типом двигунів і споживаним паливом, терміном служби і технічним станом. Цими автомобілями керують водії з різними досвідом, кваліфікацією і манерою водіння.

Найважливішим показником, що відбиває фактичні умови транспортних потоків, є час проїзду транспортними засобами ділянки міської магістралі (швидкість сполучення). З огляду на циклічний характер руху автомобілів у містах середній час проїзду можна розглядати у вигляді суми середнього часу ро-

боти транспортних засобів на різних режимах: розгін, гальмування, рух зі сталою швидкістю, холостий хід [77]. Від співвідношення цих складових істотно залежать багато показників екологічної безпеки автомобілів.

У міських умовах у середньому 16...18% часу транспортні засоби рухаються зі сталою швидкістю, 40...42% з прискоренням (розгін), 24...26% з уповільненням і 16...18% у режимі холостого ходу [78].

Установлено [51], що самою енергоємною фазою руху транспортних засобів є розгін (прискорення), а експерименти [79] підтверджують теоретичний висновок, що самим економічним за витратою палива є режим руху з постійною швидкістю.

Для кожного типу двигуна (карбюраторного або дизельного), за інших рівних умов, кількість забруднюючих речовин, що викидаються в атмосферу, пропорційно витраті палива. Тому економія палива одночасно означає скорочення викиду токсичних речовин в атмосферу [80].

Правильне планування міських пасажирських перевезень, упровадження прогресивних методів організації руху можуть скоротити число і тривалість зупинок транспортних засобів, зменшити частку несталих режимів, у зв'язку з чим з'являється можливість зниження експлуатаційної витрати палива.

З розвитком автомобілізації екологічні проблеми набувають все більших масштабів. Раніше ці проблеми не були настільки актуальними, тому в дослідженнях, пов'язаних з удосконаленням роботи пасажирського транспорту, цим питанням не приділялася значна увага, на сьогоднішній день вони є маловивченими. Автор роботи [70] акцентує увагу на витраті палива залежно від місткості автобусів при їх повному завантаженні. Необхідне обґрунтування співвідношення транспортних засобів різної місткості, тому що використання значної їх кількості й малої місткості може призвести до погіршення екологічних показників автомобільного транспорту.

Перспективність впровадження експресного режиму руху транспортних засобів на міських маршрутах пов'язана з можливістю, по-перше, забезпечувати високі швидкості сполучення при дотриманні режиму праці й відпочинку водіїв, по-друге, підвищити перевізну здатність автомобільного транспорту, по-третє, знизити собівартість перевезень, по-четверте, підняти рівень транспортного обслуговування населення, по-п'яте, зменшити екологічне забруднення міст. На шляху реалізації цього напрямку удосконалення міських пасажирських перевезень виникають труднощі, що виявляються у відсутності характеристик транспортного процесу, критеріїв ефективності, які відповідають ринковим умовам, недостатності теоретичних розробок з організації експресних перевезень.

11.3. Обґрунтування і вибір критерію ефективності експресних

перевезень

Система міського пасажирського транспорту повинна задовольняти певним вимогам. Розвиток суспільства спричиняє постійне коригування цих вимог відповідно до стану соціально-економічної формації, економіки, політики тощо. Отже показникам ефективності системи, що визначають ступінь її відповідності вимогам, які ставляться, притаманна зміна не тільки пріоритетів, але й складу критеріїв. Встановлення критеріїв ефективності системи дозволяє об'єктивно оцінювати можливі заходи з покращення рівня пасажирських перевезень.

Перші спроби формалізації критерію оцінки ефективності міських пасажирських перевезень відносяться до 30-х років минулого століття. У 1932 р. А.Х. Зільберталь прийняв за критерій час, що витрачається пасажиром на очікування транспорту для поїздки. Цей критерій характеризує інтенсивність руху транспорту, але не враховує витрати часу на поїздки, пішохідний рух, пересадки і вартість організації перевезень. Тому з метою врахування всіх складових витрат часу пасажирів на переміщення А.М. Якшин пропонує оцінювати ефективність міського транспорту відношенням середньої швидкості переміщення населення з використанням транспорту до швидкості пішохода. Інша точка зору, висловлена у 1938 р. Н.Н. Закутіним, полягала в тому, що ефективність пасажирського транспорту визначається рівнем рентабельності його роботи. Використання цього критерію не стимулює підвищення рівня транспортного обслуговування. Узагальнюючи досвід попередників, В.С. Ларіонов здійснив спробу об'єднати два альтернативні підходи. Він запропонував оцінювати організацію міських пасажирських перевезень за сумарними витратами часу пасажирів на переміщення при дотриманні обмеження на найменшу припустиму потужність пасажиропотоку [64]. Такий підхід звільнює від вад, притаманних вищевикладеним критеріям оцінки, але не стимулює ефективне використання транспортних засобів. Суттєвою перевагою цього критерію є неспроможність порівняння можливих варіантів організації перевезень з різними рівнями транспортного обслуговування і властивих їм витрат на експлуатацію рухомого складу. У 60-ті роки аналогічний критерій використовували при розробці методики маршрутизації НДІАТ [81]. У більшості робіт 90-х років за критерій приймали народногосподарські витрати, а також інші критерії, близькі до нього за змістом [47, 48, 64, 68, 81, 82, 83]. Перевагою цієї групи комплексних критеріїв є те, що в них зіставлення витрат часу пасажирів на переміщення з фінансовими витратами на здійснення перевезень виконується на основі недостатньо науково обґрунтованої процедури переведення часу в гроші. З метою подолання цього недоліку в роботі [52] запропоновано використовувати функцію корисності, а в [84] – швидкість переміщення пасажирів, що припадає на одиницю витрат ресурсів.

Аналіз робіт, присвячених питанню формалізації критерію оцінки системи міського пасажирського транспорту [52, 58, 68, 81, 83-89, 108], свідчить

про відсутність єдиного загальноприйнятого набору показників, за якими оцінюється система. Це пояснюється складністю об'єкта дослідження. Вирішення транспортних проблем міст потребує узгодження за різними напрямками діяльності: містобудування, техніка, економіка, соціологія, екологія тощо. Кожен з напрямків висуває свої вимоги й показники оцінки до системи міського пасажирського транспорту. Отже оцінка ефективності й удосконалення системи міського пасажирського транспорту є багатокритеріальним завданням. При цьому формалізація значної кількості критеріїв (зручність, естетичність, комфортність тощо) проблематична. Тому відсутня методика, що дозволяє об'єднати відомі показники в єдиний оціночний критерій, оскільки незмірна і непостійна їх значущість для розв'язання різних завдань. У зв'язку з цим при удосконаленні перевізного процесу спочатку визначають перелік і значення оціночних показників, а потім за обраним критерієм здійснюють удосконалення об'єкта, який досліджується. Ефективність змін, що вводяться, встановлюється експертним шляхом на основі порівняння значень оціночних показників до і після удосконалення об'єкта.

Для оцінки зміни стану перевезень за рахунок впровадження експресного режиму руху може бути використана значно менша кількість показників шляхом включення тих параметрів, значення яких не залежать від дій, що застосовуються до системи перевезень.

Систему можна вважати високоефективною, якщо вона повністю у встановлені строки у відповідних умовах виконує поставлені завдання з мінімально можливими витратами ресурсів. Таким чином, критерії ефективності повинні вмещувати параметри і характеристики, що враховують призначення, результати використання і витрати на функціонування системи. Відображаючи основне призначення системи, показники ефективності повинні бути критичними по відношенню до її параметрів, просто визначатися кількісно, бути універсальними і дозволяти виконувати порівняльний аналіз.

Призначенням системи міського пасажирського транспорту є задоволення попиту на перевезення з певним рівнем транспортного обслуговування. Методологічною основою оцінки рівня ефективності такої системи в Україні є державний стандарт [90], який визначає номенклатуру показників якості. Передбачено, що обґрунтування методики розрахунків і вибір показників якості треба виконати з урахуванням задачі, що вирішується, безпосередньо дослідниками.

Основними сторонами ринку міських пасажирських перевезень є пасажир, перевізники й органи місцевої влади. За даними обстежень в ряді країн Європи [52, 83] найбільш вагомим пасажир вважав час, що витрачається на переміщення, і вартість поїздки. З урахуванням реалій сучасності це твердження потребує уточнення.

Для перевізників основним показником є прибуток, що складає залишок від різниці доходів і витрат на перевезення і сплати податків. Доходи залежать від тарифів на перевезення, а витрати – від собівартості перевезень, що визначається продуктивністю транспортних засобів.

На органи місцевої влади покладається піклування про достатню перевізну спроможність транспорту, охорону довкілля, створення робочих місць, організацію дорожнього руху тощо. З урахуванням проблем, що викликані зростанням рівня автомобілізації міст, пріоритетним для влади є підвищення продуктивності роботи транспорту, що сприяє зменшенню екологічного забруднення та підвищенню рівня транспортного обслуговування населення.

Отже ефективність міських пасажирських перевезень визначається рівнем транспортного обслуговування, продуктивністю роботи транспорту й собівартістю перевезень. При вирішенні завдань, що передбачають одночасну зміну непорівнянних показників, як, наприклад, рівня транспортного обслуговування та собівартості перевезень, можливе використання критерію, рекомендованого М.Г. Босняком [84].

У даний час необхідне здійснення заходів, спрямованих на соціальний захист людей. Для цього бажано забезпечити такі параметри їхньої поїздки в міському пасажирському транспорті, в умовах сформованих можливостей і транспортних мереж, при яких транспортне стомлення пасажирів було б по можливості мінімальним. Тому пропонується використовувати новий критерій оцінки ефективності, який дозволяє враховувати соціально-економічні наслідки транспортного процесу для суспільства в цілому:

$$B_{\text{сусп}} = B_{\text{мд}} + B_{\text{пр}} + B_{\text{екол}} \quad \rightarrow \min, \quad (11.2)$$

$$A^{(з)} + A^{(е)} = \text{const}$$

$$H_{ij} = \text{const}$$

$$H_{ji} = \text{const}$$

де $B_{\text{сусп}}$ - загальні витрати суспільства на транспортний процес, грн.;

$B_{\text{мд}}$ - зниження міського доходу внаслідок транспортного процесу, грн.;

$B_{\text{пр}}$ - витрати пасажирів на проїзд у транспортному засобі, грн.;

$B_{\text{екол}}$ - витрати на покращення екологічної ситуації в місті, грн.;

$A^{(з)}$ - кількість автобусів на маршруті, які працюють у звичайному режимі руху, од.;

$A^{(е)}$ - кількість експресних автобусів на маршруті, од.;

H_{ij} - сумарна кореспонденція пасажирів з i -го району в j -й за період „пік”, пас.;

H_{ji} - сумарна кореспонденція пасажирів з j -го району в i -й за період „пік”, пас.

11.3.1. Розрахунок зниження міського доходу внаслідок транспортно-го процесу

Визначення раціональної організації руху транспортних засобів на маршруті проводять за вихідними даними, що можуть бути отримані в результаті обстежень і обліку пасажиропотоків. Використання при розробці організації руху автобусів на маршруті матеріалів фактичного обстеження пасажиропотоків дозволяє щонайкраще забезпечити обслуговування міського населення і найбільш ефективно використовувати рухомий склад на лінії.

Згідно з рекомендаціями Д.С. Самойлова, «розрахунковим періодом, за яким проектують транспортну систему міста, є година «пік». Звичайно цей період з максимальним числом перевезень виражається у відсотках до числа середньодобових перевезень. За даними обстеження в містах, відсоток перевезень у годину «пік» складає в середньому 7-14% добових» [58].

Для визначення раціонального режиму руху транспортних засобів на маршруті згідно з критерієм (11.2) необхідно встановити зниження міського доходу внаслідок транспортного процесу ($B_{мд}$).

У коло завдань цієї роботи не входить розробка методу визначення $B_{мд}$, тому вибираємо один з існуючих. Найбільш зручним способом визначення цієї складової є розрахунок відповідно до формули [91]

$$B_{мд} = H_{ij} \cdot Z_{ij}, \quad (11.3)$$

де H_{ij} - сумарна кореспонденція пасажирів з i -го району в j -й за період „пік”, пас.;

Z_{ij} - зниження рівня суспільного виробництва пасажирів внаслідок пересування з i -го району в j -й, грн.

Коли припустити, що пасажирів, які прямують з i -го району в j -й, виробляють рівну кількість цінностей, то зниження рівня суспільного виробництва можна визначити за наступною формулою:

$$Z_{ij} = \frac{D_m \cdot P_{ij}}{N_m \cdot D_{pp}} + t_{пер_{ij}} \cdot B_{вч}, \quad (11.4)$$

де D_m - річний дохід міста, грн.;

P_{ij} - частка зниження ефективності суспільного виробництва пасажирів внаслідок пересування з i -го району в j -й;

N_m - чисельність працюючих в місті, чол.;

- D_{pp} - кількість робочих днів на рік, днів;
 $t_{перij}$ - час пересування з i -го району в j -й, год.;
 $B_{гч}$ - вартість 1 години вільного часу, грн.

11.3.2. Моделювання процесу переміщення пасажирів

Переміщення жителів у міському просторі починається і закінчується у квартирах житлових будинків, на робочих місцях підприємств і об'єктах культурно-побутових закладів. Ці переміщення можуть бути пішохідними або з використанням транспортних засобів. У загальному випадку вони є комплексними. Основними характеристиками переміщень є їх відстань, швидкість сполучення і витрати часу на переміщення [5, 81, 85, 86]. Складовими витрат часу на маршрутне переміщення є піший підхід від місця відправлення до зупинки міського пасажирського транспорту, очікування транспорту на зупинці, рух в транспорті й піший підхід від зупинки до місця призначення. Для опису цих складових в теорії міських пасажирських перевезень запропоновано ряд моделей [5, 81, 85, 86].

Для формалізації витрат часу на пішохідні переміщення у теорії міських пасажирських перевезень використовують моделі, що описують рух з пункту виходу до зупинки міського транспорту. Ці моделі розрізняються геометричним представленням району відправлення (прибуття) і трасами пішохідного руху. Найбільшого поширення набула модель, що передбачає рух пішохода по найкоротшій відстані до траси маршруту і далі уздовж неї до зупинки транспорту. Її математичний запис для пішохідних переходів визначається [5, 81, 92] як

$$t_{ниш} = \frac{1}{V_{ниш}} \left(\frac{1}{3\sigma_{мм}} + \frac{l_{пер}}{4} \right), \quad (11.5)$$

- де $V_{ниш}$ - швидкість пішохода, км/год.;
 $\sigma_{мм}$ - щільність маршрутної мережі, км/км²;
 $l_{пер}$ - довжина перегону, км.

Витрати часу на очікування початку поїздки оцінюють через інтервал руху автобусів (I_p) [5]:

$$I_p = \frac{2l_m}{A \cdot V_e}; \quad (11.6)$$

$$t_{оч} = \frac{I_p}{2} = \frac{l_m}{A \cdot V_e}, \quad (11.7)$$

де l_m - довжина маршруту, км;

A - кількість транспортних засобів на маршруті, од.;

V_e - експлуатаційна швидкість транспортних засобів на маршруті, км/год.

$$V_e = \frac{l_m}{t_{пыху} + t_{зуп} + t_{зн} + t_k}, \quad (11.8)$$

де $t_{пыху}, t_{зуп}, t_{зн}, t_k$ - відповідно час чистого руху на маршруті, час затримок з причин регулювання вуличного руху, час простою на проміжних зупинках маршруту, час простою на кінцевих пунктах маршруту, год.

Витрати часу пасажирів на поїздку визначають [5, 85, 93] так:

$$t_n = \frac{l_m}{V_c}, \quad (11.9)$$

де V_c - швидкість сполучення, км/год.

$$V_c = \frac{l_m}{V_r} + \left(\frac{l_m}{l_{неp}} - 1 \right) \cdot t_{зн}, \quad (11.10)$$

де V_r - технічна швидкість руху автобусів, км/год.

Технічна швидкість руху автобусів, як сказано в [94], з достатньою для інженерних розрахунків точністю визначається довжиною перегонів. Гіпотетичною формою вказаного взаємозв'язку прийнята експонентна залежність, що добре зарекомендувала себе при описі багатьох природних явищ. Відповідно до інтуїтивного уявлення, при $l_{неp} \rightarrow \infty$ швидкість руху автобуса може зростати до визначеного умовно постійного рівня, який залежатиме від інтенсивності руху транспорту, обмежень швидкості руху в містах, а також інших дорожніх умов і засобів регулювання транспортних потоків. На користь експонентної форми залежності $V_r = f(l_{неp})$ свідчить також той факт, що зі збільшенням довжини перегону темп зростання V_r поступово зменшується і наближається до швидкості руху транспортного потоку.

Наведена в роботі [70] математична модель забезпечує достатню адекватність результатів (коефіцієнт кореляції склав 0,972):

$$V_r = V_{тр} (1 - 0,67 * e^{-3,3 * l_{пер}}), \quad (11.11)$$

де $V_{тр}$ - середня швидкість транспортного потоку, км/год.

Висновки багатьох авторів [26, 48, 65, 81] підтверджують, що при виборі пасажиром шляху переміщення необхідно враховувати інтервал руху транспортних засобів. На основі проведеного аналізу з урахуванням відсутності пересадок при маршрутних поїздах основними характеристиками, на які орієнтується пасажир при виборі шляху переміщення, є тариф на перевезення, загальні витрати часу на переміщення, інтервал руху і наповнення салону.

Витрати пасажирів на проїзд у транспортному засобі можна визначити за формулою

$$B_{пр} = H_{ij} \cdot T, \quad (11.12)$$

де T - тариф на перевезення одного пасажирів, грн.

11.3.3. Підвищення паливної економічності й екологічності міських автобусів у процесі експлуатації

Сучасний етап науково-технічної революції характеризується посиленням протиріч між потребою суспільства у витраті природних ресурсів і необхідністю збереження чистоти НС. Протягом всієї історії суспільного розвитку відносини людини до природи обумовлювалися насамперед зміною характеру і масштабів людської діяльності.

Якщо в далекому минулому масштаби використання природних ресурсів були не порівнянні з їх запасами, то в даний час діяльність людського суспільства робить усе більший вплив на природу, порушуючи її механізми саморегулювання, що, у свою чергу, викликає необхідність переходу від екстенсивного до інтенсивного способу використання природних ресурсів.

Одним з головних споживачів нафтового палива в даний час є автотранспортні засоби. На автомобільному транспорті витрачається більше 18% споживаних у країні нафтопродуктів [94] і з подальшим збільшенням автомобільного парку ця частка споживання в паливному балансі буде збільшуватися. Тому раціональна витрата паливно-мастильних матеріалів являє собою дуже важливе народногосподарське завдання з погляду дбайливого ставлення до природних ресурсів. Крім того, це сприяє зменшенню сумарного шкідливого впливу викидів автомобілів у НС.

Відомо, що автомобільний транспорт є основним забруднювачем атмосферного повітря у великих містах. Різке збільшення чисельності автомобільно-

го транспорту висуває на одне з перших місць проблему захисту атмосферного повітря і населення від впливу забруднюючих речовин.

Основними проблемами, пов'язаними зі шкідливим впливом транспорту на НС, є транспортний шум і загазованість атмосферного повітря. Наявність шкідливих домішок в атмосфері позначається: на людях (погіршення самопочуття, збільшення захворювань, зниження продуктивності праці і якості роботи і т.п.); на тваринах і рослинах (захворювання, вимирання, порушення рівноваги в природі і т.п.); на будівлях і спорудах (передчасний вихід з ладу внаслідок розкладання будівельних матеріалів і корозії).

Автомобільний транспорт забруднює атмосферу головним чином трьома способами: емісією шкідливих речовин з відпрацьованими газами, проривом газів у картер двигуна й емісією шкідливих речовин у результаті випару палива в паливних баках, карбюраторах, а також у результаті витоків палива. Головним з них є перший спосіб, на частку якого приходиться близько 2/3 шкідливих викидів автомобілів в атмосферу [80].

У нашій країні найбільший вплив на забруднення атмосферного повітря роблять промислові підприємства, але у великих містах автомобільний транспорт у забрудненні атмосфери відіграє найбільшу роль. Основними нетоксичними компонентами відпрацьованих газів автотранспортних засобів є азот, кисень, пари води і вуглекислий газ. Усього нараховується близько 200 шкідливих (забруднюючих) речовин, багато з яких небезпечні для здоров'я людини. До токсичних компонентів відносяться: оксиди вуглецю, оксиди азоту, альдегіди, вуглеводні, сірчистий газ, сажа, бенз(а)пірен та ін. У даний час прийнято вважати, що основними шкідливими компонентами відпрацьованих газів є оксид вуглецю (CO), вуглеводні (C_nH_m) і оксиди азоту (NO_x).

Сучасний автомобільний парк міста характеризується різноманіттям рухомого складу. У загальному потоці по вулицях одночасно рухаються транспортні засоби, що відрізняються типом двигунів і споживаним паливом, терміном служби і технічним станом. Цими автомобілями керують водії з різними досвідом, кваліфікацією і манерою водіння.

Істотний вплив на токсичність відпрацьованих газів роблять режими руху автомобілів, які можна розділити на сталі й несталі. У міських умовах експлуатації переважними є несталі режими руху, що характеризуються постійною зміною швидкості. У загальному випадку рух автомобілів у місті здійснюється з прискореннями, уповільненнями, роботою двигуна на холостому ході і рухом з відносно сталою швидкістю, причому співвідношення цих фаз може бути різним [80] (табл. 11.1).

Режим холостого ходу характеризується зростанням викиду продуктів неповного згоряння. Температура в камері згоряння на режимах холостого ходу невелика, тому зміст NO_x у відпрацьованих газах на холостому ході малий. Особливо різко зростає вміст C_nH_m у період пуску двигуна внутрішнього згоряння, тому що в декількох перших циклах горіння не відбувається.

Таблиця 11.1 – Тривалість найбільш характерних режимів руху в умовах великого міста

Режими руху	Тривалість у загальному балансі часу, %
Холостий хід	29
Прискорення	38
Постійна швидкість	9
Уповільнення	24

Основна частка викиду NO_x при русі автобусів у місті приходить на режим розгону. На початку розгону спостерігається деяке збільшення вмісту продуктів неповного згоряння у відпрацьованих газах, що потім зменшується. Режими уповільнення складають значну частину часу роботи автобусів в умовах міста. Цей режим називають також режимом примусового холостого ходу. В окремих циклах процес згоряння не поширюється по всій камері згоряння, що пояснює різке збільшення частки C_nH_m у відпрацьованих газах. Крім того, при навантажувальних режимах відзначається значне збільшення викиду продуктів неповного згоряння [95], (табл. 11.2).

Таблиця 11.2 – Склад токсичних компонентів у відпрацьованих газах двигунів внутрішнього згорання

Компоненти, %	Склад токсичних компонентів у відпрацьованих газах автомобілів з карбюраторним (КД) і дизельним (ДД) двигуном внутрішнього згорання на різних режимах руху							
	холостий хід		прискорення		постійна швидкість		уповільнення	
	КД	ДД	КД	ДД	КД	ДД	КД	ДД
CO	до 7	сліди	до 1,8	сліди	до 2,5	сліди	до 2	сліди
C_nH_m	0,5	0,04	0,1	0,001	0,2	0,02	1,0	0,03
NO_x	0,003	0,006	0,105	0,085	0,065	0,025	0,002	0,03

Забруднення навколишнього середовища приводить до витрат у народному господарстві в двох напрямках: на попередження впливу забрудненого середовища на реципієнтів (коли таке попередження, часткове або повне, технічно можливе) і витрати, пов'язані з впливом на них забрудненого середовища. Останні виникають, якщо повне попередження такого впливу неможливе або якщо витрати на повне попередження впливу виявляються більшими, ніж сума витрат у вищезгаданих напрямках при частковому запобіганні впливу забрудненого середовища на людей і різні об'єкти. Оскільки подібні ситуації трапляються часто, обидва зазначених типу витрат звичайно мають місце одночасно.

Ці витрати називаються економічним збитком від забруднення навколишнього середовища. Розрахунки їх проводять при плануванні й проектуванні середовища захисних заходів у всіх випадках, коли визначається чистий економічний ефект цих заходів.

Загальна економічна ефективність природоохоронних витрат визначається з метою:

- установлення народногосподарських результатів витрат на охорону навколишнього середовища;
- виявлення динаміки ефективності цих витрат і темпів їхнього росту;
- оцінки галузевих і територіальних пропорцій при розподілі капітальних вкладень;
- оцінки ступеня освоєння капітальних вкладень;
- характеристики фактичної і планованої ефективності витрат;
- прийняття рішень про черговість проведення природоохоронних заходів.

Відповідно до методики [96], затвердженої Міністерством екології та природних ресурсів України, розмір річних рівнів платежів за викиди в атмосферу шкідливих речовин пересувними джерелами забруднення встановлюється на підставі базових нормативів платежів, обумовлених видом і кількістю споживаного рідкого палива за формулою

$$B_{екол} = k_t \cdot k_{інд} \cdot P_p \cdot 0,01 \cdot H_b \cdot (1 + 0,01k_{\Sigma}), \quad (11.13)$$

де k_t - коефіцієнт, що враховує територіальні соціально-екологічні особливості населеного пункту;

$k_{інд}$ - коефіцієнт індексації [80];

P_p - базовий норматив плати за використання 1 л рідкого палива, грн./л ;

H_b - базова лінійна норма витрати палива, л/100 км;

k_{Σ} - сумарний коефіцієнт коригування [96].

Коефіцієнт, що враховує територіальні соціально-екологічні особливості, залежить від чисельності жителів населеного пункту, його народногосподарського значення і розраховується за формулою [75]

$$k_t = k_{нас} \cdot k_{\phi}, \quad (11.14)$$

де k_{ϕ} - коефіцієнт, що враховує народногосподарське значення населеного пункту і визначається за табл. 11.3;

$k_{нас}$ - коефіцієнт, що залежить від чисельності жителів населеного пункту і визначається за табл. 11.4.

Таблиця 11.3 – Показники коефіцієнта, що враховує народногосподарське значення населеного пункту

Тип населеного пункту	k_{ϕ}
Організаційно-господарські й культурно-побутові центри місцевого значення з перевагою аграрно-промислових функцій (районні центри, міста, селища районного підпорядкування) та села	1,00
Багатофункціональні центри, центри з перевагою промислових і транспортних функцій (обласні центри, міста обласного підпорядкування, великі промислові та транспортні вузли)	1,25
Центри з перевагою рекреаційних функцій	1,65

Таблиця 11.4 – Показники коефіцієнта, що залежить від чисельності жителів населеного пункту

Чисельність населення, тис. чол.	$k_{нас}$
до 100	1,00
100,1-250	1,20
250,1-500	1,35
500,1-1000	1,55
більше 1000	1,80

Облік дорожніх, кліматичних та інших експлуатаційних факторів здійснюють за допомогою ряду поправочних коефіцієнтів, приведених у формі відсотків підвищення або зниження базового значення норми витрати палива. У разі застосування одночасно декількох поправочних коефіцієнтів розраховують сумарний коефіцієнт коригування, який дорівнює сумі надбавок.

Таким чином, рівень екокомпенсації, отриманий за пропонованою методикою, характеризує співвідношення екологічного збитку і часткової екокомпенсації. Головне при цьому, щоб екокомпенсація мала цільовий характер і була спрямована на заходи, пов'язані з комплексною екологізацією автомобілів і транспортних потоків.

Контрольні питання

1. Перелічіть основні режими руху транспортних засобів на маршруті.
2. Наведіть послідовність розрахунку зниження міського доходу внаслідок транспортного процесу.
3. Яка тривалість найбільш характерних режимів руху в умовах великого міста?

ОСНОВИ ОРГАНІЗАЦІЇ ВУЛИЧНОГО РУХУ

- 12.1. Розробка схем організації руху транспорту**
- 12.2. Вивчення складу й розмірів вуличного руху**
- 12.3. Організація руху на міських вулицях**
- 12.4. Регулювання вуличного руху**
- 12.5. Технічні засоби організації і регулювання руху**
- 12.6. Розміщення зупиночних пунктів суспільного пасажирського транспорту**

**12.1. Розробка схем організації руху
транспорт**

Раціональна організація руху транспорту в містах дозволяє забезпечити високу швидкість і безпеку руху, найбільші зручності для пасажирів і економічність перевезень. Організація руху – це членування транспортних потоків у просторі, а регулювання руху – це методи і прийоми членування транспортних потоків у часі. Організація і регулювання руху – дві сторони одного процесу управління міським рухом, що знаходяться в тісному зв'язку і доповнюють один одного.

При розробці генеральних планів розвитку міст процес управління міським транспортом вирішується у проекті розвитку транспортної й вулично-дорожньої мереж. У комплексних схемах розвитку усіх видів міського транспорту питання організації і регулювання вуличного руху розробляють на три черги: перша – на найближчу п'ятирічку, друга – на розрахунковий термін 10-15 років, третя – на перспективний термін 25-30 років.

Вихідними даними при розробці проектів організації і регулювання руху є: існуюча система транспортного обслуговування міста; картограми фактичної інтенсивності руху на магістральній мережі міста; картограми взаємної кореспонденції пасажиро- і вантажопотоків на транспортній мережі; дані про дорожньо-транспортні випадки; структура і планувальні параметри вуличної мережі. Проект організації і регулювання руху розробляють на плані міста в масштабі 1:2000-1:20000, на якому показані існуючі лінії громадського транспорту, зупиночні й кінцеві пункти, перехрестя і транспортні вузли. Картограму фактичної інтенсивності руху на магістральній мережі показують на плані міста в тому ж масштабі з указівкою складу транспортних потоків автомобілів. Дані про дорожньо-транспортні випадки за певний період часу проставляють у проекті на вуличній мережі умовними позначеннями. Ділянки або транспортні вузли, особливо не благополучні за характером і числом подій, показують у масштабі 1:200-1:500, точно позначаючи місця, на яких відбулися дорожньо-транспортні випадки.

Окремо представляють карту ступеня небезпеки вулиць і її ділянок. На цій карті показують ділянки магістральної мережі з графічним зображенням на них ступеня небезпеки. До карти у вигляді додатку можуть бути дані схеми окремих вузлів у масштабі 1:500 або 1:1000 з підвищеним ступенем небезпеки. Крім того, наводять схему максимальних, мінімальних і середніх швидкостей руху різних видів транспорту, зафіксованих на ділянках міських магістралей у години максимальної інтенсивності руху. Необхідно також мати дані, що хара-

ктеризують пасажиропотоки на масовому пасажирському транспорті і пасажирооберт зупиночних пунктів. Окремо додають схему організації і регулювання руху на вуличній мережі міста.

12.2. Вивчення складу й розмірів вуличного руху

Для встановлення методів регулювання руху, застосування технічних засобів, що підвищують безпеку руху, при складанні проекту організації руху необхідно знати: інтенсивність руху транспорту і пішоходів, швидкість руху транспорту на різних ділянках вулиць, розподіл транспортних і пішохідних потоків у просторі (по ділянках і ширині вулиць) і в часі (по сезонах і годинах доби), склад транспортного потоку. Ці показники одержують у результаті обстежень вуличного руху. Обстеження вуличного руху необхідно і для одержання вихідних даних, що використовуються у повсякденній роботі органів, які контролюють рух транспорту і пішоходів.

За отриманими таким шляхом даними про інтенсивність руху за ряд років прогнозують рух і встановлюють основні параметри вулично-дорожньої мережі. Інтенсивність руху є основною характеристикою оцінки руху транспорту. За одиницю виміру при встановленні інтенсивності руху приймають натуральні величини: пішохід, легковий автомобіль, вантажний автомобіль, автобус, трамвай, тролейбус і двоколісний транспорт. Часто підсумкові розміри інтенсивності руху транспорту дають у приведених одиницях, для чого застосовують коефіцієнти приведення різних видів транспорту до легкового автомобіля. Нижче наводяться коефіцієнти приведення за масовою характеристикою [60].

Легкові автомобілі.....	1
Вантажні автомобілі вантажопідйомністю, т:	
до 2,5.....	1,5
2,5-5.....	2
5-7,5.....	3
7,5-12.....	4
Вантажні автомобілі з причепом вантажопідйомністю, т	
до 15.....	4,5
15-20.....	5
20-30.....	7
Автобуси середньої місткості.....	4
Автобуси і тролейбуси великої місткості.....	5

Дані про розміри руху через перехрестя дозволяють правильно встановити режим роботи світлофорів і організувати рух транспорту і пішоходів на перехрестях. У практиці організації і регулювання руху найчастіше доводиться оперувати величинами інтенсивності руху в години «пік», коли необхідно вжи-

вати різні заходи, що забезпечують пропуск транспорту і пішоходів при дотриманні необхідних умов безпеки руху.

Залежно від поставленого завдання обстеження проводять суцільним або вибіркоким методом. При суцільному обстеженні реєструють усі транспортні засоби або пішоходів, які проходять через визначену ділянку вулиці або вузол. Таке обстеження може охопити всі вулиці й проїзди міста. При вибіркокому обстеженні обстежують окремі вузли або основні магістралі міста. Вибіркове обстеження може охопити всі вулиці, але проводиться в окремі періоди часу, наприклад у години «пік» або в години проведення масових заходів (на під'їздах до стадіонів, у дні матчів, під час демонстрацій, народних гулянок і т.д.), для всіх годин доби, але за визначеними періодами. Розміри вибірки приймають залежно від намічуваних цілей обстеження, а також від розмірів руху. Обстеження виконують візуальними методами і за допомогою автоматичних, напівавтоматичних засобів і відеофотозйомки.

Візуальні методи обстеження роблять спостерігачі-лічильники. Цим методом обстежують транспортні потоки й пішоходів, які рухаються. Метод простий, але вимагає значних грошових витрат у зв'язку із зайнятістю великого числа спостерігачів-лічильників.

Будь-якому обстеженню передуює підготовча робота, що полягає у визначенні обсягу й методики обстежень, підготовці форм і бланків; установленні необхідного числа операторів-обліковців і розподілі їх по об'єктах; визначенні днів і годин обстеження; вивченні об'єктів, на яких будуть виконуватися обстеження; інструктажу працівників, які будуть виконувати обстеження.

Важливим моментом підготовчого періоду є встановлення часу проведення обстеження, що відповідає найбільшим транспортним навантаженням. Не рекомендується проводити обстеження взимку, коли знижується кількість індивідуального транспорту, а також у періоди спаду інтенсивності руху: навесні й восени під час бездоріжжя і влітку під час відпусток. Найбільш підходящими для проведення обстеження є травень і вересень. У ці місяці відзначається підвищена рухом міського населення, а, отже, і інтенсивність руху.

Методика проведення обстеження полягає в наступному. У встановлену годину оператори-обліковці займають місця на закріплених за ними перехрестях або інших об'єктах вуличної мережі, маючи при собі необхідну кількість бланків і звірені годинники. Для кожної облікової години рекомендується мати окремий бланк, що полегшить наступну обробку даних. Бланк для годинного спостереження може бути розділений рівнобіжними лініями на чотири або шість рядків для записів з 15- або 10-хвилинним інтервалом.

З початку спостереження оператор-обліковець підраховує число машин, які проходять через перетин вулиці, що спостерігається, і записує дані в бланк умовними позначеннями (точками і рисками), а при значній інтенсивності – цифрами. При світлофорному регулюванні записи можуть проводитися за циклами. Маршрутні автобуси, тролейбуси і трамвай при підрахунках не враховують, тому що дані про інтенсивність їхнього руху можуть бути отримані в

управліннях пасажирського транспорту з розкладів руху зазначених видів транспорту.

Обстеження за допомогою автоматичних засобів виконують напівавтоматичними лічильниками з механічним і електричним приводом, автоматичними приладами, а також відеокамерами. Завдяки цим приладам полегшуються умови обстеження, тому що відпадає потреба у веденні запису вручну. За кордоном широке застосування знайшли автомати і прилади, які вимірюють інтенсивність і швидкість руху транспорту, тривалість і обсяг затримок, розміщення транспортних засобів по ширині проїзної частини і т.д. Використання засобів автоматизації для вивчення процесів руху дозволяє оцінити транспортну ситуацію на окремих магістралях і вузлах або на системі магістралей у цілому.

У даний час при обстеженні транспорту в містах застосовують наступні автоматичні пристрої:

сприймаючі – пневматичні детектори, електричні педалі, фотоелектричні детектори, радіолокатори, магнітні детектори, ультразвукові установки й інфрачервоні променеві детектори;

радіоустановки і приводні пристрої – пристрої для передачі даних з питомих пунктів;

записуючі – прилади з друкувальним пристроєм, прилади з пристроєм, що перфорує, і фотоустановки;

вимірювальні – комбінація перерахованих вище приладів залежно від конкретних умов. Найчастіше всього застосовують метод покадрової відеозйомки з встановленими інтервалами фіксації (у часі).

Для перспективного проектування або вибору трас швидкісних доріг і магістральних вулиць міста необхідно знати кореспонденцію транспортних потоків. Одержати дані про кореспонденції за допомогою описаних методів обстеження неможливо. Тому проводять спеціальні обстеження методами: опитування водіїв у пункті відправлення або пункті призначення; запису номерних знаків; позначень транспортних засобів; анкетного обстеження; аналізу шляхових аркушів транспортних підприємств.

Метод опитування водіїв дуже трудомісткий, тому що вимагає великого числа операторів-обліковців. Сутність методу полягає в тому, що в пунктах відправлення (на складах, вантажно-розвантажувальних пунктах, промислових підприємствах і т.д.) обліковці опитують водіїв про пункти призначення вантажу і маршрутах проходження і записують дані в спеціальні бланки, в яких зазначені цифрами розрахункові райони, на які попередньо поділяється вся територія міста. Однак такі обстеження охоплюють лише невелику частину вантажних перевезень, тому вірогідність отриманих даних може виявитися невисокою. Для одержання більш повних даних пункти опитування слід розміщувати на в'їздах у місто і виїздах з нього, в основних транспортних вузлах.

Метод запису номерних знаків. Відомості про розподіл транспортних засобів на території міста одержують шляхом аналізу зібраних даних (номерних знаків транспорту, що проїхав). Для одержання таких даних установлюють по всьому місту пункти реєстрації. Метод запису номерних знаків не може вияви-

ти пункти відправлення і призначення, тому умовно вважають пунктом відправлення місце первісної реєстрації номерного знака, а пунктом призначення – місце останньої реєстрації.

Метод позначень транспортних засобів не відрізняється, власне кажучи, від методу реєстрації номерних знаків, але значно простіше у виконанні. За цим методом обстеження виконують у такий спосіб: на минаючий контрольний пункт автомобілі наносять умовні знаки. Кожен контрольний пункт має свій знак. У міру проходження через інші контрольні пункти на кожному пункті роблять нову позначку і заносять запис у відомість реєстрації тих знаків, з якими автомобіль прийшов на даний пункт.

Аналіз шляхових листів транспортних підприємств дозволяє одержати дані про кореспонденції тільки транспортних засобів, що належать державним підприємствам, і виключає дані з особистого автотранспорту. Крім того, за допомогою цього методу можна виявити пункти відправлення і призначення, але неможливо встановити шляхи проходження автомобілів.

Анкетний метод дозволяє одержати будь-які необхідні дані. Звичайно в анкеті містяться наступні питання: пункт відправлення (адреса автобази або місце проживання власника транспорту), пункт призначення (адреса), мета поїздки, тип автомобіля, час поїздки, а також інша додаткова інформація. Такі анкети можуть бути поширені по всіх автобазах, гаражах, авто трестах та інших державних підприємствах. Власникам приватних автомобілів вони можуть бути вручені органами ДАІ. Найбільш трудомістким етапом роботи з обстеження є обробка отриманих результатів. Первинні матеріали (бланки із записами, анкети) збирають і сортують по об'єктах (вузлах, вулицях і районах) і годинах доби.

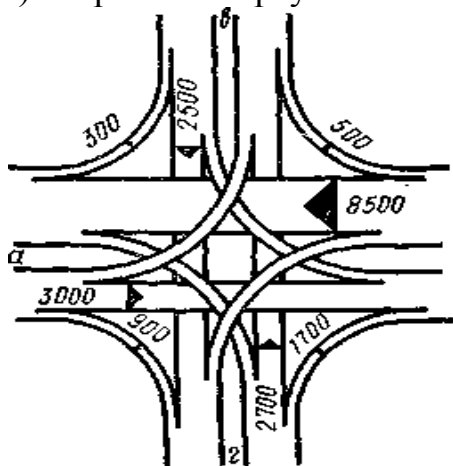


Рис. 12.1 – Картограма інтенсивності руху транспорту на перехресті (цифри показують розмір транспортних потоків, а, б, в, г – шифр вулиць)

На рис. 12.1 показана картограма інтенсивності руху на перехресті, побудована за результатами натурного обстеження розмірів вуличного руху.

Надалі для кожного об'єкта роблять підрахунок інтенсивності руху за годинами доби і напрямку. Результати підрахунку зводять у таблицю і викреслюють у вигляді діаграм і картограм інтенсивності руху. Підрахувати інтенсивність руху за бланками і анкетами не складає значних труднощів. Дані, отримані автоматичними лічильниками, звичайно фіксують за годинами доби у спеціальних бланках, що дає можливість одразу ж використовувати годинні дані.

Найбільшу складність має обробка первинних матеріалів, отриманих методом відеозйомки. Збільшені кадри розглядають окремо і підраховують число транспортних засобів, які пройшли через даний перетин.

12.3. Організація руху на міських вулицях

Організація руху на транспортних вузлах. Перехрестя і площа, по яких проходять транспортні потоки, є транспортними вузлами вулично-дорожньої мережі. Транспортні вузли утворюються на перетинаннях або примиканнях двох або більше вулиць і служать в основному для перерозподілу транспортних потоків за напрямками. Транспортні вузли є найбільш складними пунктами вулично-дорожньої мережі, тому що саме тут виникають конфлікти між взаємно пересічними транспортними і пішохідними потоками, що найчастіше приводять до виникнення дорожньо-транспортних випадків. Чим простіше вузол, тим легше організувати безпечне проходження транспорту при мінімальних затримках. Найбільш простими вузлами є перехрестя, утворені двома пересічними вулицями під прямим кутом.

Перехрестя на транспортній мережі при перетинанні більше двох вулиць значно ускладнюють організацію на них руху транспорту і пішоходів, утрудняють застосування світлофорного регулювання руху, приводять до збільшення затримок і зниження безпеки руху. В окремих випадках на таких перехрестях улаштовують саморегульовані кільцеві вузли, що вимагають великих площ. У будь-якому транспортному вузлі без штучно введених обмежень перетинаються, зливаються і відгалужуються транспортні потоки.

Найменші перешкоди рухові створюють відгалуження, що знижують швидкість руху основного потоку при виході автомобілів з нього на сусідню смугу або в бічний напрямок. Великі перешкоди виникають при злитті транспортних потоків, коли крім сповільнення руху автомобілів, що вливаються в основний потік, виявляється небезпека зіткнення. Найбільші перешкоди спостерігаються при перетинанні транспортних потоків, тому що при нерегульованому русі тут найбільш значна небезпека зіткнень, а при регульованому русі неминуча повна зупинка автомобілів одного потоку.

За транспортно-планувальною характеристикою вузли підрозділяють на: нерегульовані; з примусовим регулюванням; площі кільцевого руху; з розв'язкою в різних рівнях. Зустрічаються вузли змішаної характеристики, наприклад, площа кільцевого руху в поєднанні з примусовим регулюванням або з поділом пересічних потоків у різних рівнях. У даний час на перетинаннях магістральних вулиць поширене світлофорне регулювання руху з почерговим пропуском транспортних потоків то в одному, то в іншому напрямку. При невеликій інтенсивності руху примусове регулювання не потрібне.

При вирішенні питання про вибір системи організації руху необхідно керуватися даними про розміри транспортних потоків за напрямками, отриманими у результаті натурних обстежень. Завдання організації руху в транспортних вузлах полягає у створенні сприятливих умов для пропуску транспортних і пішохідних потоків. Ефективним заходом є каналізація руху, що дозволяє зводити до мінімуму взаємні конфлікти і зосередити перетинання транспортних

потоків у визначених пунктах. Подібна організація перехрестя може бути досягнута влаштуванням острівців безпеки, піднятих над проїзною частиною, або маркіруванням його площі. Виключені з руху простори можуть бути використані як острівці безпеки на пішохідних переходах і як резервні території для стоянки автомобілів. При достатній площі в транспортному вузлі каналізацією можна досягти саморегульованого кільцевого руху. У цьому разі замість взаємного перетинання транспортні потоки направляються по кільцевій проїзній частині, зливаються і потім виходять зі смуги зливання на потрібні напрямки. Оскільки великий кут перетинання замінений тут малим кутом злиття, немає потреби в примусовому регулюванні руху.

Звичайна організація руху при кільцевій розв'язці передбачає надання крайньої правої смуги для правоповоротних потоків. Наскрізні (прямі) і лівоповоротні потоки направляються по смузі, суміжній з центральним острівцем. Ефективне використання кільцевого саморегульованого вузла залежить від правильного визначення основних елементів: діаметра центрального острівця, довжини смуги злиття між вулицями, що примикають, і ширини кільцевої проїзної частини. Усі ці параметри знаходяться у прямій залежності від швидкості й інтенсивності руху, а також від розміру центрального острівця. Радіус центрального острівця визначається з припустимою швидкістю руху автомобілів, необхідної довжини смуги злиття і числа вулиць, що примикають. Число смуг руху кільцевої проїзної частини залежить від розмірів руху транспорту. При невеликих розмірах руху достатньо двох смуг. Однак з огляду на можливість непередбаченої зупинки транспортних засобів рекомендується влаштовувати три смуги. У цьому разі зовнішня смуга виділяється для правих поворотів і аварійних зупинок, середня – для злиття і перерозподілу потоків, внутрішня – для лівих поворотів.

Практика експлуатації кільцевих площ із саморегулюючим рухом показала, що влаштовувати на проїзній частині більше трьох-чотирьох смуг руху недоцільно, тому що це погіршує організацію руху на площі. Звичайно трамвайні лінії на площі з кільцевим рухом прокладають через центральний острівець. При цьому вводять світлофорне регулювання. Якщо частота трамвайного руху невелика, доцільно встановлювати трамвайний світлофор, що включається автоматично трамвайними потягами. При інтенсивному русі трамвайних потягів вводять звичайну світлофорну систему регулювання.

Позитивними сторонами транспортних вузлів з кільцевим рухом є: чітка система організації руху і відсутність затримок транспорту, економія у витратах, пов'язаних з устаткуванням і експлуатацією світлофорного регулювання. Однак є і недоліки, основні з яких: необхідність наявності великої площі, влаштування позавуличних пішохідних переходів при інтенсивному русі транспорту, неможливість пропуску трамваїв без порушення безперервності руху, обмежена пропускна здатність.

Однобічний рух на вулицях. Цей метод організації вуличного руху в містах знаходить широке застосування. Організація однобічного руху не вимагає капітальних витрат, істотно поліпшує умови міського руху. На вулицях з одно-

бічним рухом менше відбувається дорожньо-транспортних подій, ніж на вулицях із двостороннім рухом; легше запроваджувати прогресивні методи регулювання руху, що збільшують щільність і швидкість руху, а також зменшують затримки транспорту. Значно полегшується транзитний рух на вулицях з однобічним рухом. Крім того, вулиці з однобічним рухом краще пристосовані для організації стоянок автомобілів на проїзній частині.

Поліпшення умов руху транспорту на вулицях з однобічним рухом відбувається за рахунок: зменшення числа конфліктних точок на перехрестях; полегшення умов в'їзду на внутріквартальні території і на стоянки; зменшення протиріч між інтересами водіїв і пішоходів; вирівнювання швидкості руху; більш ефективного використання всіх смуг руху. Однак у містах з невеликою щільністю вуличної мережі при однобічному русі ускладнюється робота маршрутного пасажирського транспорту, тому що збільшується зона пішого підходу до зупинок. Тому в ряді випадків при введенні однобічного руху на вулицях зберігають двосторонній рух маршрутного транспорту.

Однобічний рух на вулицях може бути введений постійно або тимчасово. За цією ознакою такі вулиці підрозділяють на три типи. Найбільш розповсюджений тип – вулиці з перемінним однобічним рухом. Другий тип – вулиці з перемінним однобічним рухом, де напрямок руху змінюється у визначені години. Третій тип – вулиці з однобічним рухом у години «пік» (наприклад, ранком – у напрямку до центра міста, а ввечері – з центра) і двостороннє в інший час дня. На вулицях усіх типів може зберігатися двосторонній рух маршрутного транспорту в усі години доби.

На основі багаторічного досвіду організації однобічного руху транспорту на вулицях міст вироблені певні вимоги, що повинні враховуватися при складанні проектів організації вуличного руху. У першу чергу однобічний рух вводять у містах з прямокутною системою планування вулиць, на вузьких вулицях із шириною проїзної частини до 10,5 м і інтенсивним рухом. Значний ефект може бути отриманий на вулицях з несиметричним розташуванням трамвайних шляхів стосовно осі вулиці, з великими поздовжніми ухілами, а також на вулицях, призначених для руху вантажного транспорту і вихідних на транспортні площі зі складною розв'язкою руху. Але при введенні однобічного руху необхідно провести техніко-економічні порівняння двох варіантів організації руху – з двостороннім і однобічним рухом. Порівняння проводять за економічним показником і показником, що враховує безпеку руху транспорту і пішоходів.

Критеріями економічної ефективності введення однобічного руху є: продуктивність роботи транспорту за одиницю часу для вантажного транспорту і час, затрачений на поїздку, для пасажирського транспорту. Введення на вулицях однобічного руху сприяє збільшенню швидкості руху транспорту. Практика показує, що при введенні однобічного руху швидкості підвищуються в середньому на 20-30%. Збільшення швидкості на вулицях з однобічним рухом обумовлене не тільки зменшенням затримок біля перехресть, але й зрослими можливостями маневру автомобілів на проїзній частині для обгону або об'їзду.

На вулицях з однобічним рухом значно зменшується число дорожньо-транспортних подій за рахунок зменшення числа конфліктних точок. Якщо на перехресті з двостороннім рухом конфліктних точок 16 (рис. 12.2, а), то на перетинанні двох вулиць з однобічним рухом таких точок тільки 4 (див. рис. 12.2, б).

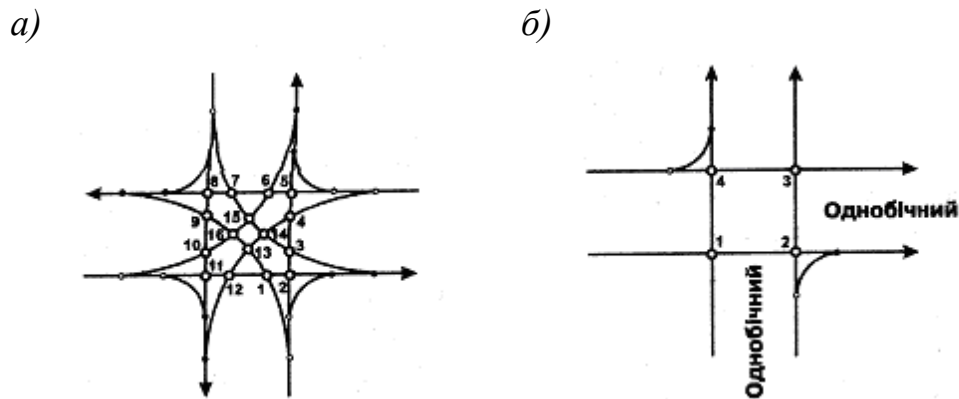


Рис. 12.2 – Число конфліктних точок на перехресті
 а – на вулицях із двостороннім рухом; б – на вулицях з однобічним рухом

Організація однобічного руху на вулицях позитивно позначається на роботі маршрутного пасажирського транспорту. Ретельно продумане планування однобічного руху забезпечує скорочення до мінімуму відстаней, які пасажирам доводиться проходити пішки. У містах з великим числом трамвайних ліній однобічний рух особливо необхідний, оскільки трамвай є причиною заторів руху. Однобічний рух поряд з перевагами має і недоліки. Він ускладнює роботу електричного транспорту – тролейбуса і трамвая. Якщо однобічний рух вводить на широких вулицях, то на лівій смугі за ходом руху швидкості звичайно бувають вище, ніж при двосторонньому русі, і можуть становити небезпеку для пішоходів, які слідують по багатолюдних тротуарах. Інша небезпека полягає в тому, що пішоходи, вступаючи на проїзну частину, часто по звичці дивляться тільки вліво, тоді як на вулицях з однобічним рухом транспорт наближається тільки з правої або з лівої сторони.

12.4. Регулювання вуличного руху

Методи і способи регулювання руху. Регулювання вуличного руху полягає в оповіщенні водіїв транспорту і пішоходів про обстановку на вулиці й у строгому контролі за дотриманням ними правил вуличного руху. Регулювання руху може здійснюватися: постовими регулювальниками, які тимчасово затримують або направляють рух за допомогою жезла або рук; світлофорами, що переключаються вручну або автоматично; за допомогою сигнальних знаків регулювання; за допомогою розмітки проїзної частини вулиць.

Регулювання руху регулювальниками звичайно застосовують у години «пік» на окремих складних перехрестях. Оскільки число ділянок вуличної мережі, що підлягають примусовому регулюванню, у містах досить велике, забезпечити ці ділянки регулювальниками не можливо. Крім того, ряд вказівок водієві, таких як швидкість руху, габарити і т.п., не можуть бути відтворені жестами регулювальника. Ручне регулювання руху відрізняється також недоліками, до яких слід віднести: високі витрати, пов'язані з утриманням регулювальників; небезпека, якій піддається регулювальник, знаходячись на проїзній частині вулиці; обмежена видимість ручних сигналів; неоднакова чіткість регулювання, що залежить від кваліфікації регулювальників.

Застосування світлофорів-автоматів дозволяє спростити організацію регулювання руху і знизити витрати. Значні початкові капіталовкладення на влаштування і установку автоматичних засобів регулювання звичайно швидко окупаються за рахунок зниження експлуатаційних витрат. Світлофорне регулювання може бути ізольованим (коли кожне перехрестя регулюється окремо) і координованим (коли робота світлофорних пристроїв на суміжних перехрестях ув'язана між собою).

Ізольоване світлофорне регулювання на перехрестях може здійснюватися по двох системах: системі із заздалегідь установленою постійною тривалістю циклів і фаз світлофора; системі з перемінними циклами і фазами, тривалість яких регулюється самим рухом. Ефективність використання ізольованого світлофора-автомата на перехресті залежить від правильності прийнятого режиму регулювання. У свою чергу, режим регулювання повинен установлюватися з урахуванням планування і транспортних характеристик перехрестя (ширини проїзних частин і тротуарів, конфігурації перехрестя, розташування трамвайних ліній, інтенсивності транспортних потоків за годинами доби, розчленовування потоку на перехресті і якісного його складі, інтенсивності пішохідного руху). Правильно обраний режим регулювання забезпечує найбільш повне використання пропускну здатності пересічних магістралей і мінімальну затримку транспорту і пішоходів при дотриманні правил безпеки руху. Щоб забезпечити безпечний перехід вулиць при регулюванні руху ізольованими світлофорами, потрібно враховувати розміри пішохідного руху на перехресті. Статистика показує, що близько 23% наїздів на пішоходів, що супроводжуються смертельним результатом, і 30% каліцтв відбуваються у перехрестях. Основними причинами цих нещасних випадків є перехід вулиць на заборонені сигнали світлофорів. Тому короткі цикли регулювання більш безпечні для пішоходів, тому що скорочуються спроби переходу на заборонений сигнал.

Оскільки розміри руху транспорту і склади транспортних потоків на кожному перехресті різні, то при ізольованому регулюванні цикли регулювання, як правило, не однакові. При використанні трисекційного світлофора і двотактного регулюванні (зелений-жовтий, червоний-жовтий) забезпечити повну безпеку пішоходів важко. При такій системі регулювання рух транспорту, повороти ліворуч і праворуч здійснюються при зеленому сигналі, тому транспорт перетинає перехід, по якому пішоходи переходять вулицю. Причому для пішохо-

дів, які переходять вулицю, створюються несприятливі умови: вони повинні стежити за рухом праворуч і ліворуч. На звичайному перехресті при регулюванні виникає вісім конфліктних точок між транспортом і пішоходами.

Робота пішохідних світлофорів обов'язково координується з роботою транспортних світлофорів.

Існує кілька варіантів спільної роботи пішохідних транспортних світлофорів. При I варіанті, прийнятому за кордоном, сигнал «йдіть» триває протягом часу (не менше 5 с), достатнього для переходу вулиці або її половини. При II варіанті сигнал «йдіть» включається паралельно із зеленим сигналом для транспорту, і пішохід, який зійшов з тротуару в останній момент горіння напису «йдіть», не має достатнього запасу часу на перехід. За III варіантом сигнал «йдіть» включається на час, дозволений на сходження із тротуару за варіантом I, а інший час (за варіантом II) сигнал «йдіть» мигає. Для переключення сигналів світлофора широке застосування одержали електрорелейні автоматичні перемикачі, в основу яких покладена дія електронного реле часу. Перемикачі мають один або кілька фіксованих режимів. Ними обладнують світлофори на більшості перехресть, за винятком тих місць, де характер руху постійно міняється. Іноді застосовують пішохідні світлофори з включенням зеленого сигналу самими пішоходами. Усунути конфліктні точки між транспортними і пішохідними потоками можна, включивши в цикл роботи світлофора спеціальні фази для пішоходів, що не збігаються з поворотами транспорту. Для цього використовують світлофори з додатковими секціями, що регулюють праві й ліві повороти або спеціальні світлофори, що включаються у відповідні періоди часу.

При координованому регулюванні руху на магістралі забезпечується невинний проїзд транспорту за рахунок включення зеленого сигналу світлофора до моменту підходу групи автомобілів, що рухаються з визначеною розрахунковою швидкістю. Простіше здійснити координацію світлофорів на вулиці з одностороннім рухом. Для невинного руху необхідно, щоб цикли роботи усіх світлофорів були однаковими і зрушеними в часі відносно один одного на визначену незмінну величину. Величина зрушення для кожної пари світлофорів залежить від відстані між ними і прийнятої розрахункової швидкості. При правильному виборі цих величин «пачка» автомобілів, які пройшли перший світлофор при зеленому сигналі, рухаючись з розрахунковою швидкістю, обов'язково зустрине зелений сигнал у всіх наступних світлофорів, з'єднаних у систему. Таку систему координації називають «зеленою хвилею».

Координоване регулювання створює можливість невинного руху з високими швидкостями, додає рухові певний ритм, зменшує затримки і підвищує безпеку руху транспорту і пішоходів. Але ці переваги координованого регулювання можуть бути отримані лише в тому випадку, якщо відстань між двома сусідніми пунктами світлофорного регулювання не перевищує 600 м. Тому в будь-якій точці магістралі з координованим регулюванням, що відстоїть від сусідніх світлофорних об'єктів на відстань більше 300 м, слід установлювати світлофори незалежно від розмірів руху. Ця точка повинна збігатися з яким-небудь

перехрестям або пішохідним переходом. При установці світлофорів усі проміжні пішохідні переходи ліквідують.

Координоване керування світлофорами звичайно здійснюється з одного центру за допомогою імпульсних автоматів по проводах, що з'єднують центр керування з усіма перехрестями. Координуючі імпульси можна також надсилати по радіо. Широке застосування координована система одержала в містах із прямокутною системою планування вулиць і з рівними відстанями між перехрестями.

Координована система світлофорного регулювання на перехрестях забезпечує пропуск транспорту на одній або декількох рівнобіжних магістралях.

При різній відстані уздовж магістралі між перехрестями встановити режим «зеленої хвилі» важко. У цих випадках доцільно вводити координоване регулювання не на всій магістралі, а на окремі її ділянки. Найчастіше координоване регулювання здійснюють по окремих магістралях. Слід мати на увазі, що координована система, введена на одній або декількох магістралях, у цілому для міста може і не дати позитивного ефекту, тому що скорочення або виключення затримок транспорту тільки за прямим напрямком може збільшити затримки за напрямками, що перетинають. Тому розробці проекту координованої системи регулювання повинна передувати робота з вивчення умов руху при існуючій системі. Зіставлення за економічними показниками двох систем існуючої і координованої може виявити ефективність останньої.

Останнім часом знаходять застосування світлофорні установки, тривалість циклу і фаз яких змінюється автоматично залежно від розмірів руху. Такі світлофорні пристрої керуються електронно-обчислювальними машинами.

12.5. Технічні засоби організації і регулювання руху

Для організації і регулювання вуличного руху використовують різні технічні засоби: дорожньо-сигнальні знаки, світлофорні пристрої, розмітку проїзної частини, огорожувальні бар'єри, острівці безпеки і т.д.

Сигнальні дорожні знаки служать для визначення напрямку і швидкості руху, попередження про різні небезпеки, заборони проїзду, вказівки автостоянок і т.д. Сигнальні дорожні знаки є стандартними і виконуються відповідно до діючого ДОСТу. Вони підрозділяються на групи. Крім цього, застосовуються додаткові таблички до знаків. Дія кожного знака встановлена Правилами дорожнього руху. Часто дорожні знаки замінюються таблицями і покажчиками. Додаткові засоби до дорожніх знаків (таблички і покажчики) уточнюють або підсилюють дію знаків, до яких вони відносяться. На табличках, наприклад, відзначається зона або час дії знака, відстань до небезпечної ділянки і т.д.

Сигнальні дорожні знаки встановлюють: на стовпах на висоті 1,8-2 м від поверхні землі або тротуару до нижнього краю знака; на кронштейнах або на

натягнутих поперек дороги або вулиці тросах. У тому й іншому випадках знак не повинен виступати за межі встановленого для дороги габариту. Основне призначення допоміжних покажчиків – попереджати пішоходів про можливу небезпеку, а також полегшувати орієнтацію пішоходам і водіям на міських вулицях. До числа таких покажчиків відносяться наступні: «Бережися автомобіля», «Перехід», «Одnobічний рух», «Зупинка обов'язкова» та ін. Як показує практика, допоміжні покажчики значно підвищують безпеку руху.

Відповідно до класу вулиці й місцевих можливостей покажчики можуть мати різне оформлення, однак сам напис повинен бути стандартний. У темний час доби написи, покажчики і знаки повинні бути освітлені. Особливо добре необхідно освітлювати покажчики пішохідних переходів і небезпечні ділянки вулиць. В окремих випадках покажчики пішохідних переходів і інші знаки, до яких повинна бути привернута особлива увага водіїв і пішоходів, забезпечують пульсуючими (миготливими) сигналами.

Розмітка проїзної частини. Для розмітки застосовують різні матеріали: металеві кнопки, вставки з литого каменю, кольорового асфальту і бетону, фарби, смуги з пластмаси, що наклеюються, та ін. Лінії виконують зі зносостійких, а на вильотних шосе – зі світловідображаючих матеріалів. Розмітка фарбою допускається тільки як тимчасовий захід. Розмітку проїзних частин лініями безпеки виконують відповідно до Інструкції про порядок розмітки проїзної частини міських проїздів і автомобільних доріг. Нижче наведені основні розмітки міських вулиць.

Осьові лінії (суцільні або пунктирні) служать для поділу зустрічних потоків транспортних засобів. *Пунктирні лінії* можна перетинати з дотриманням правил маневрування. *Суцільні лінії*, нанесені уздовж проїзної частини, забороняється перетинати при русі і наїжджати на них. *Суцільні й пунктирні лінії* не тільки упорядковують рух транспорту, але й поліпшують використання ширини проїзної частини.

Суцільні лінії, нанесені разом з пунктирними, показують, що перетинати пунктирну осьову лінію з однієї або з двох сторін забороняється. Лінії резервної зони (суцільні або пунктирні) обмежують ділянки, що виключаються з проїзної частини вулиць, доріг і площ.

Гранична лінія служить для обмеження проїзної частини з правої сторони. Її наносять жовтою або білою фарбою паралельно бордюру тротуару. *Розділові лінії*, що поділяють проїзну частину на смуги, служать для орієнтування водіїв у встановлених рядах руху і для перешикування перед перехрестям. У зоні суцільних розділових ліній перешикування заборонене. Лінії пішохідного переходу або поперечні широкі смуги типу «зебра» визначають зону, в якій пішоходи перетинають проїзну частину вулиці. *Лінії «острівця безпеки»* позначають місце зупинки пішоходів на проїзній частині вулиць і доріг. *Лінія «стоп»* указує місце зупинки транспортних засобів при заборонних сигналах світлофора або регулювальника. *Направляючі стріли*, нанесені на перехрестях, площах або перед ними, вказують дозволені напрямки руху.

Лінії повороту на перехресті вказують напрямок повороту (розвороту). *Лінії «посадкової площадки»* обгороджують зону для пасажирів, які очікують транспорт загального користування. Заїжджати на посадкову площадку навіть при відсутності на ній людей забороняється. Застосовують й інші розмітки, наприклад, суцільні або пунктирні лінії жовтою фарбою по границях площадки, відведеної спеціально для стоянки транспортних засобів без обмеження часу.

Світлофорні пристрої служать для подачі сигналів: що дозволяють (зелених), що забороняють (червоних) і оповіщають про зміну сигналів (жовтих). Конструкції сучасних світлофорів різноманітні. Вони розрізняються зовнішнім оформленням і числом секцій. Від числа секцій залежить число подаваних світлофором світлових сигналів. Світлофори можуть мати 1-5 секцій. За призначенням світлофори підрозділяються на світлофори для регулювання руху транспорту на автомобільних дорогах, міських вулицях і їхніх перетинаннях і пішохідні світлофори.

Розрізняють два типи світлофорів: підвісні, що підвішуються на тросах над проїзною частиною перехрестя або площі і на колонках, установлених на кутах або в середній частині перехрестя (площі) на спеціальному острівцю. Останнім часом світлофори встановлюють переважно на колонках. Звичайно застосовують чотирибічні світлофори. Установка світлофорів повинна задовольняти наступним умовам: водій, який під'їжджає до перехрестя, повинен бачити одночасно не менше двох світлофорів; пішохід повинен бачити не менше одного сигналу світлофора. Добре зарекомендували себе світлофори з додатковими секціями для правого і лівого повороту.

Уведення світлофорного регулювання визначається розмірами руху транспорту і пішоходів у прямому й пересічному напрямках з урахуванням місцевих умов. Єдиних норм щодо застосування світлофорного регулювання немає. У США, наприклад, вважається доцільним застосовувати світлофор, якщо загальне число транспортних одиниць, що входять на перетинання протягом середньої години (з будь-яких восьми годин у добу), перевищує 1000. В Англії та ж норма дорівнює 500 одиницям на годину. Орієнтований норматив, застосовуваний в Україні, – 400-500 одиниць на годину. Теоретично раціональність застосування світлофорної сигналізації може бути визначена, виходячи з мінімуму матеріальних витрат, пов'язаних із затримками транспорту на перехрестях.

Застосування світлофорного регулювання на перехрестях економічно доцільно лише в тому випадку, якщо загальні втрати часу будуть менше втрат часу при нерегульованому русі або регульованому за допомогою жовтого миготливого сигналу. При цьому враховують також вимоги безпеки руху пішоходів. Звичайно мінімально необхідні розміри пішохідного руху, що виправдують застосування світлофорної сигналізації, відповідають переходу через вулицю більше 300 чоловік за годину протягом восьми годин підряд у звичайний робочий день при інтенсивності транспортного руху в той же період – не менше 600 автомобілів на годину зі швидкістю не менше 25 км/год.

Установка пішохідних світлофорів біля стадіонів, промислових підприємств і шкіл доцільна, якщо інтенсивність руху тут перевищує 600 автомобілів

за годину і один з наступних варіантів інтенсивності поперечного руху: транспорту – більше 200 автомобілів за годину; пішоходів – більш 300 чоловік за годину; транспорту і пішоходів – не менше 100 машин і не менше 100 чоловік за годину. При зменшенні розмірів руху до 50% світлофори повинні бути переведені на режим жовтого миготливого сигналу.

Світлофори необхідно встановлювати також у тому випадку, якщо за рік у даному місці відбулося п'ять або більше ДТП, що супроводжувалися наявністю поранених, або серйозними пошкодженнями транспорту. Однак, перш ніж встановити світлофор, слід застосувати інші засоби безпеки: сигнальні знаки, маркірування проїзної частини, острівці безпеки. Світлофори, встановлені в таких місцях, повинні працювати по можливості із самим коротким циклом і тільки в години «пік». В інший час їх переводять у режим жовтого миготливого сигналу.

Для керування світлофорами в основному застосовують автоматичні пристрої. Необхідність у ручному керуванні може виникнути з появою несправності в апаратурі на перехресті, обледенінні проїзної частини. Тому всі світлофори повинні бути обладнані пристроями для автоматичного і ручного керування. Якщо відстані між сусідніми пунктами світлофорного регулювання не перевищують 600 м, необхідна координація світлофорів. У всіх інших випадках для регулювання руху слід застосовувати одно- і двохпрограмні автомати з автоматичним переключенням програми. Тривалість циклу роботи світлофора (тобто сумарний час, затрачений на весь період циклу) необхідно приймати по можливості найбільш коротку, але не менше 35 с. Тривалість окремих періодів (час горіння червоного сигналу, час дії зеленого і жовтого сигналів) встановлюють залежно від інтенсивності руху транспорту, частоти трамвайного руху (якщо воно є) і часу, необхідного для переходу вулиці пішоходами. Мінімальна тривалість періодів (час дії будь-якого кольору сигналу, за винятком жовтого) не може бути менше 8 с.

На вузьких вулицях найбільш доцільні цикли тривалістю 36-42 с, на широких – 60-75 с. Такі цикли відповідають максимальній пропускну здатності перехрестя. В окремих випадках, коли розміри поперечного руху невеликі, застосовують довгі цикли.

Число фаз переключення сигналів світлофора визначається місцевими умовами. Найбільш розповсюджений простий двохфазний цикл. Звичайно додаткові фази застосовують для пропуску великих концентрованих лівоповоротних потоків. Якщо розмір лівоповоротних потоків перевищує 120 автомобілів на годину, в кожному з напрямків, світлофори обладнають додатковою секцією.

12.6. Розміщення зупиночних пунктів громадського пасажирського транспорту

При організації вуличного руху доводиться вирішувати питання, пов'язані з розміщенням зупиночних пунктів суспільного транспорту. Ці питання пов'язані не тільки з організацією пасажирських перевезень, але і з вибором раціональних методів організації і регулювання руху. Зупиночні пункти розміщують щодо вулиць, які перетинаються, з урахуванням наступних умов: мінімальної витрати часу пасажирами на підхід до зупинки; найкращого використання пропускної здатності лінії масового транспорту; найменших взаємних перешкод між різними видами транспорту; зручності пересаджень. Ці вимоги в окремих випадках взаємовиключають один одного, тому важливо установити, яке з перерахованих вимог у даному випадку буде визначальним.

Мінімальний час на підхід до зупинки затрачується в тому випадку, якщо вона розташована безпосередньо біля пішохідного переходу. Таке розташування полегшує пересадження з одного напрямку на інший. Отже з урахуванням цих умов доцільно зупиночні пункти влаштовувати безпосередньо у перехрестя. Однак, це буде знижувати їхню пропускну здатність і створювати перешкоди для руху вуличного транспорту. Якщо зупинка трамвая знаходиться безпосередньо біля стоп-лінії (рис. 12.3), то після закінчення посадки-висадки при червоному сигналі світлофора тривалість стоянки транспортного засобу на зупиночному пункті збільшується і, отже, пропускна здатність усієї лінії знижується. Якщо зупиночний пункт перенести від стоп-ліній, додаткової затримки не буде.

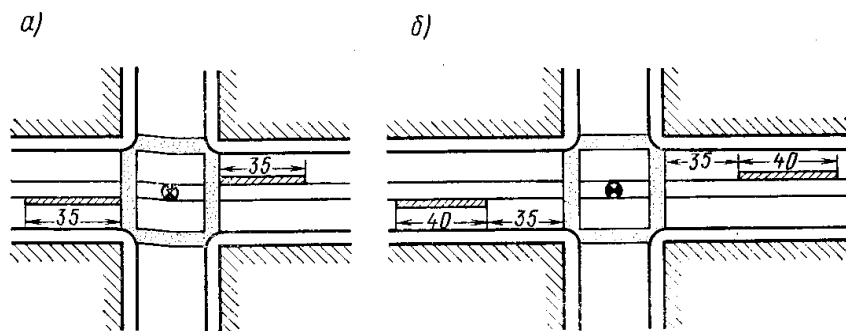


Рис. 12.3 – Розміщення зупиночних пунктів трамвая біля перехрестя
a – у стоп-лінії; *b* – на відстані від перехрестя

Пропускна здатність зупиночного пункту залежно від тривалості його заняття і величини циклу світлофорного регулювання приведена в табл. 12.1, звідки видно, що найбільше зниження пропускної здатності спостерігається при великій частоті руху і тривалих циклів світлофора [60]. Перенесення зупиночного пункту від стоп-ліній збільшує його пропускну здатність на 20-25%, однак, при цьому погіршуються умови для пересадки пасажирів і збільшуються

витрати часу на підхід до зупиночного пункту. Тому такий перенос зупинок доцільний тільки при високій інтенсивності руху.

Таблиця 12.1 – Пропускна здатність зупиночного пункту залежно від тривалості його зайняття і від величини циклу світлофорного регулювання

Тривалість зайняття зупиночного пункту	Частота руху, од./год.	Пропускна здатність зупиночного пункту (од./год.) при різних циклах			
		$T_{ц} = 45 \text{ с}$	$T_{ц} = 50 \text{ с}$	$T_{ц} = 75 \text{ с}$	$T_{ц} = 90 \text{ с}$
		$t_{к} + 2t_{жс} = 25 \text{ с}$	$t_{к} + 2t_{жс} = 33 \text{ с}$	$t_{к} + 2t_{жс} = 41 \text{ с}$	$t_{к} + 2t_{жс} = 50 \text{ с}$
30	120	101	97	93	89
40	90	78	75	74	71
50	72	64	62	61	59
60	60	55	53	52	51
70	48	44	44	43	41

Примітка: T – тривалість циклу роботи світлофора; $t_{к}$ – час горіння червоного сигналу світлофора; $t_{жс}$ – те ж, жовтого.

Зупиночні пункти, як правило, створюють перешкоди для руху транспорту. Наприклад, на зупинці трамвая пасажири, які очікують посадки або вийшли із трамвая, знаходяться на проїзній частині вулиці. Це потребує зниження швидкості безрейкового транспорту, що рухається поруч, а при малій ширині проїзної частини – повної його зупинки.

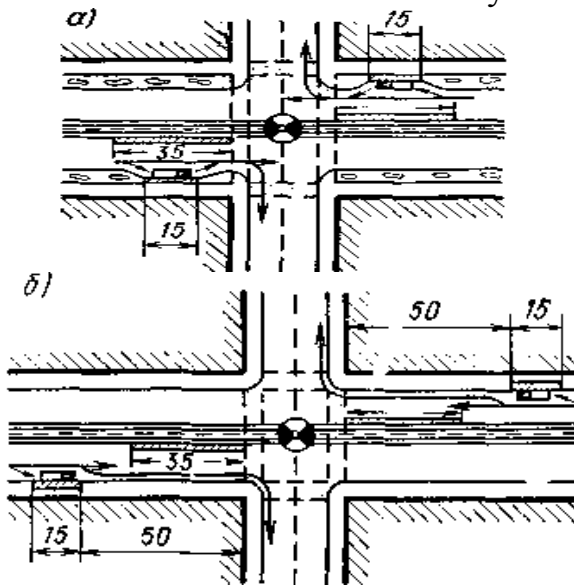


Рис. 12.4 – Розміщення зупиночних пунктів безрейкового транспорту біля перехрестя

a – безпосередньо біля перехрестя;
б – на відстані від перехрестя

Автобус або тролейбус, зупиняючись, займає крайню праву смугу проїзної частини, що на ділянках, які прилягають до перехрестя, використовуються транспортом, який робить правий поворот. У деяких випадках транспорт, який повертає праворуч, затримується автобусом або тролейбусом, що знаходиться на зупинці. Ці недоліки можна усунути, розташовуючи зупиночні пункти: біля безпосередній близькості від перехрестя (тому що в цій зоні безрейковий транспорт рухається зі зниженою швидкістю); у спеціальних «кишенях» глибиною 3 м і довжиною 20-25 м; на відстані 50 м від перехрестя для забезпечення правоповоротного руху (рис. 12.4), якщо неможливо використати «кишеню».

Значного ефекту можна домогтися, розміщуючи зупиночні пункти за перехрестям (рис. 12.5). Проведені дослідження показали, що це дозволяє скоротити непродуктивні затримки, збільшивши швидкості руху.

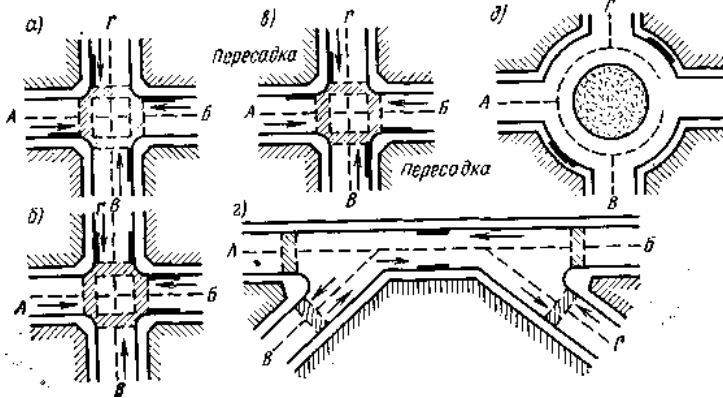


Рис. 12.5 – Варіанти розміщення зупиночних пунктів:

a – перед перехрестям; *б* – перед перехрестям біля стоп-ліній в основному створі; *в* -*A-B* за перехрестям, *В-Г* перед перехрестям; *г* – сполучені в одному створі між перехрестями; *д* – сполучені на площі з кільцевим рухом

Переваги такого розміщення обумовлюються наступним: на підході до перехрестя водій може вибирати швидкість руху з урахуванням роботи світлофорів, що підвищує імовірність проходження через перехрестя без затримок; при ручному регулюванні регулювальник надає право переважного проїзду масовому транспорту; після закінчення посадки і висадки транспортні засоби можуть продовжити рух незалежно від сигналу світлофора; забезпечуються гарна видимість

і безпека пересування для пасажирів, які вийшли з автобуса або тролейбуса і переходять вулицю; полегшується застосування світлофорів з кібернетичними пристроями для регулювання руху, при яких вхідні датчики встановлюють перед перехрестям.

Нерідко зупиночні пункти розміщують з урахуванням виконання конкретних завдань організації руху в даному транспортному вузлі. На рис. 12.3 показані різні випадки розміщення зупиночних пунктів масового транспорту, що передбачають розвантаження деяких транспортних підходів або забезпечують зручності пересадок пасажирів у найбільш напружених пересадних напрямках.

Контрольні питання

1. У чому полягає методика обстеження складу і розмірів вуличного руху?
2. Які автоматичні пристрої застосовують при обстеженні вуличного руху?
4. Наведіть особливості організації руху в транспортних вузлах.
5. Наведіть особливості організації однобічного руху на вулицях.
6. Яким чином здійснюється регулювання вуличного руху?
7. Перелічіть методи і способи регулювання руху.
8. Які умови впливають на розміщення зупиночних пунктів суспільного пасажирського транспорту з урахуванням безпеки дорожнього руху?

**ЗАХОДИ ЩОДО
ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ БЕЗПЕКИ
РУХУ**

13.1. Класифікація дорожньо-транспортних подій

13.2. Реєстрація і облік дорожньо-транспортних подій

13.3. Карти дорожньо-транспортних подій

13.4. Концентрація подій на транспортній мережі

13.5. Причини виникнення подій

13.6. Показники аварійності й травматизму

**13.1. Класифікація дорожньо-
транспортних подій**

У нашій країні облік дорожньо-транспортних подій ведуть органи Державтоінспекції. У свою чергу, транспортні підприємства, підлеглі різним відомствам, ведуть внутрішній облік. Усі дорожньо-транспортні випадки класифікують на аварії, наїзди, нещасні випадки і транспортно-виробничі події, причому до аварій відносяться події, що викликають пошкодження транспортних засобів з матеріальним збитком. Відповідно до зазначеної класифікації, наїзди транспорту на пішоходів в одних випадках відносяться до наїздів, а в інших – до нещасного випадку, причому це може бути встановлено тільки після виявлення винуватця того, що трапилося. Якщо подія відбулася з вини водія транспорту, то вона відноситься до наїзду, якщо ж з вини пішохода або пасажира – до нещасного випадку.

На масовому пасажирському транспорті прийнята дещо інша класифікація, що у значній частині запозичена з практики експлуатації залізничного транспорту. Дорожньо-транспортні випадки на електротранспорті враховують за класифікацією, відповідно до якої, дорожньо-транспортні випадки підрозділяють на катастрофи, аварії, нещасні випадки та інші події. Катастрофи та аварії, що можуть виникнути за тих самих причин, розрізняють між собою тільки за важкістю наслідків.

**13.2. Реєстрація і облік дорожньо-
транспортних подій**

Основою для аналізу і розробки заходів щодо попередження подій є точні відомості про дорожньо-транспортні події, систематизовані у визначені форми. Статистику дорожньо-транспортних подій ведуть транспортні підприємства, відділи державної автоінспекції (ДАІ) міст і обласні автоінспекції. У вищестоящі організації відповідно до встановленого положення статистичні дані подають за спеціальною формою. Найбільш цінним є первинний статистичний матеріал, що збирається транспортними підприємствами і ДАІ міст. Цей матеріал дозволяє розробляти заходи щодо зниження аварійності безпосередньо самими організаціями, а також міськими Радами.

Основними документами, що фіксують дорожньо-транспортні події, є картки дорожньо-транспортних випадків, у яких за встановленою формою до-

кладно реєструють фактори і причини, що сприяють або обумовлюють їхнє виникнення. У картці також указують місце події, умови, стан транспортних засобів і інші подробиці. Крім єдиної форми обліку, ведуть ще облік подій у транспортних підприємствах з метою виявлення матеріального збитку і ступеня вини самих транспортних підприємств.

Місцеві органи ДАІ подають звіти у вищестоящі організації про аварійність і травматизм у місті за затвердженою формою. Відповідно до цієї форми всі дорожньо-транспортні пригоди поділяються на 12 груп за наступними причинами їхнього виникнення: 1) перевищення швидкості; 2) недотримання правил переїзду перехрестя; 3) недостатня освітленість; 4) осліплення світлом фар; 5) незадовільний стан рейкового шляху (дорожнього покриття); 6) інші порушення правил руху водіями; 7) несправність окремих агрегатів і вузлів транспортних засобів; 8) порушення пішоходами правил руху; 9) вхід і вихід пасажирів на ходу при відкритих дверях; 10) проїзд на виступаючих частинах вагонів трамвая; 11) перевтома водія; 12) інші причини.

На міському електротранспорті такого розподілу не існує і всі дорожньо-транспортні випадки об'єднані у дві великі групи: події, що виникають з вини підприємства електротранспорту, і події, що відбуваються не з вини підприємства електротранспорту. Остання група подій не піддається аналізу. Події, що відбулися з вини підприємства електротранспорту, в свою чергу, поділяються залежно від причин їхнього виникнення на наступні групи: 1) події, що виникли в результаті порушення водієм правил технічної експлуатації; 2) події, що виникли через незадовільний стан шляхового господарства або несправності транспортних засобів. Такий розподіл на підприємствах електротранспорту пов'язаний з існуючою системою оплати праці робітників і службовців.

Усередині самих транспортних підприємств міського електротранспорту, які повинні систематично вести облік дорожньо-транспортних подій і піддавати їх аналізу, немає єдиних форм реєстрації й обліку подій. Первинні документи реєстрації подій з різною повнотою враховують факти, що сприяють виникненню подій. Первинний документ заповнює безпосередньо на місці події інспектор ДАІ, який направляє його в міський (обласний) відділ Державтоінспекції, де документ піддають подальшій обробці. Ті графи картки (акту) дорожньо-транспортної події, що не можуть бути заповнені на місці події, заповнюють після експертного висновку. В автоінспекції міста (області) відомості, що надходять про події, занесені в картки, систематизують за місцем події й часом і зводять у *дільничні картки*.

На транспортних підприємствах для аналізу дорожньо-транспортних випадків і розробки заходів щодо їхнього запобігання ведуть внутрішній облік. Форми обліку стосовно до умов роботи транспортних підприємств можуть бути різні. У більшості випадків дані з первинного документа (картки) заносять у журнал обліку дорожньо-транспортних випадків. На великих підприємствах, що мають велику кількість транспортних засобів, доцільно вести (так само, як і в державтоінспекції) картотечний облік, але більш повний, з реєстрацією не тільки подій, але і порушень правил вуличного руху. Підсумкові оброблені дані

можуть бути подані у графічній формі у вигляді карт дорожньо-транспортних випадків.

13.3. Карти дорожньо-транспортних подій

З метою виявлення небезпечних ділянок, де концентруються дорожньо-транспортні пригоди, і основних причин, що обумовлюють їх виникнення, доцільно кожному подію відзначати на плані міста умовним знаком. Нанесення цих знаків на карту слід робити протягом усього року. При зіставленні річних карт можна з'ясувати число подій по вулицях протягом ряду років. Шляхом порівняння річних карт можна простежити також деякі тенденції концентрації або зниження подій після здійснення яких-небудь заходів. Звичайно для карт подій використовують план міста в масштабі 1:5000 або 1:10000 із вказівкою основних транспортних магістралей і площ. Додатково до карти подій доцільно мати альбом ділянок доріг або вулиць, а також перехрест'я і площ з високою частотою транспортних подій.

Іноді карти дорожньо-транспортних подій ведуть транспортні підприємства. У більшості великих міст трамвайно-тролейбусні підприємства ведуть карти обліку дорожньо-транспортних подій на схемі транспортної мережі. Додатково до такої карти ведуть альбом. В альбомі на плані вулиць у масштабі 1:500 наносять ситуації вулиць, дорожньо-сигнальні знаки, смуги регулювання руху, зупиночні пункти транспорту, опори контактної мережі і т.д. Загальний план розбитий на райони і альбом складають по районах. Такий метод обліку дає можливість у багатьох випадках визначати правдиві причини подій, що залежать від місцевих умов, і вживати заходи до їх усунення. Якщо на карті місця подій показують умовно, то на плані вулиць в альбомі абсолютно точно, де і яка відбулася подія, який був напрямок руху та інші дані. Крім того, окремі додаткові відомості можна наводити в таблицях, прикладених до цих планів вулиць. Таке ведення обліку дорожньо-транспортних подій дає можливість повніше аналізувати причини подій і виявляти планувальні недоліки на окремих ділянках транспортних магістралей.

За рубежом, крім описаних вище графічних матеріалів, іноді заводять карти, що показують число подій, зафіксованих на перехрестях, і ступінь небезпеки перехрестя. Ступінь небезпеки перехрест'я або ділянок вулиць підраховують по-різному. Іноді ступінь небезпеки визначають на підставі аналізу статистичних матеріалів і подають у кількісних показниках, віднесених до одиниці довжини вулиці. Цей метод дає обмежену характеристику небезпеки, не враховуючи якісні показники. В інших випадках ступінь небезпеки ділянок вулиць визначають з урахуванням нанесеного матеріального збитку. Для цього ведуть спеціальну картотеку подій по ділянках вулиць. Існують й інші методи визначення ступеня небезпеки.

13.4. Концентрація подій на транспортній мережі

Виникнення дорожньо-транспортних випадків може бути викликане одночасно декількома причинами. Одні з них – основні, інші – супутні. До супутніх відносяться в основному шляхово-транспортні умови: інтенсивність руху, стан дорожнього покриття, планувальна характеристика вулиці й дороги (видимість, ухили, криві і т.д.), облаштованість дороги і т.д. Саме ці супутні причини обумовлюють концентрацію подій у визначених місцях міських вулиць. Події в основному концентруються на магістральних вулицях з інтенсивним рухом транспорту і пішоходів і переважно в зонах перехресть. В даний час із загального числа усіх врахованих у державі подій близько 70% відбувається в містах і робочих селищах і тільки 30% на міжміських і сільських дорогах [60].

Міські перехрестя і площі з перетинанням транспортних потоків в одному рівні є найбільш небезпечними ділянками вулиць. На них виникає до 50% усіх транспортних подій зі смертельним результатом. Значне число подій також має місце на кривих ділянках ухилів. Як відзначалося вище, найбільше число подій приходить на вулиці з інтенсивним рухом транспорту, причому ступінь аварійності на них багато в чому залежить від характеристики самих вулиць і проїзних частин. Концентрація дорожньо-транспортних випадків на мережах громадського пасажирського транспорту має свою специфіку. Більше всього подій відзначається в зонах зупиночних пунктів, причому для безрейкового транспорту найбільше число подій приходить на зупиночні пункти, розташовані безпосередньо перед перехрестям. Як правило, такі пункти розташовують перед пішохідними переходами і пасажири, які вийшли з тролейбуса або автобуса і прямують на протилежну сторону вулиці, через неуважність можуть створити аварійну обстановку. При розташуванні зупиночних пунктів за перехрестям перехід вулиці на протилежну сторону здійснюється за тролейбусом або автобусом. У цьому випадку забезпечується краща видимість як для пішоходів, так і для водіїв транспорту.

Для рейкового транспорту, розташованого на відособленому полотні, місцями концентрації подій є перетинання рейкових шляхів з дорогами в одному рівні, а також ділянки, погано освітлювані в темні години доби. Підвищенню числа подій на перехрестях можуть сприяти не тільки недоліки в організації руху, але і несприятливі умови видимості, викликані неправильною забудовою, зеленими насадженнями, розміщенням на тротуарах кіосків та інших тимчасових і постійних споруджень.

13.5. Причини виникнення подій

Дорожньо-транспортні випадки викликані різними причинами, вивчення їх важливе для розробки заходів щодо забезпечення безпеки руху. На підставі вивчення й аналізу дорожньо-транспортних подій виявлено, що розміри аварійності й травматизму знаходяться в прямій залежності від наступних факторів: 1) чисельності населення міста; 2) кількості транспортних засобів у місті; 3) розмірів транспортної мережі; 4) коефіцієнта використання транспортних засобів; 5) стану доріг, їхнього обладнання і благоустрою; 6) технічного стану транспортних засобів [60]. Крім зазначених факторів, існує ще цілий ряд інших, які значно впливають на виникнення аварійності й травматизму.

У звіті Економічної комісії ООН в Європі наведені наступні причини дорожньо-транспортних подій, що викликають смертельні випадки і каліцтва: з вини водіїв – 20%, з вини пішоходів і велосипедистів – 5%, через технічну несправність транспорту – 5%, через несправність доріг – 70%. Дані Міжнародного конгресу з безпеки руху дають іншу картину. Тут основна причина подій вбачається в недбалості або помилках водіїв і в несправності автомобілів.

Дорожньо-транспортні випадки в містах часто повторюються на певних ділянках: перехрестях, зупиночних пунктах, крутих поворотах, вулицях з інтенсивним рухом, з вузькими проїзними частинами, з ухилами і поганим освітленням. Повторення подій на тому самому місці пов'язано з планувальними або іншими недоліками даної ділянки дороги, що і є основною причиною виникнення події. Усі фактори, що викликають дорожньо-транспортні події, можуть бути підрозділені на дві групи:

1) суб'єктивні: водії, пішоходи і пасажери;

2) об'єктивні: стан шляху, технічний стан транспорту, освітленість дороги, місцеві умови, атмосферні умови і т.д.

Дорожньо-транспортні випадки, що виникли з вини водіїв, відбуваються внаслідок: 1) порушення вказівок сигналів і знаків; 2) перевищення установленної швидкості, особливо у перехресті, при поворотах і на ухилах; 3) порушення правил руху на зупиночних пунктах масового пасажирського транспорту; 4) керування машиною у нетверезому стані; 5) недотримання переважного права проїзду або встановлених правил обгону; 6) виїзду на лінію на несправній машині; 7) необережної їзди при поганій погоді (тумані, при запітнілому склі і т.д.) і слизькому покритті; 8) недотримання інтервалу між транспортними засобами по довжині або зазору в смугах руху.

Дорожньо-транспортні пригоди, що виникають з вини пасажирів, є наслідком безпосередніх причин: 1) входу і виходу під час руху; 2) проїзду на виступаючих частинах транспорту; 3) ходіння по проїзній частині; 4) виходу з зупиненої машини на проїзну частину; 5) переходу вулиці при червоному сигналі світлофора або в забороненому місці; 6) нетверезого стану пішохода. Передумовами, що створили умови для дорожньо-транспортних подій, є наступні

конструктивні недоліки транспортних засобів масового пасажирського транспорту: 1) несправні пристрої для автоматичного закривання дверей; 2) наявність виступаючих частин; 3) розташування дверей перед колесами; 4) відсутність міжвагонних запобіжних сіток трамвайних потягів; 5) погана освітленість транспортних засобів; 6) недосконала або несправна гальмова система; 7) відсутність приладів і пристроїв, що сигналізують про перевищення припустимої швидкості руху, та цілий ряд інших. Останні два пункти поширюються і на автомобільний транспорт.

Згідно зі статистичними даними, дорожньо-транспортні випадки з причин їхнього виникнення розподілені:

1) найбільше число подій, пов'язаних з винністю водія, відбувається через перевищення швидкості, неухважності водія, виїзду на ліву сторону дороги і необережного проїзду на зупиночних пунктах пасажирського транспорту;

2) із причин, пов'язаних з виною пішоходів і пасажирів, більше всього подій виникає внаслідок переходу проїзної частини в невстановленому місці, ходьби по проїзній частині перед транспортом, що близько рухається, несподіваного виходу на проїзну частину перед транспортним засобом;

3) події, пов'язані з технічним станом транспортних засобів, більше всього виникають через несправність гальмової системи і рульового керування;

4) події, пов'язані з дорожніми умовами, більш всього виникають із причин недостатньої освітленості і слизькості проїзної частини, відсутності тротуарів, поганого стану дорожнього покриття.

Як уже відзначалося, виникнення кожної дорожньо-транспортної події пов'язано з декількома причинами і факторами. У середньому на кожні 100 пригод приходить близько 250 причин і факторів. Більшість дорожньо-транспортних подій, як показує статистика, пов'язано з об'єктивними факторами. Зазначені вище дані характеризують розподіл подій за причинами їхнього виникнення в цілому для всіх транспортних засобів. Для різних видів транспорту цей розподіл неоднаковий.

Зіставити дані обліку дорожньо-транспортних подій у різних країнах, як було зазначено вище, важко внаслідок різної системи обліку, тому для порівняльного аналізу в міжнародному масштабі найчастіше використовують дані про дорожньо-транспортні випадки зі смертельними наслідками, по яких є найбільш повні дані у всіх країнах. Розподіл цієї категорії подій за причинами виникнення для всіх країн має наступний характер (дані наведені в %) [60]:

Нетверезий стан водіїв.....	5-8
Несправність транспортних засобів.....	15-20
Погана видимість через непогоду, забруднення лобового скла, осліплення фарами зустрічних машин.....	15-20
Погані дорожні умови (мокре покриття, лід, бруд і т.д.).....	15-20
Недотримання правил руху.....	40-50

Правильне встановлення причин дорожньо-транспортних випадків сприяє розробці ефективних заходів щодо зниження їхньої кількості. Відповід-

но до статистичних даних «перше місце» належить подіям, що виникли через недотримання правил руху і перевищення швидкості. У цих випадках вина падає на водія. Слід, однак, зазначити, що співвідношення різних видів подій і причин їхнього виникнення по окремих містах коливається в значних межах. Це пояснюється не тільки місцевими умовами, але й до деякої міри різними підходами до оцінки причин виникнення подій.

13.6. Показники аварійності й травматизму

Для оцінки роботи з підвищення безпеки руху на транспортних підприємствах, у містах і в цілому по країні, використовують метод порівняння статистичних даних про дорожньо-транспортні події. При цьому слід мати на увазі, що загальні кількісні показники – число всіх подій за визначений період часу – не дають порівнюваних результатів, тому що вони прив'язані до конкретних умов (чисельності населення і парку транспортних засобів, стану дорожнього господарства, системи обліку подій і т.д.). Але і кількість подій, що віднесена до парку транспортних засобів, дає перекручену картину стану справ, тому що тут не враховується ступінь використання транспорту. При обліку цього показника виходить, що підприємства, в яких значна частина транспортних засобів не працює з різних причин, знаходяться за показником аварійності в кращому положенні у порівнянні з іншими, що мають таку ж чисельність парку, але більш ефективно використовувану. З цієї ж причини аварійність на таксомоторному транспорті на 100 машин вище, ніж на транспорті індивідуального користування.

Найбільш об'єктивним показником, що правильно характеризує загальний рівень безпеки руху в даному транспортному господарстві, у місті, країні, є число подій, віднесене до загальної роботи транспорту, вираженої в машинокілометрах. Цей показник у даний час повсюдно застосовується при статистичній обробці даних обліку дорожньо-транспортних подій. Він дає можливість об'єктивно порівнювати різні міста і види транспорту за аварійністю і травматизмом. На пасажирському транспорті, крім цього, доцільно вести обробку і за таким показником, як число подій із травмами пасажирів, що приходить на 100 тис. перевезених пасажирів. Цей показник дає змогу судити про рівень безпеки руху, досягнутий на даному виді транспорту.

Аналізуючи статистичні матеріали, деякі фахівці намагаються установити закономірність збільшення кількості дорожньо-транспортних подій і на цій основі робити прогнозування і визначати збиток від дорожньо-транспортних пригод. Але необхідно, однак, зазначити, що енергійні заходи боротьби з аварійністю можуть порушити виявлені закономірності й істотно знизити темпи зростання числа нещасних випадків у міру збільшення транспортного парку.

При аналізі дорожньо-транспортних випадків досліджується як кількісна, так і якісна сторона пригод.

Кількісному дослідженню піддаються матеріали, що збираються обласними органами. Відповідно до прийнятої у нас системи статистичного обліку кількісному аналізу може піддаватися:

- 1) розподіл подій за видами транспортних засобів;
- 2) розподіл подій через причини виникнення;
- 3) розподіл подій за класифікаційними видами.

Зіставлення кількісних показників для різних видів транспорту дає можливість установити найбільш аварійний серед них. Подальший аналіз дозволяє установити, що необхідно зробити в першу чергу для зменшення аварійності. Показники розподілу пригод через причини їх виникнення дозволяють установити, в якому напрямку необхідно вести роботу по боротьбі з аварійністю і травматизмом, тоді як чисто кількісний аналіз подій за їх видами не дає для цього достатніх підстав.

Досить корисними є і кількісні показники розподілу подій за сезонами і місяцями року, годинами доби, а також дані кількісного розподілу за віком постраждалих пішоходів, пасажирів і водіїв транспорту. Такий облік ведуть в деяких міських відділах ДАІ і транспортних організаціях. У централізованому порядку подібні дані не надходять.

Кількісний аналіз статистичних даних також дозволяє установити процентний розподіл дорожньо-транспортних подій за причинами. Оскільки виникненню кожної події провокує кілька причин, при аналізі яких необхідно відокремити основні від другорядних. Як правило, основні причини мають більш закономірний характер і саме їх враховують у статистичних показниках.

Звичайно при аналізі досліджують три фактори: а) поведження учасників руху – водіїв, пішоходів і пасажирів транспорту; б) технічний стан транспортних засобів; в) умови руху. Їх слід розглядати у взаємному зв'язку, встановлюючи ступінь впливу кожного фактора. При дослідженні поведження учасників руху особливу увагу необхідно звертати на кваліфікацію водіїв і їх фізичний і психічний стан, здатність реагувати в умовах обстановки, що швидко змінюється. Фізичний стан водія залежить від багатьох причин. Як правило, він погіршується при тривалій роботі в зв'язку з втомою. На ті самі обставини варто звертати увагу при дослідженні поведження пішоходів або пасажирів, що потрапили в дорожньо-транспортні події.

При дослідженні транспортних засобів установлюють їхню характеристику і технічний стан відповідно до діючої інструкції. Найбільш складним при якісному аналізі є встановлення впливу умов руху на аварійність. При дослідженні умов руху насамперед з'ясовують характеристику шляху і дорожні умови: стан дорожнього покриття – його рівність; планувальні характеристики – профіль колії, криві в плані й профілі, наявність віражів, умови видимості в плані і профілі; розміщення технічних засобів регулювання руху; прийняту систему організації руху.

Одним з основних параметрів, що характеризує якість шляху, є коефіцієнт зчеплення коліс з дорожнім покриттям. Він визначає довжину гальмового шляху і регламентований нормами і технічними умовами. Коефіцієнт зчеплення залежить від типу дорожнього одягу і змінюється залежно від погодних умов. Значний вплив роблять на аварійність метеорологічні умови. У сильні тумани, снігопади і зливи погіршується видимість, знижується коефіцієнт зчеплення коліс з дорожнім покриттям. Ця обставина, як підтверджують дані статистики, дуже підвищує аварійність за порівняними показниками.

13.7. Екологічні аспекти аварій на транспорті

Транспортні процеси відносяться до екологічно небезпечних, тобто таких, що приводять до біологічних, механічних і фізико-хімічних забруднень екосистеми і завдають екологічної шкоди її складовим. Найбільшою є небезпека при переході на аварійні режими експлуатації транспорту. Вона виникає внаслідок крайньої зношеності транспортних засобів і обладнання, використання застарілих технологій, перевищення меж пропускну і провізної здатності, порушення швидкісного режиму руху, а також неврахування суб'єктивних причин, що впливають на поведінку учасників транспортних процесів.

За тривалістю періоду негативного впливу транспорту на здоров'я населення і природні комплекси розрізняють два види екологічної небезпеки: *постійно присутня* і *короткострокова*.

Постійно присутня екологічна небезпека є наслідком звичайного функціонування транспортного комплексу. Вона виявляється у підвищеному, в порівнянні з природним, рівні забруднення атмосферного повітря, водних об'єктів, ґрунтового покриву і шуму поблизу транспортних магістралей.

Короткострокова екологічна небезпека виникає в аварійних ситуаціях, при яких спостерігаються забруднення атмосфери, води, ґрунту, загибель біоти та інші наслідки. Особливо сильно вона виявляється при транспортуванні небезпечних вантажів. Екологічна небезпека прямо пов'язана з рівнем екологічного ризику.

Транспортні аварії і катастрофи приводять до економічних утрат для суспільства, приводячи до величезних непоправних збитків. До прямих утрат відносяться витрати транспортних підприємств на ліквідацію наслідків аварій, в тому числі на ремонт і відновлення транспортних засобів, витрати органів транспортної інспекції і юридичних органів на розслідування справ про події, медичних установ на лікування потерпілих, компенсації потерпілим з фондів соціального страхування та ін. Непрямими втратами є втрати суспільства в зв'язку з утратою працездатності (тимчасової або повної) працівників, соціально-моральні та ін.

Проблема забезпечення транспортної безпеки населення і навколишнього середовища в Україні особливо гостро проявилася з середини 90-х років, коли різко збільшилася чисельність транспортних засобів, у першу чергу автомобільного транспорту на фоні недостатньо розвинутої транспортної інфраструктури.

Статистика встановила, що 99% транспортних подій складають дорожньо-транспортні події (ДТП). Найбільш небезпечним є *автомобільний транспорт*, де дуже велика кількість загиблих і поранених. Тільки за три дні під колісьми автомобілів гине більше людей, ніж на всіх інших видах транспорту (повітряному, залізничному, річковому, морському разом узятих) протягом року.

Основними причинами високої аварійності на автомобільному транспорті є: перевищення швидкості руху, порушення правил обгону, маневрування і проїзду залізничних переїздів, виїзд на смугу зустрічного руху, недотримання черговості проїзду перехресть, порушення правил перевезення пасажирів, низький технічний стан автомобілів, незадовільні дорожні умови.

Необхідність вирішення цієї проблеми на найвищому рівні пов'язана з тим, що на автомобільний транспорт приходить більша половина пасажирських і три чверті вантажних перевезень. Сучасні спроби якось поліпшити ситуацію на дорогах, як правило, локальні, погано взаємозалежні і не складають єдину загальноміську (регіональну) систему.

Вартісна оцінка наслідків ДТП (загибель, поранення, інвалідність і реабілітація, моральні, економічні та інші фактори) використовується у всіх країнах з розвинутою автомобілізацією як один з основних критеріїв при прийнятті рішень у процесі державного керування у сфері безпеки дорожнього руху. Дані оцінки дозволяють зробити відповідні розрахунки при розробці на різних рівнях керування цільових програм, проектів і проведенні профілактичних заходів у цій сфері. У процесі формування політики Європейського Союзу в ході обговорення автотранспортних проблем усе частіше виникає поняття „зовнішні витрати” [60]. Використання цього поняття стає все більш важливим у процесі підготовки обґрунтувань для розробленої політики, а також встановлення екологічних податків і платежів, стягнутих з користувачів об'єктів інфраструктури. У загальному випадку зовнішні витрати виникають при будь-якій ситуації, коли в результаті діяльності, що виконується одним членом суспільства, не забезпечується належний облік негативного впливу цієї діяльності на добробут інших.

Зовнішні витрати, обумовлені функціонуванням транспорту, мають місце, коли власник транспортного засобу не відшкодовує втрати суспільству, пов'язані з експлуатацією транспортного засобу, що належить йому, тобто деякі витрати лягають на плечі інших осіб або суспільства в цілому.

Самі витрати (збиток) можуть бути розділені на особистий збиток, що відноситься до осіб, які здійснюють транспортну діяльність, і зовнішні витрати, що випадають на частку інших членів суспільства. Сума двох зазначених видів витрат є *суспільними витратами*.

Забруднення атмосферного повітря, шумовий вплив, дорожньо-транспортні пригоди, дорожні пробки є типовими факторами, що обумовлюють

зовнішні витрати. У цих випадках особи, які користуються послугами транспортних засобів, а також їхні власники не компенсують негативні наслідки для інших людей, що настають у результаті використання транспортних засобів. Під негативними наслідками розуміються, наприклад, проблеми зі здоров'ям, вплив шуму, витрати на медичне лікування, а також затримки прибуття до місця призначення. Зовнішні витрати складають значну частку від загальних витрат, пов'язаних з функціонуванням транспорту. Таке положення особливо характерно для великих міст, де негативний вплив транспорту відчуває на собі значна частина наявного в них населення. Крім того, зовнішні витрати важливо враховувати при розробці транспортної політики міста і плануванні різних заходів. Це забезпечить прийняття оптимальних рішень у таких випадках, як, наприклад, установа стандартів для транспортних засобів, оподаткування і реалізації проектів за розвитком транспортної інфраструктури.

У випадку введення в дію податку, рівного за величиною зовнішнім витратам, забезпечується повне відшкодування соціальної вартості наслідків від впливу таких факторів, як забруднення атмосферного повітря, впливу шуму, наслідку ДТП і т.д. Уведення такого податку означатиме здійснення *принципу "забруднювач – платить"*, що закладений у реалізацію Європейським Союзом політики *справедливого й ефективного ціноутворення* у транспортному секторі [71].

Облік зовнішніх витрат має велике значення в тому випадку, якщо розглядаються альтернативні політичні рішення. Наприклад, якщо передбачається підвищити пріоритетність проектів для того, щоб прийняти рішення по одній з наявних альтернатив. Часто аналіз витрат і результатів використовують як інструмент інформаційної підтримки прийняття управлінських рішень. При цьому для ухвалення оптимального рішення потрібно, щоб усі наслідки, включаючи зовнішні витрати розглянутих альтернатив, були прозорі й зрозумілі.

При необхідності здійснити облік зовнішніх витрат у процесі виконання аналізу витрат і результатів великої ваги набуває оцінка значень зовнішніх витрат і результатів. Це веде до фокусування уваги на завданні виконання вартісної оцінки зовнішніх витрат, і зокрема, зовнішніх витрат, пов'язаних з функціонуванням транспорту.

У зв'язку з відзначеними вище обставинами розробка й удосконалення методів вартісної оцінки збитків (витрат), які несе суспільство в зв'язку з хімічним і фізичним забрудненням повітря, а також у результаті ДТП, були однією з основних тем досліджень, проведених протягом тривалого часу в Данії. Подібні дослідження виконувалися також в інших країнах-членах ЄС, а також на міждержавному рівні в рамках Європейського Союзу.

Слід відзначити, що не вся величина збитку від ДТП, в повному розумінні цього слова, може бути віднесена до категорії зовнішніх витрат. Певна частина збитку, обумовленого стражданнями конкретної людини, яка є користувачем автомобільної дороги, а також утрата її життя або ушкодження власного автомобіля повинна бути віднесена до категорії „особистий збиток”. Персональний ризик, пов'язаний з можливістю заподіяння собі страждань, смерті,

втрати працездатності або пошкодженням власного автомобіля (у результаті ДТП), відносяться до категорії «особистий збиток». Це обумовлено тим, що зазначені ризики минулого прийняті на себе користувачем автомобільних доріг самостійно в той момент, коли він приймав рішення відправитися в поїздку, чи ні.

Вибір варіантів здійснення проектів розвитку інфраструктури на прикладі Данії базується на обліку витрат і одержуваних результатів. Такий облік заснований, зокрема, на результатах інтегральної оцінки наслідків від ДТП, обумовлених з урахуванням отриманого збитку. Як приклад, може служити проект спорудження нової більш безпечної дороги, що обумовить скорочення числа ДТП (у порівнянні з кількістю, що має місце за станом на день розгляду проекту). Вартісне вираження ефекту від скорочення числа ДТП розраховується шляхом множення числа відвернутих ДТП на розмір збитку від одного з них.

У Данії оцінка витрат від ДТП враховує наступні три типи збитку нанесених людині: «смертельний результат», «важкі поранення» і «легкі поранення». Витрати перетворюються в *питомий збиток від одного ДТП*. Таке перетворення виконують на основі обліку середньої кількості загиблих, осіб, які одержали важкі поранення, легкі поранення, а також середньої вартості матеріального збитку, що приходить на одне ДТП. У даний час, наприклад, у Данії використовуються наступні два підходи до виконання вартісної оцінки збитку, нанесеного людині в результаті середньостатистичного ДТП:

- перший і дотепер використовуваний офіційними органами підхід заснований на оцінці *недоотриманого внеску у ВВП*;
- другий підхід базується на *обстеженні думки різних груп населення* і відбиває готовність користувачів доріг платити за скорочення числа потерпілих і ризику ДТП.

Обидва підходи застосовуються і в інших європейських країнах. Значення збитків, що приходяться на одне ДТП, розраховані на основі оцінки недоотриманого внеску в ВВП, виявляються, як правило, набагато менше значень збитків, розрахованих на базі підходу, заснованого на обліку готовності населення платити за скорочення числа потерпілих і ризику від ДТП.

Державним науково-дослідним *інститутом автомобільного транспорту (НДІАТ)* недавно була розроблена нова методика [97] оцінки соціально-економічного збитку від ДТП. Вона може використовуватися для оцінки ефективності заходів шляхом розрахунку вартісного вираження втрат суспільства в результаті загибелі або поранення людей у дорожньо-транспортних випадках.

Розрахунок соціально-економічного збитку припускає облік наступних двох компонентів: збиток, обумовлений загибеллю або пораненням людей; матеріальний збиток (у результаті пошкодження транспортних засобів, псування вантажу, пошкодження елементів дорожньої інфраструктури). Загальний підхід, закладений в українській методиці розрахунку соціально-економічного збитку від ДТП, базується на обліку зниження виробництва і подібний підходу, використовуваному в датській методиці.

13.8. Характеристика основних заходів щодо підвищення безпеки руху

Для успішного й ефективного вирішення питань, пов'язаних з безпекою руху, необхідне здійснення ряду заходів. Усі ці заходи можуть бути розділені на чотири групи: 1) організаційно-технічні; 2) планувально-реконструкційні; 3) регулювальні; 4) агітаційно-масові.

До першої групи заходів слід віднести широке розгортання науково-дослідних робіт для всебічного вивчення умов вуличного руху, вишукування шляхів його раціоналізації й розробку заходів з безпеки. До організаційно-технічних заходів відносяться:

1) організація систематичного обліку дорожньо-транспортних подій з розбивкою їх за категоріями, місцем, часом і причинами виникнення. На підставі статистичного аналізу виявляють конкретні ділянки, небезпечні в аварійному відношенні, і розробляють заходи, спрямовані на підвищення безпеки руху з урахуванням місцевих умов;

2) систематичне проведення обстеження інтенсивності й умов руху транспорту і пішоходів. На підставі аналізу матеріалів обстеження розробляють заходи з упорядкування організації руху, а також установленню черговості мір, спрямованих на підвищення безпеки;

3) ретельний добір кадрів для підготовки водійського складу, систематичний медичний огляд і перевірка знань правил вуличного руху і технічної експлуатації. Строгий підхід до видачі прав водія;

4) організація систематичного технічного огляду транспортних засобів з метою виявлення технічних несправностей, що можуть сприяти виникненню дорожньо-транспортних подій;

5) правильне науково обґрунтоване складання маршрутних і поїзних розкладів руху на громадському пасажирському транспорті з урахуванням особливостей руху на окремих ділянках. Оперативна зміна розкладів руху транспортних засобів при зміні умов руху на маршрутах (виконанні ремонтних робіт на вулиці, ожеледь і т.д.);

б) нанесення на проїзну частину піску, шлаку, кам'яного дріб'язку та інших матеріалів у час ожеледі, а також видалення з неї бруду, сміття і т.д.

Планувально-реконструкційні заходи в першу чергу зв'язані з перебудовою вулиць, площ, перехресть, шляхового господарства, а також усіх шляхово-транспортних споруд. До них відносяться:

1) усунення істотних дефектів планування вулиць (розширення проїзної частини; зм'якшення подовжного профілю проїзної частини; збільшення радіусів кривих; поліпшення умов видимості на перехрестях і кривих за рахунок зносу будинків, що заважають, споруд і зелених насаджень; реконструкція існуючих дорожніх споруд (мостів, шляхопроводів, тунелів і т.д.); пробивання кутів будинків для пішохідного руху на жвавих перехрестях з вузькими тротуарами;

- 2) спорудження перетинань у різних рівнях (тунелів і шляхопроводів) у місцях перетинань потужних потоків руху транспорту;
- 3) спорудження позавуличних переходів у місцях, де спостерігаються масові пішохідні потоки через вулиці й площі;
- 4) перенесення трамвайних шляхів на відособлене полотно в тих місцях, де допускає ширина вулиць;
- 5) відокремлення проїзної частини вулиць від тротуарів шляхом посадки зелених насаджень, а також пристрою металевих огорожень;
- 6) обладнання пішохідних переходів острівцями безпеки;
- 7) спорудження безпечних посадкових площадок з огороженням їх металевими або залізобетонними бар'єрами на зупиночних пунктах трамвая;
- 8) влаштування дорожніх покриттів з підвищеним коефіцієнтом зчеплення;
- 9) поліпшення освітленості проїзної частини вулиць;
- 10) реконструкція транспортної частини площі, влаштування розділових і направляючих острівців і т.д.;
- 11) зняття трамвая з магістральних вулиць, насичених рухом безрейкового транспорту і пішоходами.

До масштабних реконструкційних заходів відносяться: розширення і випрямлення існуючих вулиць, пробивання нових магістралей, влаштування перетинань у різних рівнях. Ці заходи, пов'язані з великими роботами (зносом будинків, прокладкою або перекладкою підземних споруд), повинні виконуватися в тих випадках, коли неможливо обійтися за допомогою більш простих рішень. Найбільш часто проводять заходи, пов'язані з «розшивкою вузьких місць» (реконструкція окремих вуличних перехресть, місць різкого звуження вулиць виступаючими будинками, ділянок з надмірно крутими ухілами).

Важливе значення має правильне використання вулиць за їх шириною: встановлення оптимальних розмірів окремих елементів вулиць, раціональне їхнє взаємне розміщення, регулювання границь цих елементів у плані вулиць. Ширину проїзної частини вулиць визначають, як відомо, виходячи з необхідного числа розрахункових смуг руху і ширини кожної з цих смуг. Необхідне число смуг проїзної частини визначають, виходячи з інтенсивності руху, складу транспортного потоку і пропускну здатності кожної смуги.

Багато, щоб ширина проїзних частин вулиць (за винятком тих, де розміри руху незначні) була не менше 13 м (дві смуги для руху по 3,5 м і дві для зупинки і стоянки автомобілів по 3 м) або 10,5 м (дві смуги руху по 3,5 м і одна для стоянки машин 3,5 м). При меншій ширині проїзної частини створюються небезпечні для руху умови, тому що поставлені біля тротуарів автомобілі знижують видимість, а також змушують водіїв, які об'їжджають їх, виводити транспортні засоби за осьову лінію, внаслідок чого створюється можливість зіткнення їх із зустрічними.

Слід також враховувати, що в деякі періоди року ширина проїзної частини, призначена для руху, може бути скорочена (наприклад, під час збирання снігу, при пошкодженнях дрібних ремонтних дорожніх покриттів і т.д.). При не-

обхідності влаштування проїзної частини більшої ширини її розбивають на кілька частин, ізолюючи їх одна від другої широкими розділовими смугами. Якщо розділову смугу заміняє лінія, то на підході до перехрестя з «острівцями безпеки» вона повинна мати ширину, рівну ширині «острівця безпеки». Перехід на більш широку ділянку повинен здійснюватися поступово для того, щоб перебудова автомобілів у зв'язку зі звуженням проїзної частини виконувалася на деякій відстані від «острівця» і при цьому була б виключена можливість наїзду транспорту на нього. Влаштування острівців безпеки, що обгороджують, повинні бути досить ненадійними, мати чіткі позначення і добре освітлюватися.

Велике значення має правильне встановлення ширини тротуарів, яку визначають виходячи з розрахункової ширини однієї смуги. Відповідно до існуючих нормативів ширину розрахункової смуги приймають рівною 0,75 м. У межах розрахункової ширини ходової частини тротуарів (а вона у всіх випадках повинна бути не менше 1,5 м) не слід розміщувати які-небудь наземні споруди (стовпи, виступаючі частини будинків і т.д.), а також посадкові площадки на зупиночних пунктах автобусів або тролейбусів. Тротуари рекомендується відокремлювати від проїзних частин смугами зелених насаджень шириною не менше 1,5 м. При дотриманні зазначених рекомендацій будуть забезпечені необхідні умови зручності і безпеки руху транспорту і пішоходів.

Якщо ширина вулиць між лініями забудови не дозволяє розмістити необхідні елементи вулиць необхідної ширини, можуть бути виключені розділові смуги і смуги зелених насаджень. Розділові смуги на проїзній частині можуть бути замінені розділовими лініями, а біля тротуарів – легкими огороженнями. Якщо і при цих умовах проїзні частини і тротуари розрахункової ширини не досягають, вживають реконструктивні заходи (знос будинків, влаштування перетинань у різних рівнях і т.д.) або скорочення транспортного навантаження на даній магістралі. Це досягається заборонаю руху окремих видів транспорту або встановленням одностороннього руху на магістралі.

Крім організаційно-технічних і планувально-реконструкційних заходів щодо поліпшення безпеки руху велике значення мають регулювальні заходи. Найбільший ефект дає використання таких засобів, як введення світлофорного регулювання із широким застосуванням автоматики на перехрестях з жвавим рухом, введення координованої системи регулювання на прямих широких вулицях значної довжини.

Останнім часом проводять заходи, що сприяють поліпшенню регулювання вуличного руху і підвищенню його безпеки. До них відносяться: а) влаштування «острівців безпеки» на широких вулицях; б) влаштування металевих бар'єрів на тротуарах; в) обладнання вуличної мережі дорожніми знаками; г) маркірування проїзних частин і перехрестя; д) установа найбільш вигідного, визначеного розрахунком, режиму роботи світлофорів у повній відповідності з умовами руху; е) удосконалення систем і методів регулювання вуличного руху і т.д.

Агітаційно-масові заходи проводять серед населення міст, що має серйозне значення для підвищення безпеки руху і зниження аварійності на міському

транспорті. Способи й засоби агітаційно-масової роботи з підвищення безпеки досить різноманітні. Широко використовують засоби масової інформації, радіо, кіно, телебачення, лекції. До цих засобів пропаганди відносяться:

а) поширення плакатів і листівок з наочним зображенням правил поведінки на вулиці в типових ситуаціях і приведенням прикладів можливих наслідків неправильного руху і порушення встановленого порядку користування транспортом;

б) розповсюдження книг про правила вуличного руху і популярних брошур з коментарями, що безпосередньо стосуються пішохідного руху, правил користування громадським транспортом, велосипедами і т.д., видання брошур з ілюстрацією, карикатурами і описом подій і повчальних випадків, із наведенням даних, що характеризують ступінь небезпеки порушень установлених правил, і т.д.;

в) включення короткої, популярно викладеної інструкції «Основні правила безпеки руху по вулицях і користування засобами міського транспорту» в усі довідкові видання, путівники, покажчики вулиць, додатки до планів мереж суспільного транспорту і т.д.;

г) опублікування в журналах і газетах звітних даних із статистики транспортних подій з відповідними коментарями і критичною оцінкою заходів боротьби за безпеку вуличного руху;

д) організація доповідей для робітників і службовців, популярних лекцій і бесід у парках культури і відпочинку і т.д.;

е) організація виставок з безпеки вуличного руху в пунктах масового скупчення публіки, зокрема на вокзалах, великих підприємствах, у фойє кінотеатрів. Такі виставки можуть бути пересувними (у спеціально обладнаних транспортних засобах);

ж) використання радіопередач (інформація, розповіді, ради з безпеки);

з) демонстрація малометражних кінофільмів (мультиплікаційних фільмів, інсценівок, зйомок з натури) у кінотеатрах перед початком сеансів.

Велике значення має пропаганда вуличної безпеки серед дітей шкільного і дошкільного віку.

Контрольні питання

1. Наведіть класифікацію ДТП.
2. Яка інформація міститься в картках ДТП?
3. Перелічіть причини ДТП, що виникли з вини водіїв.
4. Перелічіть причини ДТП, що виникли з вини пасажирів.
5. Наведіть основні причини високої аварійності на автомобільному транспорті.
6. Дайте характеристику основних заходів з підвищення безпеки руху.

**ВПЛИВ ТРАНСПОРТНО-
ДОРОЖНЬОГО КОМПЛЕКСУ НА
ЕКОЛОГІЧНУ ОБСТАНОВКУ**

- 14.1 Загальна характеристика впливів транспорту на екосистеми**
- 14.2. Автомобільний транспорт у соціально-економічній системі**
- 14.3. Масштаби впливу автотранспорту на навколишнє середовище**
- 14.4. Основні токсичні компоненти відпрацьованих газів двигунів внутрішнього згоряння**
- 14.5. Шумове забруднення навколишнього середовища**

14.1 Загальна характеристика впливів транспорту на екосистеми

Транспортно-дорожній комплекс є найважливішим складовим елементом економіки будь-якої країни. Однак функціонування транспорту супроводжується значним негативним впливом на природу. Внесок транспорту в її забруднення доцільно оцінювати в зіставленні з іншими галузями господарства по всіх компонентах екосистем: атмосфері, воді, ґрунту, рослинному і тваринному світу.

Транспорт – один з основних забруднювачів атмосферного повітря. Його частка в загальному обсязі викидів забруднюючих речовин в атмосферу від стаціонарних і пересувних джерел складає близько 40%, що вище ніж частка кожної з галузей промисловості. На другому місці за величиною викидів в атмосферу знаходиться енергетика, потім кольорова, чорна металургія, далі йдуть нафтовидобувна, нафтопереробна промисловість, машинобудування, газова промисловість та інші галузі. За видами транспорту викиди забруднюючих речовин розподіляються: 87% загального викиду приходить на автомобільний транспорт, близько 8% - на залізничний, 2% - на дорожній комплекс, більш 1% - на повітряний транспорт і 2% - на річковий і морський [76].

Вплив транспорту на екосистеми виражається:

- у забрудненні атмосфери, водних об'єктів і земель, зміні хімічного складу ґрунтів і мікрофлори, утворенні виробничих відходів, у тому числі токсичних і радіоактивних, шламів, золи і сміття. Забруднюючі речовини негативно впливають на створені людиною системи, особливо на будівельні матеріали, історичні архітектурні й скульптурні пам'ятники та інші твори мистецтва, викликають корозію металів;
- у споживанні природних ресурсів – атмосферного повітря, необхідного для протікання робочих процесів у двигунах внутрішнього згоряння (ДВЗ) транспортних засобів; нафтопродуктів і природного газу, що є паливом для ДВЗ; води для систем охолодження ДВЗ і мийки транспортних засобів, виробничих і побутових потреб підприємств транспорту; земельних ресурсів, відчуваних під будівництво автомобільних і залізничних доріг, аеропортів, трубопроводів, річкових і морських портів та інших об'єктів інфраструктури транспорту;
- у виділенні тепла в навколишнє середовище при роботі ДВЗ і паливноспалюючих установок у транспортних виробництвах;
- у створенні високих рівнів шуму і вібрації;

- у можливості активізації несприятливих природних процесів типу водної ерозії, заболочування місцевості, утворення селевих потоків, зсувів, обвалів;
- у травматизмі й загибелі людей, тварин, нанесенні великого матеріального збитку при аваріях і катастрофах;
- у руйнуванні ґрунтово-рослинного покриву і зменшенні врожайності сільськогосподарських культур.

Діяльність транспортних підприємств пов'язана зі здійсненням перевізного процесу, навантажувально-розвантажувальних операцій, збереженням вантажів і виконанням робіт з технічного обслуговування і ремонту рухомого складу і шляхів сполучення.

Вплив транспорту на навколишнє середовище виявляється насамперед у процесі перевезень, при якому споживаються у великій кількості паливно-енергетичні ресурси і відбувається значне виділення забруднюючих речовин. Основними споживачами природних ресурсів і забруднювачами навколишнього середовища є транспортні засоби.

При виконанні технічного обслуговування транспортних засобів задіяні підрозділи, зони періодичних і оперативних форм технічного обслуговування. Виконання ремонтних робіт ведуть на виробничих ділянках. Використовувані в процесах ТО і ремонту технологічне устаткування, верстати, засоби механізації і котельні установки є стаціонарними джерелами забруднюючих речовин.

У багатьох технологічних процесах утворюються виробничі стічні води. Склад і кількість цих вод різні. Ремонтні роботи супроводжуються також забрудненням ґрунту, нагромадженням металевих, пластмасових і гумових відходів поблизу виробничих ділянок і відділень.

При будівництві й ремонті шляхів сполучення, а також виробничо-побутових об'єктів підприємств транспорту відбувається вилучення з екосистем води, ґрунту, родючих ґрунтів, мінеральних ресурсів надр, руйнування природних ландшафтів, втручання у тваринний і рослинний світ.

14.2. Автомобільний транспорт у соціально-економічній системі

Рівень автомобілізації вважається одним з головних показників економічного і соціального розвитку суспільства. У розвинутих країнах в автомобілебудуванні, у дорожньому будівництві беруть участь різні області промисловості й сфери послуг. Однак, прагнучи до збільшення кількості автомобілів і довжини доріг, не можна забувати, що автомобільний транспорт дає близько третини забруднень атмосфери, а в містах – до 3/4 від їх загальної кількості. Майже половина населення страждає від транспортного шуму. Дороги займають територію, скорочують розміри природних екологічних комплексів. Щоб розібратися у складних взаєминах автомобільного транспорту з навколишнім середовищем, корисно застосувати системний метод аналізу зв'язків

між залежними об'єктами і факторами, що визначають їхній стан. У спрощеному вигляді система автомобільний транспорт (автотранспортні засоби + автомобільні дороги) – навколишнє середовище подана на схемі рис. 14.1.

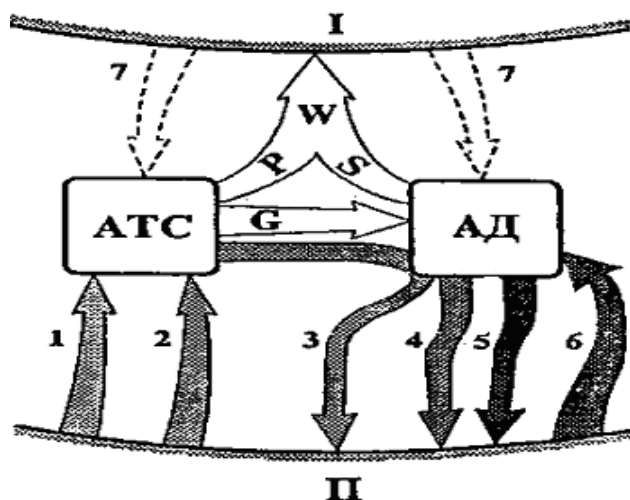


Рис. 14.1 – Модель взаємодії автомобільно-дорожнього комплексу з навколишнім середовищем:

I – соціально-економічна система; II – навколишнє природне середовище; АТС – автотранспортні засоби; АД – автомобільні дороги; P – сила руху; S – шлях руху; G – навантаження; W – транспортна робота; 1 – затрати природних ресурсів на виготовлення і роботу АТС; 2 – витрати природного палива; 3 – транспортні забруднення (викиди); 4 – вплив споруджень дорожнього комплексу; 5 – технологічні впливи будівництва і ремонту; 6 – витрати природних дорожньо-будівельних матеріалів; 7 – фінансові і трудові ресурси.

У даний час земна куля вкрита густою мережею шляхів сполучення. Довжина магістральних автомобільних доріг світу з твердим покриттям перевищує 12 млн. км, повітряних ліній – 5,6 млн. км, залізниць – 1,5 млн. км, магістральних трубопроводів – близько 1,1 млн. км, внутрішніх водних шляхів – більше 600 тис. км. Морські лінії складають багато мільйонів кілометрів.

Усі транспортні засоби з автономними первинними двигунами в тій або іншій мірі забруднюють атмосферу хімічними сполуками, що утримуються у відпрацьованих газах. **Наприклад**, у багатьох великих містах, таких як Берлін, Мехіко, Токіо, Москва, Санкт-Петербург, Київ, забруднення повітря автомобільними вихлопами складає за різними оцінками від 80 до 90% усіх забруднень.

Що стосується забруднення атмосфери іншими видами транспорту, то тут проблема має меншу гостроту, оскільки транспортні засоби цих видів не концентруються безпосередньо в містах. Так, у найбільших залізничних вузлах весь рух переведений на електротягу і тільки на маневровій роботі використовуються тепловози. Річкові й морські порти, як правило, розміщені за межами житлових кварталів міст, а рух суден у районах портів практично незначний. Аеропорти, як правило, відносять від міст на 20-40 км. Крім того, великі відкриті простори над аеродромами, як і над річковими і морськими портами, не

створюють небезпеки високих концентрацій токсичних домішок, що виділяються двигунами.

Сучасний автомобіль – приклад неекологічного транспортного засобу. Тому проблеми і шляхи підвищення екологічності транспорту різних видів найбільш доцільно розглянути на прикладі автомобільного транспорту.

14.3. Масштаби впливу автотранспорту на навколишнє середовище

Багатогранність автомобілізації як складної соціально-техніко-економічної системи визначає багатосторонність її взаємних зв'язків з навколишнім середовищем. Підхід сучасної науки до загальних проблем взаємин людини і природи дозволив класифікувати ці зв'язки по трьох напрямках: споживання ресурсів, забруднення навколишнього середовища і негативні соціальні наслідки. Основні фрагменти даної класифікації показані на рис. 14.2.

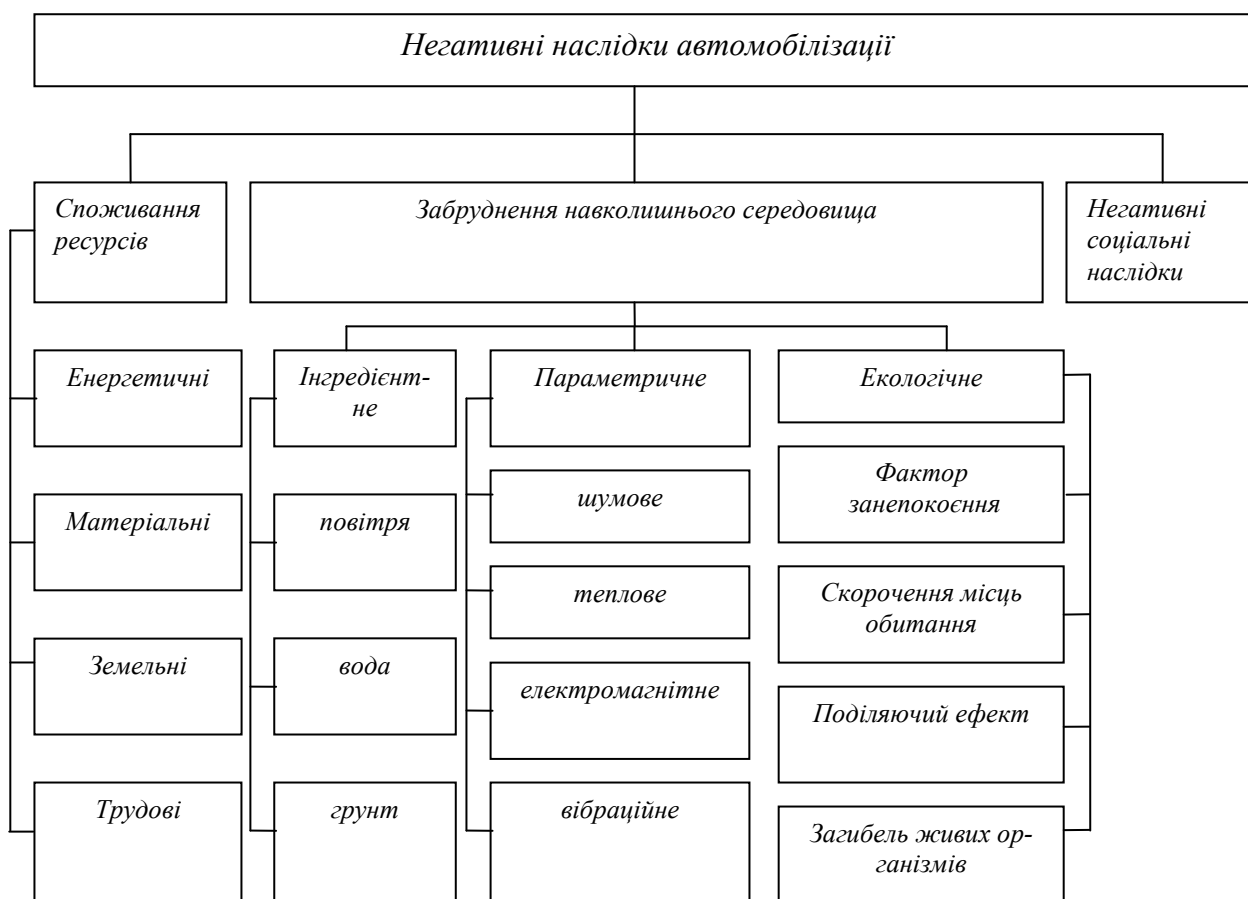


Рис. 14.2 – Класифікація негативних наслідків автомобілізації

Поряд з багатьма благами автомобілізація супроводжується негативними явищами, що наносять істотний збиток суспільству і природі, що може ви-

являтися як безпосередньо, так і у вигляді нераціональної витрати ресурсів і визначається наступними положеннями:

1. Прямий збиток, що завдає суспільству в результаті дорожньо-транспортних випадків, які викликають загибель і поранення людей (втрати національного доходу, пов'язані зі смертю людей, виплата пенсій і допомог, оплата лікарняних листків, вартість лікування і т.п.), знищення й пошкодження вантажів, транспортних засобів і дорожніх споруд.

2. Шкідливий вплив одиночного автомобіля і транспортних потоків на навколишнє середовище і людину: небезпечні для здоров'я компоненти відпрацьованих газів, шум, вібрація, електромагнітні випромінювання, відходи при виробництві й експлуатації. При цьому ступінь шкідливого впливу збільшується із зростанням інтенсивності руху, що пов'язано зі специфікою обмінних процесів, які викликають постійне нагромадження шкідливих компонентів у навколишній середовищі.

3. Застосування автомобіля як масового транспортного засобу вимагає розвитку мережі автомобільних доріг і міських вулиць, під будівництво яких доводиться відводити значні площі.

4. Автомобільні дороги з інтенсивним рухом створюють «поділяючий ефект», утруднюючи зв'язки між об'єктами і природними комплексами, розташованими по різні сторони дороги.

5. Дорожнє будівництво може порушити екологічну рівновагу місцевості в результаті зміни існуючого ландшафту, посилення водної і вітрової ерозії; створення умов для розвитку геодинамічних процесів, наприклад, зсувів і обвалів; забруднення навколишньої місцевості, поверхневих і ґрунтових вод матеріалами і речовинами, застосовуваними при експлуатації дороги й автомобілів; несприятливого впливу на існуючий рослинний і тваринний світ.

6. При широкому використанні автомобіля значна кількість людей одержує доступ до раніше закритих для них природних комплексів, що приводить до забруднення відходами територій, які прилягають до автомобільних доріг і місць можливого проникнення автомобіля.

7. При розвитку автомобілізації і мережі автомобільних доріг і споруд суспільство витрачає невиправдано велику частину людських і природно-енергетичних ресурсів, яка значно перевищує користь, принесену суспільству розвитком автомобілізації.

Перераховані негативні впливи автомобілізації на суспільство і природу, незважаючи на їхню удавану різнохарактерність і приналежність до різних аспектів функціонування автомобільного транспорту – соціальних, економічних, технічних, екологічних та інших, варто розглядати як комплексне явище – шкідливий вплив автомобілізації на суспільство і природу. За аналогією з цим доцільно розглядати експлуатаційну якість автомобіля – безпеку руху як більш широку експлуатаційну якість – нешкідливість автомобіля.

У даний час велику актуальність набуло завдання раціонального використання природних ресурсів, особливо енергетичних. Це завдання є частиною глобальних проблем раціонального природокористування й охорони навколи-

шнього середовища. Таке положення повною мірою відноситься до автомобільного транспорту й автомобільної промисловості, що входять у число самих великих споживачів різної сировини і матеріалів.

Негативний вплив автомобільного транспорту на навколишнє середовище:

У містах

забруднення атмосферного повітря токсичними компонентами відпрацьованих газів автомобілів;
транспортний шум і вібрація;
потреба в значних площах усередині міської забудови;
електромагнітні випромінювання;
засолення міських земляних масивів;
забруднення міських водойм і підґрунтових вод.

На заміських територіях

потреба в значних площах для будівництва автомобільних доріг і інших споруджень; «поділяючий ефект» автомобільних доріг, що впливає на екологію регіону і сільськогосподарське виробництво;
порушення екологічної рівноваги при будівництві й експлуатації доріг;
збільшення можливості доступу людей до заповідних і важкодоступних недоторканих природних комплексів.

Сучасні транспортні засоби стали потужним споживачем енергії. Цим багато в чому пояснюються високі темпи використання енергоресурсів, у балансі споживання яких ведучу роль займають нафта і нафтопродукти. **Наприклад, у країнах Західної Європи на автомобільний транспорт витрачається близько 30% нафтопродуктів, у США і Канаді – близько 55%, у Японії – більш 20%.** Найвищі питомі витрати палива на одиницю транспортної роботи серед усіх видів транспорту витрачаються на автомобілі. Основна особливість у споживанні паливно-енергетичних ресурсів у порівнянні з іншими матеріалами полягає в тому, що вона в значній мірі визначається не тільки конструкцією автомобілів, але й умовами експлуатації.

Конструкція автомобіля позначається не тільки на його експлуатаційних властивостях, але і на кількості матеріалів, необхідних для виготовлення, і добутих земельних ресурсів. **Наприклад, на виробництво автомобілів у США витрачається близько 20% сталі, 7% міді, 13% нікелю, 35% цинку, 50% свинцю і натурального каучуку.** Скорочення запасів цих матеріалів з урахуванням обмеженості й непоновлюваності ресурсів викликає обґрунтовану заклопотаність щодо їхнього використання і збереження для світового співтовариства.

Застосування автомобіля як масового транспортного засобу вимагає розвитку мережі автомобільних доріг і будівництва різних транспортних споруджень, під які приходиться відводити значні площі. Автомобілізація є потужним споживачем трудових ресурсів. Професія водія автомобіля стала однією із самих масових.

Вплив автомобільного транспорту на навколишнє середовище супроводжується не тільки споживанням природних ресурсів, але і забрудненням навколишнього середовища. З екологічних позицій забруднення середовища обитання представляє комплекс перешкод в екологічних системах. Якщо рівень

перешкод перевищує можливість організму до адаптації, то це приводить до його загибелі або пригнічення.

Загальний світовий парк автомобілів нараховує 800 млн. одиниць, з яких 83-85% складають легкові автомобілі, а 15-17% - вантажні й автобуси. Виставлені бампер до бампера, вони склали б ланцюжок довжиною в 4 млн. км, що 100 разів можна обернути земну кулю по екватору. Якщо тенденції зростання випуску автотранспортних засобів залишаться незмінними, то до 2015 р. кількість автомобілів може зрости до 1,5 млрд. шт.

При екологічній оцінці автомобільно-дорожнього комплексу першочергову увагу приділяють впливам, що виникають при русі транспортних засобів. Звичайно їх називають транспортним забрудненням, включаючи в це поняття не тільки викиди забруднюючих речовин, але й фізичні впливи різного роду. Об'єктами впливів транспортних засобів є практично всі компоненти навколишнього середовища, але все-таки основним критерієм небезпеки вважають завдання шкоди здоров'ю людей.

До транспортних забруднень відносять три типи впливів: параметричні, пов'язані з непродуктивними втратами енергії; механічні, в які входять прямі силові дії на елементи середовища (в тому числі дорожньо-транспортні випадки), і інгредієнтне, що включає власне матеріальні викиди.

Параметричні впливи виражаються головним чином у викидах тепла. У глобальному масштабі вони розглядаються при дослідженні теплового балансу Землі. У місцевому масштабі на відкритому просторі істотних наслідків виділення тепла транспортними засобами, що рухаються, немає. До параметричної групи відносяться й інші види енергетичних утрат: шум, вібрація, електромагнітні випромінювання.

Істотне значення мають **силові**, в основному гравіметричні наслідки, оскільки вони виявляються в руйнуванні дорожніх конструкцій, зміні природних силових полів у геологічних утвореннях, а також при безпосередніх контактах транспортних засобів з іншими об'єктами. У сучасному розумінні «екологічна безпека» повинна включати і безпеку руху. З огляду на взаємозв'язок цих системних понять, варто очікувати їхнє з'єднання (безпека: природи, середовища проживання, користувачів дороги). Збиток від впливу руху на навколишнє середовище в інтегральному вираженні з урахуванням віддалених і непрямих наслідків набагато перевищує збиток від ДТП.

З позицій екологічної безпеки найбільше значення мають інгредієнтні транспортні забруднення. Найбільш небезпечним видом транспортних забруднень вважають викиди в атмосферу відпрацьованих газів. Причина цього в силі й гостроті дії на здоров'я людини шкідливих домішок у повітрі. Інші види впливів мають локальний характер, обмежуються смугою території, що прилягає до дороги, в принципі людина має можливість вибирати безпечне для здоров'я місце житла або роботи. Але гази, що потрапили в атмосферу, переносяться повітряними потоками на десятки й сотні кілометрів, сумуються з енергетичними і промисловими викидами.

Джерела і види екологічних впливів визначають і їхні масштаби: *глобальні, регіональні, місцеві й локальні*.

Глобальні наслідки викидів відпрацьованих газів полягають у зміні складу атмосфери, участі в руйнуванні озонового шару. Регіональне поширення можуть мати кліматичні зміни внаслідок концентрації вуглекислого газу. Місцеві прояви пов'язані звичайно з особливостями мікроклімату і рельєфу, рівнем фонового забруднення атмосфери і мають велике значення для характеристики екологічного потенціалу місцевості. Локальне поширення газів діє на прилягаючі до дороги території і впливає на здоров'я населення.

14.4. Основні токсичні компоненти відпрацьованих газів двигунів внутрішнього згоряння

Забруднення повітря пересувними джерелами транспорту відбувається в результаті спалювання палива. Хімічний склад викидів залежить від виду і якості палива, технології виробництва, способу спалювання в двигуні і його технічного стану.

Транспортні засоби для своєї роботи використовують в основному паливо, одержуване з нафти. До складу органічної маси нафтового палива входять наступні хімічні елементи: вуглець, водень, кисень, азот і сірка. Частина палива, що не горить, включає вологу і мінеральні домішки. Продуктами повного згоряння палива є вуглекислий газ, водяна пара і двооксид сірки. При недостатнім надходженні кисню відбувається неповне згоряння, у результаті чого замість вуглекислого газу утворюється чадний газ.

Відпрацьовані гази двигунів внутрішнього згоряння містять близько 200 компонентів. Період їхнього існування триває від декількох хвилин до 4-5 років. На рис. 14.3 наведена класифікація відпрацьованих газів двигунів внутрішнього згоряння (ДВЗ) [75].

За хімічним складом і властивостями, а також характером впливу на організм людини всі компоненти відпрацьованих газів об'єднують у групи.

Перша група. До неї входять нетоксичні речовини: азот, кисень, водень, водяна пара, вуглекислий газ та інші природні компоненти атмосферного повітря. У цій групі заслуговує на увагу вуглекислий газ (CO_2), вміст якого у відпрацьованих газах у даний час не нормується, однак питання про це ставиться в зв'язку з особливою роллю CO_2 у «парниковому ефекті».

Друга група. До цієї групи відносять тільки одну речовину – оксид вуглецю, або чадний газ (CO). Продукт неповного згоряння нафтових видів палива, не має кольору і запаху, легше повітря. У кисні й на повітрі оксид вуглецю горить блакитнуватим полум'ям, виділяючи багато теплоти і перетворюючись у вуглекислий газ.

Оксид вуглецю має виражену отруйну дію. Вона обумовлена його здатністю вступати в реакцію з гемоглобіном крові, приводячи до утворення карбоксигемоглобіну, що не зв'язує кисень. Унаслідок цього порушується газообмін в організмі, з'являється кисневе голодання, виникає порушення функціонування всіх систем організму. Отруєнню чадним газом часто піддані водії автотранспортних засобів при ночівлі в кабіні з працюючим двигуном або при прогріві двигуна в закритому гаражі. Характер отруєння оксидом вуглецю залежить від концентрації в повітрі, тривалості впливу й індивідуальної сприйнятливості людини. Легкий ступінь отруєння викликає пульсацію в голові, потемніння в очах, підвищене серцебиття. При важкому отруєнні свідомість затуманюється, зростає сонливість. При дуже великих дозах чадного газу (понад 1%) настають утрата свідомості і смерть.



Рис. 14.3 – Класифікація складу відпрацьованих газів ДВЗ:

СН – неканцерогенні вуглеводні; *RСНО* – альдегіди; *СО* – оксид вуглецю; *КУ* – канцерогенні вуглеводні; *NO_x* – оксиди азоту; *SO_x* – оксиди сірки.

Третя група. У її складі оксиди азоту, головним чином *NO* – оксид азоту і *NO₂* – двооксид азоту. Це газу, що утворюються в камері згоряння ДВЗ при температурі 2800 °С і тиску близько 10 кгс/см². Оксид азоту – безбарвний газ, не взаємодіє з водою і мало розчинний у ній, не вступає в реакції з розчинами кислот і лугів. Легко окислюється киснем повітря й утворює двооксид азоту. При звичайних атмосферних умовах *NO* перетворюється в *NO₂* – газ бурого кольору з характерним запахом. Він важче повітря, тому збирається в заглибленнях, канавах і становить велику небезпеку при технічному обслуговуванні транспортних засобів.

Для людського організму оксиди азоту ще більш шкідливі, ніж чадний газ. Загальний характер впливу міняється залежно від вмісту різних оксидів азоту. При контакті двооксиду азоту з вологою поверхнею (слизуваті оболонки

очей, носа, бронхів) утворюються азотна й азотиста кислоти, що дратують слизуваті оболонки й уражають альвеолярну тканину легень. При високих концентраціях оксидів азоту (0,004-0,008 %) виникають астматичні прояви і набряк легень. Вдихаючи повітря, що містить оксиди азоту у високих концентраціях, людина не має неприємних відчуттів і не відчуває негативних наслідків. При тривалому впливі оксидів азоту в концентраціях, що перевищують норму, люди занедужують хронічним бронхітом, запаленням слизуватої оболонки шлунково-кишкового тракту, страждають серцевою слабкістю, нервовими розладами.

Вторинна реакція на вплив оксидів азоту виявляється в утворенні в людському організмі нітритів і усмоктуванні їх у кров. Це викликає перетворення гемоглобіну в метгемоглобін, що приводить до порушення серцевої діяльності.

Оксиди азоту роблять негативний вплив і на рослинність, утворюючи на листових пластинах розчини азотної й азотистої кислот. Цією ж властивістю обумовлений вплив оксидів азоту на будівельні матеріали і металеві конструкції. Крім того, вони беруть участь у фотохімічній реакції утворення смогу.

Четверта група. У цю найбільш численну за складом групу входять різні вуглеводні, тобто з'єднання типу C_xH_y . У відпрацьованих газах утримуються вуглеводні різних гомологічних рядів: парафінові (алкани), нафтеніві (циклани) і ароматичні (бензолні), усього близько 160 компонентів. Вони утворюються в результаті неповного згоряння палива в двигуні.

Незгорілі вуглеводні є однією з причин появи білого або блакитного диму. Це відбувається при запізнюванні запалення робочої суміші в двигуні або при знижених температурах у камері згоряння.

Вуглеводні токсичні і впливають на серцево-судинну систему людини. Вуглеводні з'єднання відпрацьованих газів поряд з токсичними властивостями, мають канцерогенну дію. **Канцерогени** – це речовини, що сприяють виникненню і розвитку злоякісних новоутворень.

Особливою канцерогенною активністю відрізняється ароматичний вуглеводень без(а)пірен $C_{20}H_{12}$, що утримується в відпрацьованих газах бензинових двигунів і дизелів. Він добре розчиняється в оліях, жирах, сироватці людської крові. Накопичуючись в організмі людини до небезпечної концентрації, бенз(а)пірен стимулює утворення злоякісних пухлин.

Вуглеводні під дією ультрафіолетового випромінювання Сонця вступають у реакцію з оксидами азоту, в результаті утворюються нові токсичні продукти – фотооксиданти, що є основою «смогу».

П'ята група. Її складають альдегіди – органічні сполуки, що містять альдегідну групу, зв'язану з вуглеводним радикалом (CH_3 , C_6H_5 та ін.).

У відпрацьованих газах присутні в основному формальдегід, акролеїн і оцтовий альдегід. Найбільша кількість альдегідів утворюється на режимах холостого ходу і малих навантажень, коли температури згоряння в двигуні невисокі.

Формальдегід $HCHO$ – безбарвний газ з неприємним запахом, важче повітря, легко розчинний у воді. Він дратує слизуваті оболонки людини, дихальні

шляхи, уражає центральну нервову систему. Обумовлює запах відпрацьованих газів особливо в дизелів.

Акролеїн $CH_2=CH-CHO$, або альдегід акрилової кислоти, – безбарвний отруйний газ із запахом підгорілих жирів. Впливає на слизуваті оболонки.

Оцтовий альдегід CH_3CHO – газ з різким запахом і токсичною дією на людський організм.

Шоста група. У неї виділяють сажу та інші дисперсні частки (продукти зносу двигунів, аерозолі, олії, нагар та ін.). Сажа – частки твердого вуглецю чорного кольору, що утворюються при неповному згорянні і термічному розкладанні вуглеводнів палива. Вона не представляє безпосередньої небезпеки для здоров'я людини, але може дратувати дихальні шляхи. Створюючи димний шлейф за транспортним засобом, сажа погіршує видимість на дорогах. Найбільша шкода сажі полягає в адсорбуванні на її поверхні бенз(а)пірену, що у цьому випадку робить більш сильний негативний вплив на організм людини, ніж у чистому вигляді.

Сьома група. Являє собою сірчисті з'єднання – такі неорганічні гази, як сірчистий ангідрид, сірководень, що з'являються у складі відпрацьованих газів двигунів, якщо використовується паливо з підвищеним вмістом сірки. Значно більше сірки присутнє в дизельних паливах у порівнянні з іншими видами палив, використовуваних на транспорті.

Сірчисті з'єднання мають різкий запах, важче повітря, розчиняються у воді. Роблять дратівну дію на слизуваті оболонки горла, носа, око людини, можуть привести до порушення вуглеводного і білкового обміну і гнобленню окисних процесів, при високій концентрації (понад 0,01%) – до отруєння організму. Сірчистий ангідрид пагубно впливає і на рослинний світ.

Восьма група. Компоненти цієї групи – свинець і його з'єднання. У бензин як антидетонаційну присадку вводять тетраетил свинець. Свинець і його з'єднання знижують активність ферментів і порушують обмін речовин в організмі людини, а також мають кумулятивну дію, тобто здатність накопичуватися в організмі. З'єднання свинцю особливо шкідливі для інтелектуальних здібностей дітей.

Негативний вплив на екосистеми роблять не тільки розглянуті компоненти відпрацьованих газів двигунів, виділені у вісьмох групах, але і самі вуглеводні палива, олії і змащення. Володіючи великою здатністю до випару, особливо при підвищенні температури, пари палив і олій поширюються в повітрі і негативно впливають на живі організми.

У місцях заправлення транспортних засобів паливом і мастилом відбуваються випадкові розливи і навмисні зливи відпрацьованого масла на землю або у водойми. На місці масляної плями тривалий час не виростає рослинність. Нафтопродукти, що потрапили у водойми, пагубно впливають на їхню флору і фауну.

Всі отруйні забруднюючі речовини від рухливих і стаціонарних джерел за ступенем небезпеки поділяють на чотири класи:

1 – надзвичайно небезпечні (тетраетилсвинець, свинець, ртуть та ін.);

- 2 – високонебезпечні (марганець, мідь, сірчана кислота, хлор та ін.);
- 3 – помірно небезпечні (ксилол, метиловий спирт та ін.);
- 4 – малонебезпечні (аміак, бензин паливний, оксид вуглецю, ацетон та ін.).

14.5. Шумове забруднення навколишнього середовища

Шумом називаються будь-які небажані для людини звуки, що заважають праці або відпочинку, створюють акустичний дискомфорт.

Фактори, що впливають на рівень транспортного шуму. Основним джерелом шуму в містах є транспорт, його шумовий вплив постійно зростає. На рівень шуму впливає ряд факторів:

інтенсивність транспортного потоку (найбільші рівні шуму реєструються на магістральних вулицях великих міст при інтенсивності руху 2000-3000 авт./год.);

швидкість транспортного потоку (при збільшенні швидкості транспортних засобів відбувається зростання шуму двигунів, шуму від качіння коліс по дорозі і подолання опору повітря);

склад транспортного потоку (вантажний транспорт створює більший шумовий вплив у порівнянні з пасажирським. Тому зростання частки вантажних автомобілів у транспортному потоці приводить до загального зростання шуму);

тип двигуна (порівняння двигунів за потужністю дозволяє провести їхнє ранжирування за зростанням рівня шуму – електродвигун, карбюраторний двигун, дизель, паровий, газотурбінний двигун);

тип і якість дорожнього покриття (найменший шум створює асфальтобетонне покриття, потім за зростаючою – бруцате, кам'яне і гравійне. Несправне дорожнє покриття будь-якого типу, що має вибої, розкриті шви і нестиковки поверхонь, а також ями і просідання створює підвищений шум);

планувальні рішення територій (поздовжній профіль і звивистість вулиць, наявність різнорівневих транспортних розв'язок і світлофорів впливають на характер роботи двигунів, а отже і на створюваний шум. Висота і щільність забудови визначають дальність поширення шуму від магістралей. Так, ширина зон акустичного дискомфорту уздовж магістралей у денні години може досягати 700-1000 м залежно від типу прилягаючої забудови);

наявність зелених насаджень (уздовж магістралей по обидва боки передбачають санітарно-захисні зони, в яких висаджують дерева. Лісопосадки перешкоджають поширенню шуму на прилеглі території).

Показники шумового впливу. Вплив шуму на живі організми неоднозначний і відрізняється ступенем сприйняття. Об'єктивними показниками шумового впливу є інтенсивність, висота звуків і тривалість впливу.

Інтенсивність характеризує величину звукового тиску, що роблять звукові хвилі на барабанну перетинку вуха людини і вимірюється в децибелах (дБА). Оцінку інтенсивності шуму ведуть по шкалі А стандартного шумоміру (є також шкали В і D). Шкала А будується на логарифмах відносин даної величини звуку до порога чутності.

Деякі люди вважають, що виробничий і побутовий шуми їх не турбують. Але вегетативна нервова система людини на будь-який шум реагує негативно. «Звикання» людини до шуму не відбувається. Медицина установила, що фізіолого-біохімічна адаптація людини до шуму неможлива. Особливо важко переносяться раптові різкі звуки високої частоти.

Наприклад, шум понад 80 дБА шкідливий для людського організму. Сучасні умови життя у великих містах створюють шум, що наближається до цього значення. У самому гучному місті світу – Ріо-де-Жанейро – відзначається перевищення рівня у 80 дБА (район Капакабана). Таке ж значення шумового впливу спостерігається на головних вулицях Каїра. Болючий поріг тут лежить у межах 120-130 дБА.

Персонал транспортних підприємств, безпосередньо зайнятий у перевізному процесі й ремонті транспортних засобів, працює в умовах підвищеної інтенсивності шуму. Значення шуму, що виникає при русі транспортних засобів, якому піддаються водії і пасажирів, а також люди, які знаходяться поблизу від транспорту, що рухається, подані нижче [76]:

Інтенсивність шуму від транспортних засобів, дБА

Легковий автомобіль.....	70-80
Автобус.....	80-85
Вантажний автомобіль.....	80-90
Потяг метрополітену.....	90-95
Поїзд (у 7 м від колії).....	95-100
Поїзд (у коліс).....	125-130
Реактивний літак на зльоті.....	130-160

Висота звуку – другий показник впливу шуму, визначається частотою коливань середовища і вимірюється в герцах (Гц). 1 Гц дорівнює 1 коливанню в секунду. Залежно від частоти звукові коливання підрозділяються на:

- інфразвукові (низькочастотні) з частотами менш 20 Гц;
- акустичні (чутні) з частотами від 16-20 до 20000 Гц;
- ультразвукові (високочастотні) з частотами від 20000 до 10^9 Гц;
- гіперзвукові (надвисокочастотні) з частотами 10^9 - 10^{13} Гц.

Значний фізіологічний вплив на організм людини роблять нечутні *інфразвуки*, що мають особливо великі амплітуди коливань, які входять у резонанс із коливаннями внутрішніх органів і можуть відчуватися як біль у вусі. У природних екосистемах інфразвукові коливання виникають при землетрусах, ураганах, штормах та інших природних катаклізмах. У штучних екосистемах вони виявляються при роботі машин і механізмів.

Багато джерел інфразвуку є на транспорті. З ним сполучена робота компресорних установок, гальмових систем потягів і вантажних автомобілів, тягових електродвигунів, дизелів, газових турбін і т.д.

У транспортних процесах інфразвуки, як правило, супроводжують високочастотні звуки акустичного діапазону, тому інфразвук мало відчувається, але від цього не стає менш небезпечним.

Виділяють пороги інфразвукового впливу. Поріг небезпеки смерті оцінюється інфразвуком з розмахом коливань 180-190 дБА, що приводить до смерті навіть при короткочасному впливі.

Поріг потенційної небезпеки для життя людини представляють інфразвуки інтенсивністю 155-180 дБА. Вони приводять до психофізіологічних відхилень, що важко виліковні.

Поріг переносимості інфразвуку – 140-155 дБА. При тривалій дії такого інфразвуку в організмі розвиваються психофізіологічні відхилення від норми, що носять стійкий характер.

Поріг безпеки вважається при рівні інфразвуку 90 дБА.

Акустичний діапазон включає шуми виробничі й побутові, безперервні й імпульсні. Велику величину шумового впливу створюють транспортні засоби. Шум вуличного руху у великих містах, авіаційний і від руху поїздів дає основний внесок у шумовий фон міста. В акустичному діапазоні високочастотні шуми вважаються більш шкідливими. Транспортні засоби створюють переважно низько- і середньочастотний спектр шуму.

Ультразвук також шкідливий для людини, але його вплив виявляється менше. Ультразвук невідчутний для людини, але сприймається і видається деякими тваринами (кажани, риби, комахи, птахи та ін.). Він являє собою механічні коливання в газах, рідинах і твердих тілах. Використовується у виробничих процесах при металообробці в ультразвукових установках, для одержання емульсій, сушіння, очищення, зварювання, для цілей дефектоскопії, навігації, підводному зв'язку. Ультразвук виникає при роботі верстатів, ракетних та інших двигунів. Вплив ультразвуку низькочастотного діапазону, характерного для промислового виробництва, діє на організм людини не тільки в зоні контакту, але й на всю поверхню тіла і на вестибулярний апарат. Навіть невеликі дози ультразвукового опромінення цього діапазону при тривалих і багаторазово повторюваних впливах викликають у працюючих слабкість, сонливість, зниження працездатності.

Гіперзвук представляє пружні хвилі, подібні до ультразвуку. Одержують його штучно, генеруючи за допомогою спеціальних випромінювачів. Поширюється тільки в кристалах, у повітрі сильно поглинається. Для транспортних процесів не характерний.

Тривалість шумового впливу – третій показник впливу шуму. Велика тривалість впливу шуму впливає на слух і загальне здоров'я людини.

В умовах сильного шуму виникає небезпека зниження і втрати слуху, що багато в чому обумовлено індивідуальними особливостями людини. Деякі люди втрачають слух навіть після короткого періоду впливу шуму порівняно

помірної інтенсивності, в інших навіть сильний шум при тривалому впливі не приводить до втрати слуху.

Тривалий шумовий вплив розглядається як один з факторів, що викликають підвищену захворюваність. З дією шуму пов'язане зростання нервових, серцево-судинних захворювань, виразкової хвороби, розвиток приглухуватості в міського населення і робітників деяких професій, пов'язаних з впливом шуму. Шум впливає на центральну нервову систему, викликаючи переважно і виснаження кліток кори головного мозку. Знижується увага, порушується координація рухів, погіршується працездатність.

У сучасному світі зростання міст супроводжується прискореним розвитком транспорту, промисловості, телебачення та інших джерел шуму. Основним з них слід визнати транспорт – автомобільний, міський, залізничний, повітряний. Шкідливий шумовий вплив транспорту супроводжує людини все її життя і підсилюється під дією вібрації, загазованості та інших видів впливу.

Критерії суб'єктивного сприйняття шуму людиною. Три фізичні характеристики звуку: рівень (інтенсивність), розподіл по частотах (висота звуку) і час (тривалість впливу) розглядаються як критерії суб'єктивного сприйняття шуму людиною, що підрозділяються на три типи:

максимальні рівні шуму з урахуванням психофізіологічної реакції людини на шум ;

ефективні рівні шуму, що характеризують вплив шуму при одиничному прямуванні транспортного засобу з урахуванням часу його звучання;

рівні сумарного впливу шуму, що враховують не тільки максимальні рівні при кожному прямуванні, але і їхнє число за певний час доби.

Основними заходами щодо зниження транспортного шуму, які слід порівнювати за витратами, є:

- виключення перетинань транспортних потоків, забезпечення рівномірного вільного руху;
- зниження інтенсивності руху, заборона вантажного руху в нічний час;
- видалення транзитних магістралей і доріг з вантажним рухом з житлових зон;
- влаштування шумозахисних споруд і (або) зелених насаджень;
- створення на пришляховій території захисних смуг уздовж доріг, забудова яких припустима тільки для споруд без санітарних обмежень шуму.

Контрольні питання

1. У чому виявляється вплив ТДК на навколишнє середовище?
2. Який характер мають впливи транспорту на екосистеми?
3. У чому полягає небезпека забруднення від стаціонарних джерел на транспорті?

4. Які негативні екологічні наслідки виникають при будівництві шляхів сполучення?
5. У чому полягає екологічна небезпека на транспорті?
6. Які забруднення виникають у ході виробничих процесів на транспорті?
7. Які існують наслідки впливу транспортно-дорожнього комплексу на навколишнє середовище?
8. Класифікація відпрацьованих газів двигунів внутрішнього згорання.
9. На скільки груп поділяються за хімічним складом і фізичними властивостями всі компоненти відпрацьованих газів двигунів внутрішнього згорання?
10. Які фактори впливають на рівень транспортного шуму?
11. Які існують показники шумового впливу?
12. Основні заходи щодо зниження транспортного шуму.

**ЗАХОДИ ЩОДО ПОКРАЩЕННЯ
ЕКОЛОГІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ
ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ І
ІНФРАСТРУКТУРИ
ТРАНСПОРТУ**

15.1. Групи природоохоронних заходів

15.2. Організаційно-правові заходи

15.3. Архітектурно-планувальні заходи

15.4. Конструкторсько-технічні заходи

15.5. Експлуатаційні заходи

15.1. Групи природоохоронних заходів

Негативні наслідки функціонування транспорту обумовлюють необхідність посилення роботи з охорони навколишнього середовища і природокористування як з боку держави, так і громадськості щодо широкомасштабної політики екологічної безпеки. Під екологічною безпекою прийнято розуміти процес забезпечення захищеності життєво важливих інтересів не тільки окремої людини, але і всього суспільства в цілому від погроз, створюваних антропогенним або природним впливом на навколишнє середовище. Ключовими проблемами забезпечення екологічної безпеки на транспорті є захист від забруднення атмосферного повітря, водних об'єктів, земельних ресурсів і надр, захист від транспортного шуму і вібрацій, попередження екологічних наслідків надзвичайних ситуацій і катастроф, забезпечення екологічної безпеки населення, зниження збитку природним ресурсам, у першу чергу біологічним, збереження якості природного середовища, що забезпечує процеси саморегулювання і самоочищення від шкідливих для неї речовин.

Політика екологічної безпеки реалізується шляхом проведення комплексу природоохоронних заходів, спрямованих на підвищення екологічних характеристик транспортних засобів і інфраструктури транспорту. Ці заходи підрозділяються на чотири групи: організаційно-правові, архітектурно-планувальні, конструкторсько-технічні, експлуатаційні.

Організаційно-правові заходи включають формування нового еколого-правового світогляду, ефективну реалізацію державної екологічної політики, створення сучасного екологічного законодавства і нормативно-правової бази екологічної безпеки, а також заходи державного, адміністративного і суспільного контролю за виконанням функцій з охорони природи. Вони спрямовані на розробку і виконання механізмів екологічної політики, природоохоронного законодавства на транспорті, екологічних стандартів, норм, нормативів і вимог до транспортної техніки, паливно-мастильних матеріалів, устаткування, стану транспортних комунікацій та ін.

Архітектурно-планувальні заходи забезпечують удосконалення планування усіх функціональних зон міста (промислової, селітебної – призначеної для житла, транспортної, санітарно-захисної, зони відпочинку та ін.) з урахуванням інфраструктури транспорту і дорожнього руху, розробку рішень щодо раціонального землекористування і забудови територій, збереження природних ландшафтів, озеленення і благоустрою.

Конструкторсько-технічні заходи дозволяють впровадити сучасні інженерні, санітарно-технічні і технологічні засоби захисту навколишнього середовища від шкідливих впливів на підприємствах і об'єктах транспорту, технічні нововведення в конструкції транспортних засобів.

Експлуатаційні заходи здійснюються у процесі експлуатації транспортних засобів і спрямовані на підтримку їхнього стану на рівні заданих екологічних нормативів за рахунок технічного контролю і високоякісного обслуговування.

Перераховані групи заходів реалізуються незалежно один від одного і дозволяють досягти визначених результатів. Комплексне їхнє застосування забезпечує максимальний ефект.

15.2. Організаційно-правові заходи

Розвиток міжнародного правоохоронного співробітництва, збільшення обсягів забруднення атмосфери, ґрунтів та інших компонентів екосистем змушує удосконалювати правову базу регулювання природоохоронних відносин на транспорті, гармонізуючи її з міжнародними вимогами.

До цього часу в Україні створена правова і нормативна база з питань екології у транспортно-дорожньому комплексі, що складається з правових документів загальноукраїнського і міжнародного значення.

До нормативної документації відносяться стандарти, будівельні норми і правила (СНіП), санітарні норми і правила (СанПіН), методичні рекомендації, інструкції, посібники та інші документи.

Існує два види стандартів: державні (ДОСТ) і галузеві (ОСТ). Галузеві стандарти аналогічні державним, але відрізняються за сферою своєї дії: якщо державні стандарти поширюються на всі транспортні об'єкти, що знаходяться в експлуатації, то галузеві розробляються транспортними відомствами і встановлюються тільки на нову продукцію.

Державні стандарти, що регламентують викиди забруднюючих речовин в атмосферне повітря і забруднення ґрунту стаціонарними і пересувними джерелами транспорту.

Будівельні норми і правила використовують при проектуванні, будівництві і реконструкції об'єктів, включаючи транспортні. Вони встановлюють екологічні вимоги, що забезпечують сприятливі умови для життя, праці й відпочинку населення. У них визначаються еколого-санітарний режим міст та інших населених пунктів, вимоги до розміщення і будівництва підприємств і споруд, що роблять шкідливий вплив на природу. Будівельні норми і правила регламентують проектування, будівництво і введення в експлуатацію автомобільних доріг, залізничних і автодорожніх тунелів і підприємств транспорту.

Санітарні норми і правила визначають санітарно-епідеміологічні вимоги до якості навколишнього природного середовища. В їхню основу покладені наступні принципи: екологічна безпека населення, збереження генетичного фонду

рослин, тварин і людини, забезпечення раціонального використання і відтворення природних факторів для розвитку господарської діяльності. СанПіН розробляються і затверджуються Міністерством охорони здоров'я. Вони обмежують усі види негативного впливу на природне середовище, в тому числі величину концентрацій хімічних речовин у ґрунті й рівні забруднення атмосферного повітря населених місць.

Санітарні норми і правила встановлюють санітарно-гігієнічні нормативи гранично припустимих концентрацій шкідливих речовин. Мета таких нормативів – визначити показники якості навколишнього середовища стосовно здоров'я людини.

Гранично допустима концентрація (ГДК) – максимальний вміст домішок шкідливої речовини в компонентах екосистем, що приходить на одиницю об'єму (повітря, води або інших рідин) або маси (харчових продуктів, ґрунтів) і віднесене до визначеного часу осереднення, що при періодичному або постійному впливі не робить шкідливого впливу на людину і природні екосистеми з урахуванням віддалених наслідків для потомства.

За часом осереднення розрізняють *максимальну разову ГДК*, що реєструється в межах 20-30 хв., і *середньодобову ГДК*. Максимальна разова величина ГДК не повинна викликати неприємних рефлексорних реакцій людського організму (алергійної нежиті, відчуття запаху та інших), а середньодобова – токсичних, канцерогенних, мутагенного впливів. У нашій країні ГДК введені з 1949 р. і в даний час включають більше 2500 різних шкідливих речовин, що містяться в повітрі, воді, ґрунті, продуктах харчування. При встановленні ГДК використовують розрахункові методи, результати біологічних експериментів і санітарно-гігієнічних досліджень, а також динамічні спостереження за особами, що піддаються впливу шкідливих речовин.

На основі санітарно-гігієнічних нормативів (ГДК різних речовин) розроблені екологічні *нормативи гранично припустимих викидів і скидань шкідливих речовин* (ГДВ і ГДС). Вони характеризують вимоги до джерела шкідливого впливу, вводячи обмеження на викид, скидання, шум, вібрацію, радіоактивне забруднення та ін.

Гранично допустимий викид (скидання) – максимальна кількість шкідливої речовини, дозволена до викиду (скидання) з даного джерела, що не створює в приземному шарі повітря або у воді концентрацію, яка складає небезпеку для людей, тваринного і рослинного світу.

15.3. Архітектурно-планувальні заходи

При створенні й розвитку транспортних систем міст і населених пунктів велика роль повинна бути відведена розробці раціональних планувальних рішень, що сприяють зниженню негативного впливу транспорту на навколишнє середовище. Забезпечуючи майже необмежену мобільність, ав-

томобілі і швидкісні автомагістралі з'явилися найважливішими факторами розширення міських територій. У цілому в світі принаймні третина площі міст приходить на дороги й автостоянки. Для найбільших американських міст ця величина ще більша: в Лос-Анджелесі дороги і стоянки займають дві третини всієї площі; в Далласі – більш половини; у Нью-Йорку і Вашингтоні – понад одну третину. Незважаючи на це, відведених під дороги площ не вистачає, що приводить до заторів. Якщо сучасні тенденції розвитку автопарку і планування міст збережуться, то водії в США будуть проводити в середньому по два роки життя в дорожніх пробках.

Для зменшення транспортного навантаження населених пунктів і упорядкування транзитних потоків важливим планувальним рішенням є створення об'їзних кільцевих залізничних і автомобільних доріг. Однак досвід США свідчить про те, що в дійсності такі магістралі сприяли швидкому розвитку пригородів і значному росту числа поїздок у приміській зоні, приводячи до пробок на окружних дорогах – проблема, здебільшого не врахована при плануванні міст.

Зниження рівня екологічної небезпеки від впливу транспорту можливе шляхом реалізації комплексної програми розвитку міста, що включає архітектурно-планувальні заходи. До них відносяться:

- забезпечення невинного руху транспортних засобів за рахунок будівництва транспортних розв'язок на різних рівнях, тунелів і пішохідних переходів;
- збільшення числа смуг руху на магістралях, розвиток вулично-дорожньої мережі, ліквідація вузьких в'їздів і виїздів з шосе;
- регулювання транспортних потоків за допомогою керованих комп'ютером світлофорів, впровадження інформаційних технологій керування дорожнім рухом, що дозволяють використовувати принцип «зеленої хвилі» для скорочення простоїв транспортних засобів;
- організація однобічного руху на ділянках міської забудови з вузькою проїзною частиною, що мають сформований характер планування;
- виділення в центральній частині міст територій із заборонаю або обмеженням на рух великовантажних автомобілів;
- зведення житлових будинків у віддаленні від транспортних магістралей з дотриманням санітарно-захисних норм;
- прокладка доріг в обхід заповідників і історичних пам'яток;
- виділення спеціальних смуг для руху міського транспорту і велосипедних доріжок з метою заохочення жителів до відмови від використання особистих автомобілів;
- урахування у планувальних рішеннях міської забудови місць розміщення зелених насаджень, що сприяють зниженню забруднення атмосферного повітря.

За рекомендацією біологів, гарні результати щодо зниження рівня забруднень може дати посадка порід дерев, стійких до відпрацьованих газів транспортних засобів. Найбільш підходящими для великих міст сортами дерев, які

можна висаджувати уздовж автомагістралей, є культурні форми хвойних дерев і тополя. Для захисту житлових будинків від пилу і відпрацьованих газів можуть використовуватися кучеряві рослини. Зелені насадження формують екологічне середовище – виділяють кисень, очищають атмосферу від вуглекислого газу, впливають на мікроклімат, а також знижують концентрацію в повітрі токсичних газів, у тому числі сірчистого ангідриду і сірководню і затримують до 86 % пилу. Однак листяні дерева можуть виконувати свою захисну функцію тільки до листопаду.

При розробці генеральних планів розвитку міст виконують ціннісну оцінку території міста шляхом введення понять «екологічне ядро» і «екологічний каркас» міста. Виділяють зони стабілізації навантажень, обумовлені їх унікальними функціональними особливостями. Наприклад, до них відносяться лісопаркові масиви, райони історичної архітектурної забудови і місця з ландшафтними особливостями. У цих зонах потрібне розвантаження території від екологічно небезпечних виробництв, у тому числі транспортних.

Проблеми екологічної безпеки знаходять відображення в *еколого-містобудівних планах* великих міст. Їх рекомендації є обов'язковими при розробці містобудівної документації (проектів промислової і житлової забудови, прокладки транспортних магістралей, відведення земель під спортивні спорудження й ін.), а також програм розвитку муніципальних округів і окремих територій.

15.4. Конструкторсько-технічні заходи

Екологічна безпека буде підвищуватися за рахунок поліпшення екологічних показників транспортних засобів, удосконалення технологічних процесів і обладнання, що застосовуються у перевізному процесі, при ремонті й технічному обслуговуванні.

Конструкторсько-технічні заходи, здійснювані на транспортних засобах, групують за напрямками: підвищення економічності двигунів, зниження маси конструкції, зменшення опору рухові, зниження токсичності відпрацьованих газів, використання екологічно більш чистих видів палива, застосування електричної енергії. На стаціонарних джерелах скорочення шкідливих викидів досягається переходом до екологічно безпечних ресурсозберігаючих технологій.

Підвищення економічності двигунів досягається удосконаленням їхньої конструкції і дозволяє скоротити витрату палива й відповідно знизити викиди забруднюючих речовин. Одночасно заощаджуються паливно-енергетичні ресурси, що є ще одним важливим екологічним завданням.

Гарні перспективи для економії паливних ресурсів і зниження викидів в атмосферне повітря має дизелізація транспортних засобів. Дизельні силові установки застосовують на великовантажних автомобілях, автобусах, в обмежених масштабах на легковому автотранспорті, поїзних і маневрових теплово-

зах, морських і річкових суднах. Дизель економічніший ніж карбюраторний двигун на 20-30 %. Токсичність відпрацьованих газів дизеля значно нижче.

Зниження маси конструкції транспортного засобу є важливим напрямком поліпшення екологічних показників транспорту. Зниження власної маси транспортних засобів можна здійснювати за рахунок зміни конструкції агрегатів, удосконалення технологічних процесів виготовлення автомобілів і заміни матеріалів на більш легкі. Широке застосування для цих цілей одержали пластмасові матеріали. Значення цього напрямку розробок підтверджується таким прикладом: на кожну додаткову тонну спорядженої маси автомобіля витрачається на 100 км шляху 2,5 л бензину або 1,6 л дизельного палива.

Зменшення опору рухові значно впливає на скорочення витрати палива. Для автомобілів цей напрямок робіт визначається правильним вибором передаточних чисел головної передачі і коробки передач. Зі збільшенням числа передач, застосовуваних на вантажних автомобілях, зростають труднощі у виборі оптимальної передачі при зміні умов руху. Потрібна розробка спеціальних автоматичних приладів, що сигналізують про необхідність включення потрібної передачі, що підвищить економічність автомобілів.

Аеродинаміка транспортних засобів також значно впливає на витрату палива. При русі з високою швидкістю значна частина енергії витрачається на подолання опору рухові в повітряному або водному середовищі. Ці витрати в повітряному середовищі прямо пропорційні квадрату швидкості й визначаються фактором обтічності, що представляє добуток коефіцієнта опору повітря на лобову площу транспортного засобу. Аеродинамічні властивості автомобілів підвищуються за рахунок надання обтічної форми, рівномірного розташування вантажу, установки спеціальних обтічників (дефлекторів) на даху кабіни вантажного автомобіля.

Зниження токсичності відпрацьованих газів досягається рядом технічних рішень, що включають установку нейтралізаторів відпрацьованих газів, фільтрів, присадок до палива.

Застосування електричної енергії на транспортних засобах дозволяє поліпшити їхні екологічні показники і сприяє збереженню паливно-енергетичних природних ресурсів. З цією метою ведуть розробки конструкцій на базі існуючих транспортних засобів.

Перехід до екологічно безпечних ресурсозберігаючих технологій обумовлений жорсткістю екологічних вимог до об'єктів транспортної інфраструктури. На стаціонарних джерелах у першу чергу передбачається зниження шкідливих викидів в атмосферу від котелень.

15.5. Експлуатаційні заходи

Тривала експлуатація транспортних засобів приводить до зміни технічного стану і регульовальних параметрів ДВЗ. Токсичні атмосфе-

рні викиди транспортних засобів ростуть швидше їхнього фізичного зносу і старіння. Наприклад, для автомобілів тільки в перші 1-3 роки можна підтримувати рівень викидів, гарантований підприємством-виготовником. У процесі експлуатації поточні несправності й порушення регулювань приводять до погіршення показників токсичності й паливної економічності. Погані дорожні й кліматичні умови (в ряді регіонів довгий і холодний зимовий період), низька якість паливно-мастильних матеріалів приводять до прискореного зносу вузлів і агрегатів транспортних засобів і збільшенню викидів. Недостатньо якісне технічне обслуговування і ремонт, нестача сучасного устаткування і кваліфікованого персоналу не забезпечують належною мірою відновлення працездатності транспорту.

У карбюраторних автомобілях відхилення в системі живлення двигуна підвищують токсичність викидів на 30-40 %, у системі запалювання – на 25-30 %, у механічній частині двигуна – на 20-25 %, у трансмісії і ходовій частині – на 15 %. Найбільший вплив на перевищення викидів оксиду вуглецю робить порушення регулювань у системі живлення: норми стандарту можуть бути перевищені на 70 % і більше [76].

У дизелях практично будь-яка несправність паливної системи впливає на витрату палива і чадність. Наприклад, збільшення циклової подачі понад номінальну на 25 % підвищує чадність відпрацьованих газів на 40 %. У результаті природного зносу деталей паливної апаратури витрата палива до моменту вичерпання ресурсу зростає на 8-10 %, чадність – на 20-30 %.

Для підтримки екологічних параметрів транспортних засобів в експлуатації на припустимому рівні необхідний періодичний контроль технічного стану транспортних засобів з використанням діагностування. На автомобільному транспорті діагностичне устаткування для контролю технічного стану і регулювання автомобілів включає діагностичні стенди для вантажних автомобілів і автобусів, стенди обкатування й іспиту двигунів, стенди для перевірки форсунок, вимірювальні прилади для контролю електроустаткування та ін.

Виміри забруднюючих речовин у відпрацьованих газах карбюраторних двигунів проводять за допомогою газоаналізаторів. Чадність відпрацьованих газів дизелів визначають за допомогою різних приладів виміру чадності. Контроль токсичності проводять на підприємствах транспорту в процесі технічного обслуговування.

Серед експлуатаційних заходів з підвищення екологічної безпеки важлива роль приділяється охороні земель. Для розробки заходів із захисту ґрунтово-земельного покриву в зонах розташування транспортних підприємств здійснюють контроль його стану за допомогою добору ґрунтових зразків. Так, у районах аеропортів для перевірки якості ґрунту беруть проби по кутах льотного поля й у центрі, поруч зі злітно-посадочною смугою. Наявність у пробах ґрунту хлороорганічних пестицидів визначають методом газорідинної хроматографії, зміст металів – методом емісійного спектрального аналізу.

З метою реалізації екологічних вимог вводять заборону на закапування в землю відходів виробництва, розпилення ядохімікатів, злив у ґрунт залишків

кислот, електроліту, нафтопродуктів та інших агресивних речовин. Хімікати й агресивні рідини повинні знешкоджуватися відповідно до Санітарних норм. Злив відпрацьованих нафтопродуктів повинен виконуватися в ємкості. Миття і дезактивацію спеціалізованих транспортних засобів дозволяється проводити тільки на обладнаних площадках. Гостро стоїть завдання утилізації твердих відходів, що, наприклад, в автотранспортному комплексі включає: автопокришки – 1160 тис.т, свинцеві акумулятори –180-200 тис.т, відходи пластмас – 60 тис.т щорічно.

Контрольні питання

1. Назвіть групи природоохоронних заходів щодо покращення екологічних характеристик транспортних засобів і інфраструктури транспорту.
2. Види робіт при впровадженні експлуатаційних заходів.
3. Мета встановлення санітарно-гігієнічних нормативів ГДК?
4. Дайте визначення ГДК і ГДС.

**УПРАВЛІННЯ ЕКОЛОГІЧНОЮ
ДІЯЛЬНІСТЮ НА ТРАНСПОРТІ**

**16.1. Поняття і функції
управління екологіч-
ною діяльністю**

16.2. Екологічний облік

**16.3. Планування і фінансу-
вання заходів в області
екології**

16.4. Екологічне страхування

**16.5. Екологічне ліцензуван-
ня і сертифікація**

**16.6. Плата за забруднення
навколишнього сере-
довища й ефективність
екологічних заходів**

**16.1. Поняття і функції управління
екологічною діяльністю**

Управління екологічною діяльністю полягає у впливі на розвиток природи і суспільства з метою збереження стійкої рівноваги екосистем, раціонального використання природних ресурсів, зменшення забруднення атмосфери, водних об'єктів, ґрунту і надр, зниження шкідливого впливу шумів, вібрацій, випромінювань та інших фізико-хімічних факторів, організації робіт зі знищення й утилізації відходів.

Управління у сфері екології на підприємствах транспорту являє собою форму діяльності, що забезпечує реалізацію рішень із створення сприятливого навколишнього середовища і його охорони, а також захисту суспільства від негативного впливу транспорту.

Принципи і методи управління. Управління екологічною діяльністю на транспорті як складова частина єдиного процесу державного управління охороною навколишнього середовища в сучасних умовах і в перспективі на першій чверть ХХІ ст. виходить з наступних принципів:

- організація ефективного управління екологічною діяльністю за допомогою програмно-цільового планування;
- створення ефективної системи екологічного контролю і моніторингу на основі аерокосмічного зондування і наземного оперативного супроводу з використанням мережі стаціонарних і пересувних постів спостереження, а також пунктів контролю екологічних параметрів транспортних засобів;
- поєднання правових і економічних методів управління природоохоронною діяльністю на транспорті, розробка нормативно-правової бази, що стимулює освоєння ресурсозберігаючих екологічно безпечних технологій виробництва;
- застосування системи обов'язкової сертифікації щодо екологічних вимог для транспортних засобів, палива, устаткування, технологій, шляхів сполучення й ін.;
- використання ліцензування для забезпечення дотримання екологічних вимог і обов'язкових умов законодавства;
- формування фінансово-кредитного механізму природокористування у транспортній галузі з широким залученням позабюджетних джерел;
- впровадження економічних ринкових регуляторів для заохочення підприємницьких ініціатив у сфері охорони природи при збереженні державного контролю і нормування в цій області;

- проведення науково-прикладних розробок для вирішення актуальних проблем в області екології транспорту;
- розвиток системи екологічної підготовки і перепідготовки фахівців транспорту.

В управлінні екологічною діяльністю активно використовують примусові правові методи і методи переконання. Ці методи мають характер обов'язкових розпоряджень, заборон, рекомендацій, наприклад, заборона скидання стічних вод у водний об'єкт або обов'язковість проведення державної екологічної експертизи. Методи переконання включають узгодження і дозволи, наприклад, узгодження будівництва об'єктів, що можуть впливати на навколишнє середовище, зокрема об'єктів транспорту.

Функції управління. Найважливішими функціями управління екологічною діяльністю є облік і соціально-економічна оцінка природних ресурсів, контроль за станом природного середовища й аналіз його зміни під впливом антропогенної діяльності, планування і фінансування екологічних програм, організація природоохоронної діяльності та ін. Основу робіт екологічної спрямованості складає екологічна інформація, що базується на кількісному і якісному обліку стану навколишнього середовища.

16.2. Екологічний облік

Система кадастрового обліку. Підприємства транспорту повинні вести облік споживаних природних ресурсів і проведених заходів з охорони навколишнього середовища. Узагальнені облікові відомості про стан природних ресурсів і забруднення навколишнього середовища у вигляді поточної і річної звітності надаються природокористувачами – транспортними підприємствами – в природоохоронні органи й органи державної статистики. Державні природоохоронні органи ведуть кадастри природних ресурсів: земельних, водних, лісових, надр, тваринного світу, особливо природних територій і об'єктів, що охороняються.

Кадастр природних ресурсів – це систематизовані зведення, що складаються періодично або шляхом безперервних спостережень з використанням кількісних, якісних і територіально-адресних показників, які характеризують визначений вид природних ресурсів. У ньому містяться фізико-географічна характеристика, класифікація, характер змін стану ресурсів під впливом природних, техногенних і економічних факторів, а також економічна оцінка ресурсів та інші дані. Наприклад, у Державному земельному кадастрі є відомості про правовий режим земель, їхній розподіл за категоріями, власниками, орендарями, про якісну характеристику і цінність земель. Облікові дані кадастру застосовують при плануванні використання земель, їхньому виділенні користувачам і вилученні, при визначенні платежів за земельні ресурси і для інших цілей.

У водному кадастрі відбивають відомості про склад водного фонду України і його використання для питного, комунально-побутового постачання, нестатків промисловості, сільського господарства, транспорту.

До кадастрів відносяться Червона книга рідких видів живих організмів, що знаходяться під загрозою зникнення, а також Зелена книга рідких, зникаючих і типових рослинних співтовариств, що потребують особливої охорони.

Кадастровим документом є також облік забруднювачів навколишнього середовища з підрозділом щодо величини й складових викидів, скидань і відходів.

Діюча система кадастрового обліку має недоліки:

- складання кадастрів ведуть відокремлено, що не дозволяє проводити комплексну оцінку природно-ресурсного потенціалу;
- не досить розроблені кадастри рослинного і тваринного світу, кадастри рекреаційних і заповідних територій;
- кадастри не порівнянні за представленими показниками, у них відсутні оцінки ефективності використання конкретного ресурсу.

Для усунення вказаних недоліків необхідно удосконалювати систему спостереження за станом навколишнього середовища, інформування й обробки отриманих даних.

Кожне підприємство-забруднювач навколишнього середовища, в тому числі транспортні, організують екологічні служби і звітують перед контролюючими органами за прийнятими формами статистичної звітності.

На транспорті екологічний облік, поряд з державними і місцевими природоохоронними органами, ведуть спеціалізовані служби Міністерства транспорту, транспортних відомств і підприємств, громадські організації. Вони здійснюють первинний облік і звітність за видами і кількістю забруднюючих речовин, що викидаються в атмосферу, водні об'єкти, ґрунт. Контролюють дотримання норм ГДК у викидах, ведуть реєстрацію випадків викидів високотоксичних або інших шкідливих речовин, що призводить до перевищення їх ГДК, а також залпових викидів. Основні відомості про кількісний склад викидів одержують, використовуючи інструментально-лабораторні методи контролю.

Екологічний моніторинг. У даний час здійснюється перехід до сучасних інформаційних технологій обробки екологічної інформації. У країні розробляється Єдина державна система *екологічного моніторингу* (ЕДСЕМ) – безперервного інструментального спостереження за станом навколишнього середовища з використанням обчислювальної і вимірювальної техніки. Його основною метою є забезпечення державних органів управління екологічною безпекою своєчасною і достовірною інформацією.

Автоматизовані системи екологічного моніторингу включають інформаційно-вимірювальну мережу, що поєднує автоматичні станції моніторингу атмосфери й аналітичних лабораторій, мережу передачі даних, центр моніторингу і мережу користувальницьких терміналів, встановлених у службах контролю і управління екологічною обстановкою.

Використання автоматизованої системи екологічного моніторингу дозволяє одержувати точні дані про якість повітря і води, вести спостереження за факторами антропогенного впливу, складати прогноз динаміки стану природного середовища і на його основі приймати рішення з управління екологічною обстановкою. Призначенням системи є також ведення обліку первинних документів (з планових перевірок підприємств, виконання стягнень із забруднювачів навколишнього середовища, контролю виконання доручень, що надходять з центральних органів влади, та ін.) і складання звітності.

Екологічна експертиза. Екологічний контроль здійснюється не тільки в процесі експлуатації господарських об'єктів, але і на стадії розробки і проектування. З метою перевірки відповідності господарської діяльності вимогам екологічної безпеки суспільства в Україні введена обов'язкова *Державна екологічна експертиза*, що є формою попереджувального контролю й у той же час новим самостійним видом управлінської діяльності. Результатом проведення державної екологічної експертизи є позитивний висновок або заборона реалізації розглянутого проекту.

Державній екологічній експертизі підлягає проектна і планова документація по всіх об'єктах і заходах, що намічені до впровадження. На транспорті об'єктами Державної екологічної експертизи є проекти галузевих програм розвитку, проекти будівництва транспортних магістралей і розміщення об'єктів транспортної інфраструктури, нові види транспортних засобів, техніка і технологічні процеси, в яких застосовуються сировина і матеріали, включаючи паливно-мастильні, проекти стандартів, технічних і правових норм.

При проведенні екологічної експертизи використовують державні й галузеві стандарти, будівельні й санітарні норми і правила, методичні матеріали Міністерства транспорту і галузевих інститутів.

Крім державної, здійснюється *громадська екологічна експертиза*. Вона організується з ініціативи громадян або громадських організацій, а також органів місцевого самоврядування. Така експертиза проводиться громадськими організаціями або до проведення державної екологічної експертизи, або одночасно з нею. Про початок і результати проведення громадської екологічної експертизи обов'язково сповіщають населення. Висновок громадської екологічної експертизи здобуває юридичну чинність після затвердження його спеціально уповноваженим державним органом в області екологічної експертизи.

16.3. Планування і фінансування заходів в області екології

Для здійснення екологічної діяльності на транспортних підприємствах створюються спеціальні підрозділи, які відповідають за проведення природоохоронної роботи. За видами транспорту є розходження у фо-

рмі й спрямованості роботи, а також у складі й підпорядкованості служб охорони навколишнього середовища.

Залізничний транспорт. На залізничному транспорті відповідальність за екологічну безпеку несуть служби управлінь залізниць: служба водопостачання, водовідведення й екології, служба локомотивного господарства, служба шляху, відділ кадрів і навчальних закладів і науково-технічна рада. Координує їх діяльність у питаннях екологічної безпеки відділ (сектор) охорони природи. Його чисельність, як правило, складає 2-5 чоловік. Іноді цю роботу виконує 1 фахівець.

Автомобільний транспорт. На автотранспортних підприємствах і авторемонтних заводах для виконання екологічної діяльності введена посада інженера з охорони природи, який відповідає за підготовку документації і звітність з екологічних питань. Ця посадова особа веде природоохоронну роботу разом з головним інженером АТП або АРЗ, який відповідає за стан устаткування і якість технологічних процесів, подає відомості про відходи, що утворюються на підприємстві, в тому числі зношених шинах і автомобільних камерах, відпрацьованих машинних мастилах, про полігони і нагромаджувачі для поховання або складування відходів. Головний механік відповідає за витрату водних і енергоресурсів, за роботу очисних споруд для стічних вод для мийки автомобілів і ефективність очищення стічних вод, функціонування водооборотних систем. Інженери з охорони природи на підприємствах автомобільного транспорту взаємодіють з органами Держкомекології і відділом технології й екології Міністерства транспорту.

Водний транспорт. На морському і річковому транспорті основна увага приділяється питанням водоочищення і запобігання забрудненню акваторій портів. Капітан порту відповідає за запобігання забрудненню акваторії порту й атмосферного повітря суднами, що заходять у порт. Він очолює роботу штабу, що керує операціями з ліквідації аварійних розливів нафтопродуктів. Начальник порту відповідає за очищення акваторії порту від забруднення. Начальники виробничо-перевантажувальних комплексів і інспекція портнагляду здійснюють щоденний контроль за станом акваторії порту. Інформація з результатів контролю передається в службу з очищення, яка має у своєму розпорядженні спеціальний флот (нафтосміттєзбірники, допоміжні судна), берегове устаткування, автомобілі для виконання робіт з очищення і вивозу сміття, ліквідації розливів нафти. У багатьох морських портах створені лабораторії з охорони навколишнього середовища для контролю за випуском стічних вод і викидами в атмосферу, роботою пило-, газо- і водоочисних споруд, знешкодженням і похованням токсичних відходів. Загальне керівництво природоохоронною роботою в портах здійснює директор порту.

Програмно-цільовий підхід. Планування заходів в області екології здійснюється на основі розробки державних і регіональних програм, в яких знаходить висвітлення стратегія України з охорони навколишнього середовища і забезпечення стійкого розвитку.

Екологічні фонди. Фінансування екологічних програм і заходів здійснюється за рахунок державного, обласних і місцевих бюджетів, засобів підприємств і організацій, екологічних фондів та інших джерел. Джерела формування і напрямку витрати коштів екологічних фондів подані на рис. 16.1.

Важливу роль у фінансуванні відіграють державний і територіальні екологічні фонди, сприяючи поширенню екологічної інформації, розвитку системи екологічного моніторингу, видавничої й еколого-просвітительської діяльності, створенню і функціонування заповідників і т.д.



Рис. 16.1 – Рух коштів екологічних фондів

Формування фінансових коштів на природоохоронні цілі пов'язано з розвитком системи платежів за забруднення навколишнього середовища та інші види шкідливого екологічного впливу. Намічається введення платежів за забруднення морського середовища, підземних вод, шум, радіоактивне й електромагнітне забруднення, за шкідливі впливи транспорту, викиди двооксиду вуглецю і використання озоноруйнівних речовин. Стримуючим фактором у вирішенні цього питання є відсутність методичних розробок з розрахунку розмірів забруднень.

Передбачається введення податків на екологічно шкідливу продукцію, що повинні доповнити діючу систему платежів за забруднення навколишнього середовища. Їх будуть сплачувати підприємства і фізичні особи, які випускають

і споживають екологічно шкідливу продукцію, зокрема, двооксид вуглецю, озоноруйнівні речовини, пестициди та ін.

Джерела фінансування у транспортно-дорожньому комплексі. Для фінансування природоохоронних робіт на галузевому рівні створюються спеціальні екологічні фонди. У транспортно-дорожньому комплексі формування коштів на екологічні програми і заходи проводиться за рахунок Державного екологічного фонду, регіональних екологічних фондів і екологічного фонду ТДК, цільових субсидій Міністерства охорони навколишнього середовища і Міністерства транспорту, банківських операцій та інших надходжень.

Фінансові кошти направляються на підвищення екологічних характеристик використовуваної техніки і технології на транспорті, виконання екологічних вимог у ході будівництва й реконструкції об'єктів транспорту, заміну транспортних засобів на малотоксичні види, освоєння випуску екологічно безпечної продукції, контроль і моніторинг стану навколишнього середовища, реалізацію екологічних програм, усунення наслідків екологічних аварій і катастроф.

16.4. Екологічне страхування

Екологічне страхування – це страхування відповідальності об'єктів, розглянутих як потенційні винуватці аварійного, ненавмисного забруднення навколишнього природного середовища, і страхування власних збитків, що виникають в об'єктів такого забруднення [76].

Призначення страхування. Екологічне страхування є комплексним еколого-економічним важелем, що входить у групу ринкових методів управління. Воно дозволяє здійснювати відшкодування збитку навколишньому середовищу, населенню, господарству в зв'язку з аваріями техногенного характеру не за рахунок держави, а за рахунок підприємства-винуватця через систему екологічного страхування. Екологічне страхування дозволяє також одержати додаткові фінансові засоби для здійснення природоохоронної діяльності і змушує приділяти велику увагу питанням аналізу екологічного ризику, контролю над виробничими процесами, впровадженню екологічно безпечних технологій.

Необхідність здійснення екологічного страхування підтверджується законами, в яких передбачається відповідальність громадян і юридичних осіб з відшкодування шкоди, що заподіяна ними шляхом забруднення навколишнього середовища.

Види страхування. Виділяють два види екологічного страхування – обов'язкове і добровільне на випадок екологічного і стихійного лиха, аварій і катастроф.

Обов'язкове безкоштовне страхування здійснюється за законом і на даний момент передбачено для осіб, пов'язаних з роботою в області атомної енергії, а також проживаючих або тих, хто проходить військову службу в межах радіаційних джерел.

Громадяни можуть укласти договори добровільного екологічного страхування особистості й майна. Підприємства ведуть страхування екологічних ризиків, майна від екологічних аварій і відповідальності за збиток від аварійного забруднення навколишнього середовища.

Після укладання договору страхування страхувальник (застраховане підприємство) вносить страхові платежі, йому видається страхове свідчення (поліс). У разі виникнення страхової події, пов'язаної з нанесенням збитку навколишньому середовищу, страхувальникові виплачується страхове відшкодування, що включає:

- компенсацію збитку, викликаного пошкодженням або загибеллю майна;
- суму збитків, зв'язану з погіршенням умов життя і навколишнього середовища;
- витрати на очищення забрудненої території і приведення її у стан, що відповідає нормативам;
- витрати, необхідні для порятунку життя і майна осіб, яким в результаті страхового випадку заподіяна шкода;
- витрати, пов'язані з попереднім розслідуванням, проведенням судових процесів та ін.

Екологічне страхування в Україні в даний час ще не знайшло великого поширення, але є перспективним напрямком екологічної діяльності і становить великий інтерес для підприємств транспорту як потенційних джерел екологічної небезпеки.

16.5. Екологічне ліцензування і сертифікація

Екологічне ліцензування. Це система заходів, що спрямовані на регулювання природокористування шляхом розробки екологічних вимог і обмежень і видачі дозволів на певні види діяльності. Воно є важелем управління природокористуванням і охороною навколишнього середовища. Ліцензування здійснюється у формі видачі ліцензій на природокористування, а також спеціальних дозволів на використання окремих видів ресурсів і викид (скидання) окремих видів забруднюючих речовин у навколишнє середовище.

Ліцензія (дозвіл) – це документ, що регулює взаємини між спеціально уповноваженими природоохоронними органами і природокористувачами.

Екологічному ліцензуванню підлягають такі види діяльності:

- утилізація, складування, переміщення, розміщення, поховання, знищення промислових та інших відходів (матеріалів, речовин);
- проведення екологічної паспортизації, сертифікації, екологічного аудиту;
- виконання видів діяльності, зв'язаних з роботами (послугами) природоохоронного призначення.

Діяльність підприємств і об'єктів транспорту регламентується шляхом видачі ліцензій. Власник ліцензії на право надання перевізної, транспортно-експедиційної та іншої діяльності, пов'язаної з транспортним процесом, зобов'язаний виконувати, поряд з вимогами статуту певного виду транспорту, правила перевезень і технічної експлуатації транспортних засобів, інші спеціальні положення і правила, а також вимоги екологічної безпеки.

Ліцензії видаються на певний строк: 3 місяці, 1 рік або 5 років регіональними відділеннями транспортної інспекції, за винятком ліцензій на міжнародну транспортну діяльність, яку оформляє центральний апарат транспортної інспекції при Міністерстві транспорту.

Екологічна сертифікація. Усі складові перевізного процесу та інших видів діяльності на транспорті, пов'язані з потенційною небезпекою заподіяння шкоди екологічним системам (транспортні засоби, паливно-мастильні та інші матеріали, устаткування, технології, транспортні магістралі, перевантажувальні комплекси і т.д.) повинні бути сертифіковані на відповідність діючим технологічним і екологічним вимогам.

Сертифікація – засіб надання споживачеві гарантій у тому, що придбаний ним виріб (технологічний процес, послуга) відповідає вимогам діючих нормативних документів, незалежно від того, коли, ким і де воно виготовлено. Мета екологічної сертифікації – запобігти можливим негативним наслідкам застосування не відповідних екологічним вимогам процесів, робіт, послуг, що приводять до підвищеного навантаження на навколишнє середовище.

Система сертифікації повинна бути орієнтована на поетапну жорсткість екологічних вимог.

Сертифікація транспортної продукції і послуг передбачає:

- визначення відповідності зразка продукції (послуги) установленим вимогам на основі проведених випробувань;
- перевірку виробничих процесів на наявність умов, що забезпечують стабільний рівень характеристик безпеки;
- видачу Сертифіката відповідності або Схвалення типу транспортного засобу;
- інспекційний контроль за об'єктом, який сертифікується.

16.6. Плата за забруднення навколишнього середовища й ефективність екологічних заходів

Показники ефективності. На підприємствах транспорту ведеться постійна робота зі зменшення забруднень навколишнього природного середовища. Природоохоронна діяльність спрямована на підвищення екологічності стаціонарних і пересувних джерел викидів. Стаціонарні джерела легше обладнати пристроями, що забезпечують ефективне очищення від забруд-

нюючих речовин: розроблені спеціальні технічні рішення з уловлювання твердих часток і газоподібних викидів. На транспортних засобах такі пристрої застосовують обмежено внаслідок того, що вони приводять до підвищення маси, вимагають для свого розміщення додаткових об'ємів на транспортному засобі, дорогі у виробництві.

Щоб зацікавити підприємства у впровадженні природозахисних заходів як на стаціонарних, так і на пересувних джерелах викидів, необхідні економічні важелі і стимули з боку держави. Величина плати, яка установлюється для підприємств і організацій за забруднення природного середовища, повинна бути досить високою для того, щоб стимулювати їх зусилля на розробку ефективних заходів зниження забруднень і проведення заходів з охорони навколишнього середовища.

Ефективність проведення заходів з охорони навколишнього середовища слід оцінювати з позицій природи, суспільства й окремого підприємства. При правильно побудованій системі платежів варіант, найбільш ефективний з позицій підприємств, повинен забезпечувати більший ефект для природи й суспільства в цілому.

Екологічний ефект, або ефект для природи полягає у зниженні розмірів забруднення екосистем.

Економічний результат, що представляє ефект з позицій суспільства, вимірюється величиною відверненого річного збитку, що виникає при забрудненні середовища проживання людей. Цей збиток виражається у втраті частини національного доходу внаслідок підвищення захворюваності, скорочення довголіття, зниження працездатності та інших факторів.

Економічний ефект для підприємства визначають за приростом його прибутку за рахунок зниження розмірів платежів природоохоронним органам у результаті проведення природозахисних заходів.

При впровадженні інших заходів із зниження токсичності відпрацьованих газів величину плати знижують відповідно до ефективності даного заходу.

Економічна ефективність заходів щодо зниження забруднень навколишнього середовища пересувними джерелами транспорту визначається при порівнянні варіантів, у яких використовуються різні технічні засоби удосконалення і планувальні рішення, спрямовані на зниження викидів. Оптимальним визнається варіант, що має найменше значення суми плати за забруднення і приведені витрати на реалізацію заходу.

Розглянуті в методичних положеннях підходи до розрахунку ефективності заходів щодо зниження атмосферних викидів можуть бути використані для оцінки еколого-економічних результатів проведення заходів із захисту від забруднення водного середовища і земельних ресурсів. Витрати на реалізацію природозахисних заходів повинні зіставлятися з економією на платі транспортних підприємств природоохоронним органам.

Природокористувачі вносять плату за забруднення атмосфери, скидання забруднених стічних вод у поверхневі й підземні водні об'єкти і розміщення відходів. Передбачається введення нормативів плати також і за інші види шкід-

ливого впливу (шум, вібрацію, електромагнітне, радіаційне випромінювання та ін.). Виконання природоохоронної діяльності дозволить знизити розміри платежів і сприятиме оздоровленню екосистем як середовища проживання людей.

Контрольні питання

1. У чому відмінність екологічної сертифікації і ліцензування?
2. Джерела фінансування заходів в області екології.
3. Дайте характеристику руху коштів екологічних фондів.
4. Які існують джерела фінансування природоохоронних робіт у транспортно-дорожньому комплексі?

**ЕКОЛОГІЧНА ДОКУМЕНТАЦІЯ
ТРАНСПОРТНОГО
ПІДПРИЄМСТВА**

17.1. Загальна характеристика документації

17.2. Екологічний паспорт підприємства

17.3. Акустичний паспорт підприємства

17.4. Контроль і відповідальність за екологічні правопорушення

**17.1. Загальна характеристика
документації**

Склад документів. Міністерство транспорту розробило й затвердило „Екологічні вимоги до підприємств транспортно-дорожнього комплексу”, згідно з якими кожне транспортне підприємство повинно вести обов'язкову екологічну документацію:

- розрахунки гранично допустимих викидів (ГДВ) в атмосферу і гранично допустимих скидань (ГДС) у водойми;
- дозвіл на ГДВ;
- дозвіл на скидання води і водокористування;
- дозвіл на збереження відходів;
- дозвіл на вивезення відходів;
- екологічний паспорт підприємства;
- державні стандарти на ГДВ шкідливих речовин, у тому числі державні стандарти на токсичність і чадність відпрацьованих газів ДВЗ;
- акти, протоколи, розпорядження підприємству з боку спеціально уповноважених державних природоохоронних організацій;
- державна звітність з охорони навколишнього середовища;
- інші обов'язкові до виконання нормативів, правил, інструкцій.

Форми звітності. Державну звітність з екологічної діяльності підприємства ведуть за наступними формами:

2-тп (водгосп) „Звіт про охорону водного господарства” (зведення про шкідливий вплив на природні водні об'єкти відбивають у розділі про показники скидання стічних вод і вмісту в них забруднень);

2-тп (повітря) „Звіт про охорону атмосферного повітря”;

3-ос „Звіт про хід будівництва водоохоронних об'єктів і припинення скидання неочищених стічних вод, наданий підприємствами, які мають завдання з припинення скидання забруднених вод і будівництву водоохоронних споруд”;

4-ос „Звіт про поточні витрати на охорону природи” (покупка приладів, устаткування, асфальтування територій і т.д.);

18 кс „Капвкладення на природоохоронні цілі”.

Для підприємств, які виконують специфічні види діяльності, передбачені додаткові форми звітності.

Дозволи на збереження і вивезення відходів транспортного підприємства видаються територіальними органами санітарно-епідеміологічного нагляду

або комітетами з екології. У них вказують обсяги, характеристика відходів (клас небезпеки) і місця їхнього поховання.

Транспортне підприємство повинне також мати оформлений паспорт відходів, що складається щорічно. Санітарними правилами встановлені граничні кількості нагромадження токсичних відходів на території підприємства.

Документація, що підтверджує дозвіл збереження транспортних засобів на підприємстві, визначає максимально припустиму їхню кількість з урахуванням статусу території розташування транспортного підприємства (зона житлової забудови, промислова зона, зона відпочинку, санаторна зона, зелена зона, зона заповідників, сільськогосподарська зона і т.п.). Так, забороняється зберігати більш 300 автомобілів на території автотранспортного підприємства, розташованого в житловій зоні, і більш 500 автомобілів – у промисловій зоні.

Особливі вимоги аж до заборони, що враховують пожежо- і вибухонебезпечність, а також високу імовірність виникнення транспортних подій, ставляться до стоянок автомобілів поблизу від навчальних, дитячих і лікувально-профілактичних установ.

Крім обов'язкової документації, на підприємствах є різні довідково-інформаційні дані, методичні рекомендації та інші допоміжні документи, необхідні для здійснення і правильного оформлення результатів діяльності з охорони навколишнього середовища і раціональному природокористуванню.

Екологічну документацію транспортного підприємства повинна вести екологічна служба, а при її відсутності – спеціально призначена особа. Контролюють документацію регіональні комітети з екології і природокористування, вони ж видають дозволи на ПДВ, ПДС, устанавлюють ліміти водокористування.

17.2. Екологічний паспорт підприємства

Документом, що комплексно характеризує стан природоохоронних робіт на транспортному підприємстві, є екологічний паспорт. Паспорт розробляється на основі аналізу й узагальнення результатів діяльності підприємства і містить наступні розділи:

- титульний аркуш;
- загальні відомості про підприємство і його реквізити (вказуються основні види діяльності, виробництва-забруднювачі; наводяться всі джерела виділення забруднень і місця їхнього контролю);
- коротка природно-кліматична характеристика району розташування підприємства (метеорологічні параметри, коефіцієнти розсіювання і фонові концентрації забруднюючих речовин в атмосфері даного регіону, коефіцієнт рельєфу місцевості);

- відомості про використання земельних ресурсів (відведення земель під будинки і споруди, допоміжне виробництво, адміністративно-побутовий корпус, площадки під розміщення відходів, озеленені території та ін.);
- характеристика сировини, використовуваних матеріальних і енергетичних ресурсів (витрата видів ресурсів на виконання перевізного процесу і підтримка справного технічного стану транспортних засобів, що визначається за допомогою балансової схеми матеріальних потоків, статистичній звітності й інвентаризації. Приклад балансової схеми матеріальних потоків для автотранспортного підприємства подані на рис. 17.1;

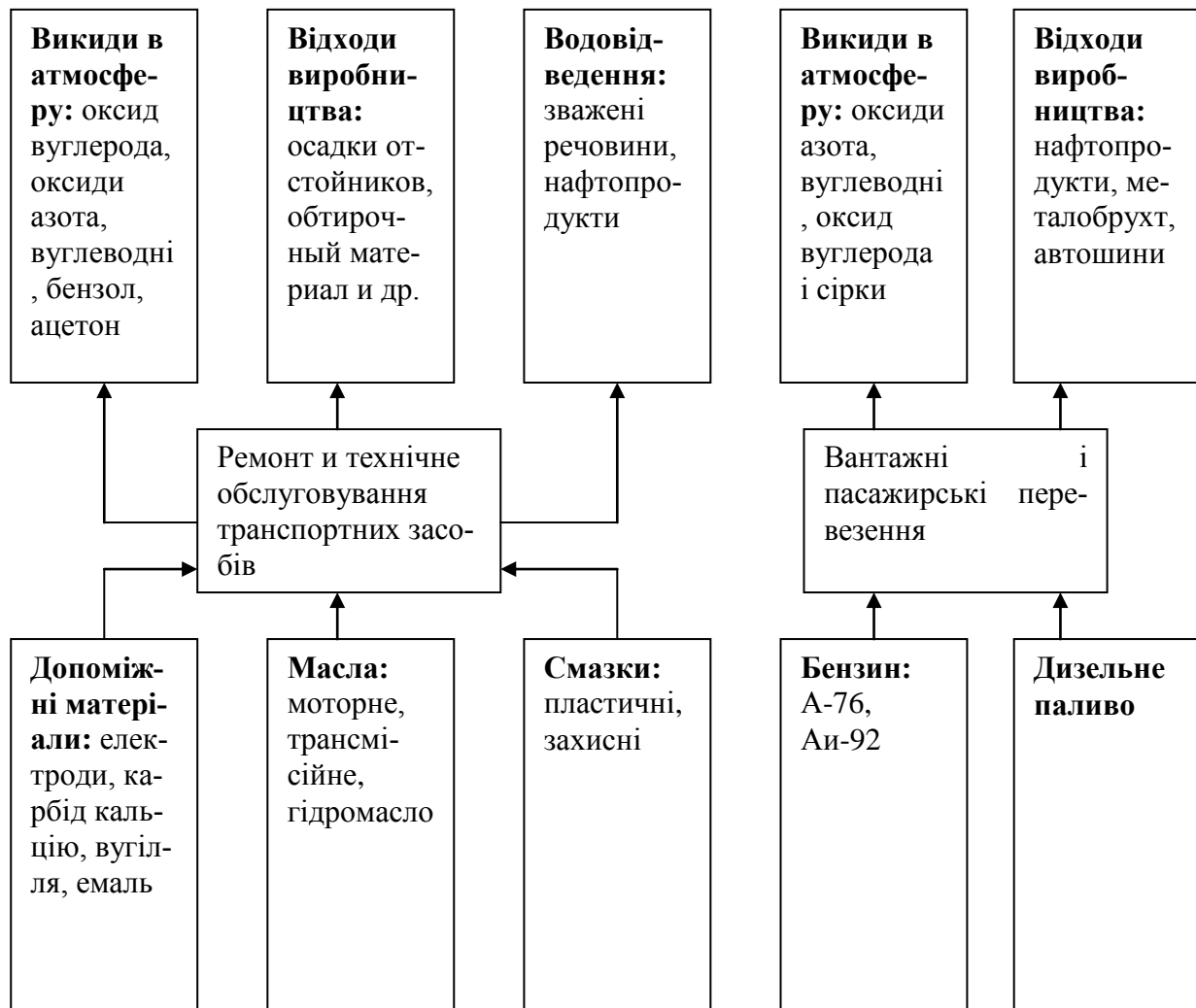


Рис. 17.1 – Балансова схема основних матеріальних потоків автотранспортного підприємства

- характеристика викидів в атмосферу (наводять нормативи ГДВ і фактичні значення для кожної забруднюючої речовини);
- характеристика водоспоживання і водовідведення (відомості включають загальні й питомі показники споживання і стоку води; дані про склад і властивості стічної води, параметри очисних споруд і водооборотних систем; додається балансова схема водоспоживання і водовідведення з вказівкою витрати і втрати води на кожній виробничій ділянці);

- характеристика відходів (вказуються вимоги до розміщення відходів, нормативи і фактичні їх обсяги, а також токсичні властивості);
- відомості про транспорт підприємства (наводиться кількісний склад транспортних засобів, загальний пробіг транспортних засобів, питомі викиди основних забруднюючих речовин, а також сумарний річний викид);
- відомості про еколого-економічну діяльність підприємства (ліміти на використання природних ресурсів, викиди і скидання забруднюючих речовин у навколишнє середовище і розміщення відходів, нормативи плати і розміри екологічних платежів, податкові пільги за впровадження «чистих технологій» та ін.).

В екологічний паспорт вміщують карту-схему підприємства, на яку наносять джерела забруднення атмосфери, водних об'єктів, місця складування відходів, водозаборів, межі санітарно-захисної зони.

Екологічний паспорт розробляється транспортним підприємством і затверджується його керівником. Відомості, викладені в паспорті, використовують для контролю діяльності підприємства вищестоящими екологічними органами. Один екземпляр паспорта зберігається на підприємстві, другий – у регіональному комітеті з екології і природокористування. При зміні технології, складу устаткування і водного балансу підприємства в екологічний паспорт вносять відповідні корективи.

17.3. Акустичний паспорт підприємства

На підприємствах цивільної авіації, крім екологічного, розробляють акустичний паспорт. Це пов'язано з особливим характером роботи аеропортів і значним шумовим впливом парку літаків і вертольотів на екосистеми. Введення акустичних паспортів диктується необхідністю захисту населення прилеглих територій, а також тваринного і рослинного світу від шуму і вібрації. Шумовий вплив, створюваний на території авіапідприємств, не повинен перевищувати нормативних значень шуму в приміщеннях житлових і суспільних будинків і на території житлової забудови, що знаходиться поблизу від аеропорту.

Цілісна система паспортизації аеропортів щодо шуму забезпечує більш швидке впровадження в практику комплексних заходів, спрямованих на зниження дратівного впливу авіаційного шуму в аеропортах.

При складанні акустичного паспорта використовують дані про акустичні параметри літаків, що роблять злітно-посадочні операції в даному аеропорту, результати вимірів рівня шуму в контрольних точках злітно-посадочної смуги, нормативи максимального шумового впливу, що відповідають державним стандартам, Санітарні норми і правила, статистичні звіти та інші документи. Акустичний паспорт розробляють фахівці НДІ повітряного транспорту для кожного аеропорту і включають розділи:

- загальні відомості про аеропорт і перспективи його розвитку (прикладається карта-схема з нанесеними на неї джерелами підвищеного шуму);
- характерні метеоумови та інші зовнішні фактори, що визначають акустичну обстановку поблизу аеропорту (середньорічна роза вітрів, середні значення швидкості вітру за багаторічними даними, температури найбільш жаркого і найбільш холодних місяців року, коефіцієнт рельєфу місцевості та ін.);
- парк літаків, що експлуатуються, їхні акустичні характеристики (дозвукові, надзвукові реактивні літаки, гвинтові літаки з визначеною злітною масою, вертольоти);
- зони впливу шуму для існуючих і перспективних умов експлуатації аеропортів;
- результати експериментального визначення фактичних рівнів шуму в аеропортах;
- методи зниження несприятливого впливу авіаційного шуму в аеропорті і його контроль (вимір рівнів шуму з метою контролю проводять в околицях аеропорту за допомогою автоматичних або автоматизованих засобів виміру безупинно або в задані проміжки часу).

Усі зміни акустичної обстановки в районі аеропорту з різних причин (заміна типів літаків, модернізація устаткування, зміна місця розташування джерел шуму й ін.) реєструють в акустичному паспорті.

Поряд з іншими екологічними документами, акустичний паспорт надається в регіональні комітети з екології і природокористування для здійснення ними контрольних і інспекційних функцій.

17.4. Контроль і відповідальність за екологічні правопорушення

Поняття екологічного правопорушення. Забруднення навколишнього середовища, нераціональне використання природних ресурсів, недотримання стандартів і норм якості середовища проживання, псування природних об'єктів, у тому числі пам'яток природи, порушення інших екологічних вимог відносяться до категорії екологічних правопорушень, за які передбачена дисциплінарна, адміністративна, цивільно-правова, кримінальна відповідальність посадових осіб і громадян, а також адміністративна і цивільно-правова відповідальність підприємств і організацій.

Види відповідальності відображені в Законі «Про охорону навколишнього природного середовища», Кодексі про адміністративні правопорушення, Цивільному і Кримінальному кодексах й у підзаконних нормативних актах.

Екологічні злочини розцінюють як суспільно небезпечні діяння, що роблять великий вплив на стан суспільної безпеки, завдають шкоду здоров'ю людей і значний економічний збиток. Суб'єктами екологічного правопорушення можуть бути як українські, так і іноземні фізичні і юридичні особи, незалежно

від форм власності і підпорядкованості. Об'єкт екологічного правопорушення – біосфера в цілому або окремі природні екосистеми. Це важливо враховувати при кваліфікації конкретного правопорушення як екологічного. Наприклад, не можна вважати екологічним правопорушенням розкрадання або знищення риби в рибогосподарських водоймах, тому що промислова риба з'явилася в них не природним шляхом, а за участю людини; забруднення повітря у виробничих приміщеннях, тому що вони є штучно створеним середовищем мешкання.

Основними складовими екологічного правопорушення є: протиправність поведінки, заподіяння шкоди або виникнення її реальної загрози, наявність зв'язку між протиправним поведінкою і завданою шкодою. Якщо в результаті правопорушення не завдана шкода природному середовищу, воно не буде розцінюватися як екологічне. Наприклад, самовільне захоплення землі під автостоянку, якщо воно не зв'язано із заподіянням шкоди природі, буде вважатися не екологічним, а земельно-правовим порушенням.

Види відповідальності. Залежно від ваги зробленого екологічного правопорушення і його суб'єкта передбачаються різні види еколого-правової відповідальності. Юридична особа не може нести карну, дисциплінарну, матеріальну відповідальність, що покладаються на громадян. Одні види відповідальності можуть застосовуватися в сукупності, інші – альтернативно. Так, за один злочин не можна одночасно притягти до карної і дисциплінарної відповідальності.

Екологічні правопорушення підрозділяються на дві групи – провини й злочини. Це враховується при визначенні міри відповідальності.

Екологічні провини роблять посадові особи підприємств при невиконанні заходів з охорони навколишнього середовища і раціонального природокористування. До них застосовують заходи дисциплінарної відповідальності, зокрема позбавлення матеріального заохочення або навіть звільнення з роботи.

До адміністративної відповідальності залучаються посадові особи і громадяни, винні в здійсненні екологічних правопорушень, найбільш характерними з яких на транспорті є: недотримання стандартів і норм якості природного середовища, невиконання обов'язків з проведення державної екологічної експертизи і неврахування її вимог, порушення екологічних вимог при проектуванні, будівництві, введенні в експлуатацію підприємств, споруд і шляхів сполучення, наднормативне забруднення навколишнього середовища, псування і знищення природно-заповідних комплексів і природних екосистем та ін. Правопорушники піддаються штрафу: громадяни – від одно- до десятикратного розміру мінімальної оплати праці, посадові особи – від трьох- до двадцятиразового, підприємствам, установам, організаціям призначається певна сума.

Екологічні правопорушення можуть викликати завдання відчутної шкоди природному середовищу (її забруднення, виснаження, руйнування) і природокористувачеві (у вигляді втрати майна, неотримання доходу, виникнення додаткових витрат на відновлення зруйнованого стану природного середовища й ін.). У цьому випадку на винних юридичних і фізичних осіб покладається *цивільна відповідальність*, що зобов'язує відшкодувати завданий збиток.

Кримінальна відповідальність посадових осіб і громадян настає за екологічні злочини, що виражаються в зазіханні на екологічний правопорядок, екологічну безпеку суспільства і заподіяння шкоди навколишньому природному середовищу і здоров'ю людини.

У даний час до 90 % усіх виявлених порушень природоохоронного законодавства караються в адміністративному порядку. Однак для забезпечення екологічної безпеки адміністративних санкцій недостатньо. Застосування норм кримінальної відповідальності обмежено через недосконалість законодавчої бази, що передбачає відповідальність за екологічні злочини

Екологічний контроль. Він є правовою мірою забезпечення раціонального природокористування і охорони навколишнього середовища. У ході контролю спеціально уповноважені суб'єкти здійснюють перевірку дотримання і виконання екологічного законодавства. У природоохоронній практиці України виділяються наступні види екологічного контролю: державний, відомчий, виробничий, суспільний.

Державний екологічний контроль найбільшою мірою може впливати на виконання екологічних вимог, оскільки може спиратися на підтримку правоохоронних органів – прокуратури і суду.

Відомчий екологічний контроль на транспорті здійснює Мінтранс України. У його складі створена транспортна інспекція, що включає в себе підрозділи екологічного контролю, які стежать за екологічним станом транспортних засобів підприємств і організацій транспорту, водних шляхів і доріг. Транспортна інспекція здійснює інспекційний контроль міжнародних автомобільних перевезень, перевірки в пунктах пропуску через Державний кордон транспортних засобів з метою дотримання вимог міжнародних договорів, інспектування і ліцензування діяльності з пасажирських і вантажних перевезень, ремонту й технічного обслуговування транспортних засобів на комерційній основі, будівництва і утримання автодоріг, реалізації нафтопродуктів і оперативного контролю їх якості.

Створено стаціонарні пости інспекції автовантажного контролю на всіх магістралях, що зв'язують Україну із закордонними країнами, а також на в'їздах у міста, де ведуть перевірку технічного стану автомобільного транспорту по 24 позиціях, що дозволяє виявляти велику кількість екологічних правопорушень і запобігати дорожньо-транспортним випадкам.

Відділення транспортної інспекції оснащуються пересувними дорожніми лабораторіями на базі автофургона "Газель". Такі лабораторії мають спеціальні прилади й оснащення (курвіметр, висотомір, дешифратор тахограм, газоаналізатор) і можуть визначати багато екологічних параметрів вантажних і легкових автомобілів: осьові навантаження на дорожнє покриття, габаритні розміри автотранспортних засобів, облік пройденого ними шляху, швидкісний режим і режим праці й відпочинку водія.

Крім того, приладове оснащення дозволяє визначати всі параметри дорожньої полотнини при його будівництві й експлуатації:

- якість застосовуваних матеріалів;

- відповідність застосовуваних технологій веденню дорожніх робіт;
- лінійні розміри дорожнього покриття, що підлягає реконструкції.

Лабораторія укомплектована системою безперервного контролю рівності дорожнього покриття і реєстрації дефектів на проїзній частині, а також елементів інженерної облаштованості і засобів регулювання дорожнього руху.

При оцінці якості автомобільних палив на АЗС пересувні лабораторії дозволяють перевірити дійсне значення октанового числа бензину; крім того, виявляють відповідність обсягу бензину, що відпускається, показанням лічильника.

При інспектуванні підприємств і суден на морському транспорті особлива увага приділяється контролю за виконанням екологічних вимог, установлених міжнародною конвенцією МАРПОЛ 73/78 і «Рекомендаціям по запобіганню забруднення із судів». Найбільш розповсюдженою категорією порушень на річковому транспорті є забруднення річкових вод нафтопродуктами, фекальними і стічними водами.

Виробничий екологічний контроль проводить керівник підприємства, керівники функціональних служб (головного інженера, головного енергетика, головного механіка та ін.) і виробничих підрозділів. Головним завданням такого контролю є перевірка виконання планів і оформлення документації з використання природних ресурсів і охорони навколишнього середовища, дотримання нормативів ПДК, виконання інших екологічних вимог.

Суспільний екологічний контроль проводять в рамках суспільних слухань, зборів, референдумів і т.д.

Контрольні питання

1. Які обов'язкові екологічні документи повинні вести підприємства транспорту?
2. Перелічіть розділи екологічного й акустичного паспортів.
3. У чому полягають особливості складання акустичного паспорта?
4. Які види відповідальності встановлені за екологічні правопорушення?

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Мамиконов А.Г. Управление и информация. – М.: Наука, 1975. – 110 с.
2. Варелопуло Г.А. Организация городских перевозок с применением математических методов и ЭВМ. – М.: Транспорт, 1974. – 102 с.
3. Брайловский Н.О., Грановский Б.И. Моделирование транспортных систем. – М.: Транспорт, 1978. – 125 с.
4. Спирин И.В. Перевозки пассажиров городским транспортом: Справочное пособие. – М.: ИКЦ «Академкнига», 2004. – 413 с.
5. Островский Н.Б. Пассажирские автомобильные перевозки. – М.: Транспорт, 1986. – 220 с.
6. Аррак А. Социально-экономическая эффективность пассажирских перевозок (на примере автомобильного транспорта). – Таллин: Ээсти раамат, 1982. – 200 с.
7. Шабалин Б.А. Обеспечение надежности исполнения заданного расписания режима движения автобусов городских маршрутов: Дис. ... канд. техн. наук. – М., 1984. – 134 с.
8. Гюлев Н.У., Доля В.К., Терлецкая И.В. Стоимостная оценка потерь времени пассажиров на передвижение в городском транспорте // Совершенствование экономической работы на автотранспорте. – Саратов, 1987. – С. 113-116
9. Афифи А., Эйзен С. Статистический анализ. – М.: Мир, 1982. – 488 с.
10. Правдин Н.В. исследование влияния длительности поездки пассажира к месту работы на производительность труда и методика определения стоимости пассажиро-часа // Тр. Белорус. ин-та инж. ж.-д. трансп., 1967, Вып. 61. – Минск, 74 с.
11. Голованенко С.Л. Организация перевозок пассажиров автомобильным транспортом. – К.: Техніка, 1981. – 167 с.
12. Завадский Ю.В. Решение задач автомобильного транспорта и дорожно-строительных машин с помощью регрессионного анализа. – М.: Изд. Моск. автомоб.-дор. ин-та, 1981. – 116 с.
13. Игнатенко А.С. Управление качеством таксомоторных пассажирских перевозок. – М.: Транспорт, 1988. – 127 с.
14. Хартман К. Планирование экспериментов в исследовании технологических процессов. – М.: Мир, 1977. – 522 с.
15. Глухов А.А. Планирование и анализ производительности труда по факторам. – Воронеж: Изд-во Воронеж. ун-та, 1973. – 53 с.

16. *Sharp G.P.* Transit System Network Models: Consideration of Guideway Construction, Passenger Travel and Delay Time and vehicle Scheduling Cost. Ph. D. dissertation Georgia Institute of Technology, Atlanta, 1974. – 107 p.
17. Туманов В.В. обеспечение рациональных режимов труда и отдыха средствами эксплуатационной службы: Дис. ... канд. техн. наук. – Х., 1983. – 206 с.
18. Вознесенский В.А. Статистические методы планирования эксперимента в технико-экономических исследованиях. – М.: Финансы и статистика, 1981. – 264 с.
19. Дрейплер Н., Смит Г. Прикладной регрессионный анализ. – М.: статистика, 1973. – 392 с.
20. Завадский Ю.В. Планирование эксперимента в задачах автомобильного транспорта. – М.: Изд. Моск. автомоб.-дор. ин-та, 1978. – 158 с.
21. Хачатуров Т.С. Экономика транспорта. – М.: Транспорт, 1959. – 587 с.
22. Игнатов Н.А. Инженерная психология, психология труда и подготовка водителя автомобиля. – М.: Изд. Моск. автомоб.-дор. ин-та, 1979. – 96 с.
23. Налимов В.В., Чернова Н.А. Статистические методы планирования экстремальных экспериментов. – М.: Наука, 1985. – 340 с.
24. Зенгбуш Н.В., Белинский А.Ю., Дынкин А.Г. пассажиропотоки в городах. – м.: Транспорт, 1974. – 136 с.
25. Банаев А.А., Бажан Л.И., Попченко В.И. Исследование вопросов эластичности планов формирования городского парка автомобильного транспорта. – К.: Техника, 1984. – 23 с.
26. Рогова Г.Л. Моделирование выбора путей передвижения пассажиров в транспортных системах городов: Автореф. дис. ... канд. техн. наук. – М., 1987. – 19 с.
27. Лобанов Е.М. Проектирование дорог и организация движения с учетом психофизиологии водителя. – М.: Транспорт, 1980. – 312 с.
28. Штанов В.Ф., Поберезкин Г.А., Ищенко В.И. Организация перевозок пассажиров автомобильным транспортом. – К.: Техника, 1988. – 94 с.
29. Статистические измерения качественных характеристик: Пер. с англ. / Под ред. Е.М. Четыркина. – М.: Статистика, 1972. – 173 с.
30. Сословский В.Г. Управление обслуживания населения городским пассажирским транспортом: Автореф. дис. ... канд. экон. наук. – Л., 1986. – 23 с.
31. Баевский Р.М., Кириллов О.Н., Клецкин С.З. Математический анализ измерений сердечного ритма при стрессе. – М.: Наука, 1984. – 222 с.
32. Баевский Р.М. Прогнозирование состояний на грани нормы и патологии. – М.: Медицина, 1979. – 296 с.
33. Вайсман А.И. Медико-биологические проблемы на автотранспорте. – М., 1982. – 128 с.
34. Блатнов М.Д. Пассажирские автомобильные перевозки. – М.: Транспорт, 1981. – 218 с.

35. СССР в цифрах в 1987 году. – М.: Финансы и статистика, 1988. – 320 с.
36. Золина З.М., Измеров Н.Ф. Руководство по физиологии труда. – М.: Медицина, 1983. – 528 с.
37. Виноградов М.Н. Руководство по физиологии труда. – М.: Медицина, 1969. – 408 с.
38. Медведев В.И. Физиологические принципы разработки режимов труда и отдыха. – Л.: Наука, 1984. – 140 с.
39. Зинченко В.П. Введение в эргономику. М.: Сов. радио, 1974. – 352 с.
40. Френкель А.А. Многофакторные корреляционные модели производительности труда. – М.: Экономика, 1966. – 96 с.
41. Физиологическое нормирование в трудовой деятельности. – Л.: Наука, 1988. – 228 с.
42. *Pea I.G.* Destining Urban Transit Systems: An Approach to the route technology Selection Problem // In Highway Research Record 417, HRB. 1972. – P. 48-50
43. *Hasselstroem D.* Public Transportation Planning // A. Matemmmatical Programming Approden. Department of Business Administration. Sweden, 1981/ - P. 31-44
44. *Dibois D., Bel G., Libre A.* Set of Methods in Transportation Network Synthesis and Analysis // J of the Operations Research Society, 1977. – P. 797-808
45. *Mandl C.* Applied Network Optimization. New York: Academic Press, 1979. – 41 p.
46. Антошвили М.Е., Либерман С.Ю., Спирин И.В. Оптимизация городских автобусных перевозок. М: Транспорт, 1985. – 102 с.
47. Вейцман В.М. Назработка рациональных маршрутных схем в городах: Автореф. дис. ... канд. техн. наук. М., 1987. – 22 с.
48. Лопатин А.П. Моделирование перевозочного процесса на городском пассажирском транспорте. – М.: Транспорт, 1985. – 114 с.
49. *Adebisi O.A.* A mathematical model for headway variance of fixed – route busses // Transportation research, 1986, N 1. – P. 59-70
50. Коцюк А.Я., Потапова Л.Н. Совершенствование перевозок пассажиров в городах // Автомоб. Транспорт. Сер. 3. Пассажирские перевозки автомобильным транспортом. Экспресс-информация. – М., 1983. Вып. 3. – С. 1-19
51. Спирин И.В. Городские автобусные перевозки: Справочник. – М.: Транспорт, 1991. – 278 с.
52. Цибулка Ян. Качество пассажирских перевозок в городах. – М.: Транспорт, 1987. – 239 с.
53. Голованенко С.Л. Справочник инженера-экономиста. – М.: Транспорт, 1985. – 320 с.
54. Антошвили М.Е., Варелопуло Г.А., Хрущев М.В. Организация городских автобусных перевозок с применением математических методов и ЭВМ. – М.: Транспорт, 1974. – 104 с.

55. Яворский В.В. Модели и алгоритмы проектирования сети городского пассажирского транспорта // Проблемы построения автоматизированных систем управления на транспорте. – К., 1976. – С. 93-102
56. *Nsu I. Surti V. Demand Model for Bus Network Design // transportation Engineering Journal of the ASCE. 1976. 102. P. 451-461*
57. Галушко В.Г. Вероятностно-статистические методы на автомобильном транспорте. – К.: Вища школа, 1976. – 232 с.
58. Самойлов Д.С. Городской транспорт: Учебник для вузов. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Стройиздат, 1983. – 384 с.
59. Закон України „Про автомобільний транспорт” від 23 лютого 2006 р. №3492-IV.
60. Самойлов Д.С. Принципы построения и координации маршрутов городского пассажирского транспорта. – М.: ОНТИ АКХ им. К.Д. Памфилова, 1959. – 74 с.
61. Горбачев П.Ф., Дмитриев И.А. Основы теории транспортных систем. – Х.: ХНАДУ, 2002. – 202 с.
62. Геронимус Б.Л., Царфин Л.В. Экономико-математические методы в планировании на автомобильном транспорте. – М.: Транспорт, 1988. – 192 с.
63. Зильбербрандт Ю. Организация ускоренного и экспресс-сообщения в Сан-Франциско // Автотранспорт и перевозки. – 2004. - № 11. – С. 42-43.
64. Коцюк А.Я. Совершенствование автобусных маршрутных систем в крупных и крупнейших городах: Дис... канд. техн. наук. – К., 1990. – 165 с.
65. Доля В.К. Методы организации перевозок пассажиров в городах. – Х.: Основа, 1992. – 144 с.
66. Вдовиченко В.О. Эффективность функціонування міської пасажирської транспортної системи: Автореф. дис... канд. техн. наук. – К., 2004. – 20 с.
67. Скоробогатов Б.В., Маруніч В.С., Франчук І.І., Вакарчук І.М. Актуалізація прогнозування попиту населення міста на пасажирські перевезення // Зб. праць Національного транспортного університету. – К.: НТУ, 2003. - № 8. – С. 128-134.
68. Штанов В.Ф., Подберезкин Г.А., Ищенко В.А., Чумаченко А.И. Организация перевозок пассажирским автомобильным транспортом. – К.: Техніка, 1988. – 94 с.
69. Гуревич Г.А. Методика организации маршрутных автобусных перевозок по периодам суток. – М.: ЦБНТИ Минавтотранса РСФСР, 1985. – 115 с.
70. Гульчак О.Д. Підвищення ефективності міських пасажирських перевезень на основі удосконалення організації руху автобусів: Автореф. дис... канд. техн. наук: 20.10.05 / НТУ. – К., 2005. – 19 с.
71. Денисов В.Н., Роголев В.А. Проблемы экологизации автомобильного транспорта. – СПб: МАНЭБ, 2003. – 213 с.
72. Гутаревич Ю.Ф., Зеркалов Д.В., Говорун А.Г. Екологія автомобільного транспорту: Навч. посібник. – К.: Основа, 2002. – 312 с.
73. Болбас М.М., Савич Е.Л., Г.М. Кухаренок и др. Транспорт и окружающая среда. – Минск: УП «Технопринт», 2004. – 262 с.

74. Беднарский В.В. Экологическая безопасность при эксплуатации и ремонте автомобилей: Уч. пособие. – Ростов н/Д: Феникс, 2003. – 384 с.
75. Канило П.М., Бей И.С., Ровенский А.И. Автомобиль и окружающая среда. – Х.: Прапор, 2000. – 304 с.
76. Павлова Е.И. Экология транспорта. – М.: Транспорт, 2000. – 248 с.
77. Дьяков А.Б. Экологическая безопасность транспортных потоков. – М.: Транспорт, 1989. – 125 с.
78. Говорущенко Н.Я., Туренко А.Н. Системотехника транспорта. – Х.: ХГАДТУ, 1999. – 468 с.
79. Говорущенко Н.Я. Экономия топлива и снижение токсичности на автомобильном транспорте. – М.: Транспорт, 1990. – 133 с.
80. Аксенов И.Я., Аксенов В.И. Транспорт и охрана окружающей среды. – М.: Транспорт, 1986. – 175 с.
81. Ефремов И.С., Кобозев В.М., Юдин В.А. Теория городских пассажирских перевозок. – М.: Высшая школа, 1980. – 535 с.
82. Ігнатенко О.С., Маруніч В.С. Організація автобусних перевезень у містах. – К.: УТУ, 1998. – 196 с.
83. Тарский И. Фактор времени в транспортном процессе. – М.: Транспорт, 1979. – 207 с.
84. Босняк М.Г. Комплексне удосконалення транспортного процесу і організації роботи автобусного підприємства: Автореф. дис... канд. техн. наук. – К., 1997. – 16 с.
85. Овечников Е.В., Фишельсон М.С. Городской транспорт. – М.: Высшая школа, 1976. – 352 с.
86. Проблемы транспортных систем / Под ред. Доли В.К. – Харьков: ХГАДТУ, 1999. – 100 с.
87. Шабарова Э.В. Система пассажирского транспорта города и агломерации: системный анализ и проектирование. – Рига: Знание, 1981. – 280 с.
88. Спирин И.В. Организация и управление пассажирскими автомобильными перевозками. – М.: Академия, 2003. – 400 с.
89. Мун Э.Е., Рубец А.Д. Организация перевозок пассажиров маршрутными такси. – М.: Транспорт, 1986. – 136 с.
90. ДСТУ 2610-94. Пасажи́рські автомобільні перевезення. Терміни визначення. – К.: Держстандарт України, 1998. – 17 с.
91. Гюлев Н.У. Выбор рационального количества автобусов на маршрутах города с учетом влияния человеческого фактора: Дис... канд. техн. наук. – Х., 1993.- 132 с.
92. Штанов В.Ф., Ігнатенко О.С. Організація перевезень пасажирів автомобільним транспортом. – К.: Техніка, 1988. – 127 с.
93. Володин Е.П., Громов Н.И. Организация и планирование перевозок автомобильным транспортом. – М.: Транспорт, 1982. – 224 с.
94. Руководство по физиологии труда / Под ред. проф. Золиной З.М. и проф. Измерова Н.Ф. – М.: Медицина, 1983. – 528 с.

95. Введение в эргономику / Под ред. В.П. Зинченко. – М.: Советское радио, 1974. – 352 с.

96. Методика визначення розмірів плати і стягнення платежів за забруднення навколишнього природного середовища України. – К., 1993. – 22 с.

97. Методика оценки и расчета нормативов социально-экономического ущерба от ДТП. Министерство транспорта Российской Федерации. – М., 2000

ПРЕДМЕТНИЙ ПОКАЗЧИК

Автомобільний транспорт 24, 26
Авіаційний транспорт 24
Автомобіль 26
Автобус 26
Автостанція 26
Автопавільйон 26
Автобусний маршрут 26
Автобусний міський маршрут 26
Автобусний приміський маршрут 26
Автобусний міжміський маршрут 26
Автобусний міжнародний маршрут 27
Автобусний маршрут загального користування 27
Автобусний маршрут спеціальних перевезень 27
Автобусний маршрут нерегулярних перевезень 27
Автомобільний перевізник 27
Автоматизовані системи диспетчерського управління 112
Акустичний паспорт транспортного підприємства 291
Анкетний метод обстеження пасажиропотоків 59
Архітектурно-планувальні заходи 267, 269

Безпека перевезень 121, 233
Безпересадочні перевезення 25
Бухгалтерський облік 37

Вертолітна повітряна лінія 189
Вертолітна повітряна траса 189
Вертолітні станції 189
Вертолітний транспорт 188
Відмовлення в посадці 113
Відмовлення функціонування транспортної системи 8

Візуальний метод обстеження пасажиропотоків 59
Витрати часу пасажирів на поїздки 110
Водій 27
Водний транспорт 24, 25
Вуличний рух 215

Гранична лінія 226
Графік руху 27
Групи природоохоронних заходів 267

Дальність поїздки 56
Державне регулювання у сфері автомобільного транспорту 29
Добова рухливість населення 51
Дорожній лист 27
Дорожньо-транспортна подія 233

Екологічність міських автобусів 208, 250
Екологічні аварії на транспорті 241
Екосистема 250
Екологічна діяльність на транспорті 275
Екологічний облік 277
Екологічне страхування 282
Екологічне ліцензування і сертифікація 283
Екологічна документація транспортного підприємства 287
Екологічний паспорт транспортного підприємства 289
Екологічні правопорушення на транспорті 292
Екологічний контроль 294
Експеримент 87
Експериментальні методи 57
Експлуатаційні заходи 268, 272

Експресний автобусний транспорт 169, 202
Електроенцефалограма 77

Законодавство про автомобільний транспорт 28
Залізничний транспорт 24, 25
Замовник транспортних послуг 27
Заходи щодо забезпечення безпеки руху 231
Звітно-статистичні методи 57, 58
Змінюваність пасажирів на маршруті 56
Зупинки за вимогою пасажирів 196
Зупиночні пункти 27

Ізольоване світлофорне регулювання руху 223
Імовірнісне моделювання 148
Індекс напруги 84
Інформаційне обслуговування пасажирів 123

Картограма інтенсивності руху 218
Картки ДТП 235
Керуюча система 9
Кінцеві зупинки 196
Класифікація негативних наслідків автомобілізації 253
Коефіцієнт використання транспорту 51
Коефіцієнт множинної кореляції 76
Коефіцієнт наповнення транспортного засобу 117
Коефіцієнт регулярності руху 119
Коефіцієнт пересаджень 120
Коефіцієнт використання швидкісного транспорту 168
Комерційні пасажирські перевезення 24
Комфортабельність транспортного пересування 118
Конструкторсько-технічні заходи 268, 271
Координоване регулювання руху 224
Кореспонденція поїздок пасажирів 56
Критерій Фишера 75

Критерій оптимальності схеми маршрутів 196
Критерій ефективності експресних перевезень 202
Критерій суб'єктивного сприйняття шуму людиною 264

Ліцензування на автомобільному транспорті 33
Лічильно-табличний метод обстеження пасажиропотоків 59

Маршрутизація 97
Маршрутна схема 97
Математичне моделювання 20
Медико-біологічні дослідження транспортної стомлюваності 77
Методи і способи регулювання руху 222
Методи визначення режимів руху автобусів 199
Методи вивчення пасажиропотоків 58
Метод автоматизованого обстеження пасажиропотоків 59
Метрополітен 24, 179
Міські швидкісні залізниці 183
Монорельсові дороги 185
Морський транспорт 24
Муніципальні пасажирські перевезення 24

Навколишнє середовище 200, 253, 261
Наземний транспорт 24
Нерегулярні пасажирські перевезення 27
Норматив показника якості обслуговування пасажирів 108

Області застосування різних видів транспорту 192
Оборотний рейс 27
Обсяг перевезень 56
Обстеження транспортних потреб 57
Однобічний рух 220
Органи виконавчої влади 32
Оперативний облік 37

Організаційно-правові заходи 267, 268

Організація руху автобусів 196

Організація руху автобусів в транспортних вузлах 219

Органи місцевого самоврядування 32

Осьові лінії 226

Оцінка психофізіологічного стану організму 77

Оцінка якості обслуговування пасажирів 108

Паливна економічність 208

Параметри комфортності автобуса 27

Параметри транспортного процесу 67

Пасажирообмін 56

Пасажировмісність 43

Пасажирооборот 24, 53

Пасажиропотік 56

Пасажирські перевезення 27

Паспорт маршруту 27

Перевезення пасажирів в особистих цілях 25

Перевезення пасажирів з пересадженнями 25

Перевезення пасажирів легковим автомобілем на замовлення 28

Перевезення пасажирів пільгових категорій 25

Перевезення пасажирів у звичайному режимі руху 25

Перевезення пасажирів у експресному режимі руху 25

Перевезення пасажирів у прямому повідомленні 25

Перевезення пасажирів у режимі маршрутного таксі 25

Плановий інтервал руху 112

Планування і фінансування заходів в області екології 279

Планування транспортних процесів 16

Плата за забруднення НС 284

Показник активності регуляторних систем (ПАРС) 84

Показник якості обслуговування пасажирів 108

Показники аварійності і травматизму 239

Показники шумового впливу 261

Помилка апроксимації 76

Постійні зупинки 196

Послуга з перевезення пасажирів 28

Поточний аналіз 48

Правила сертифікації 126

Прогноз транспортної системи 12

Продуктивність праці в суспільному виробництві 67

Пропускна здатність зупиночного пункту 230

Психофізіологічний стан організму 80

Регулярні пасажирські перевезення 28

Регулярні спеціальні пасажирські перевезення 28

Регулювання вуличного руху 222

Регулярність руху на маршрутах 119

Режими руху автобусів на маршруті 198

Режим руху 209

Рейс 28

Рівень розвитку маршрутної системи 109

Річковий транспорт 24

Ритмічність руху на маршруті 43

Розділові лінії 226

Розклад руху 28, 140

Розмітка проїзної частини 226

Розрахунково-аналітичні методи обстеження пасажиропотоків 57

Світлофорні пристрої 227

Серцево-судинна система 83

Середня дальність поїздки 55, 114

Сертифікація 33, 126

Сигнальні дорожні знаки 225

Система органів державного регулювання 30

Стандартизація 33

Статистичний облік 38

Статистичний аналіз 48, 68
Стомлення 85
Страхування на транспорті 35

Табличний метод обстеження пасажиропотоків 58
Талонний метод обстеження пасажиропотоків 59
Тарифна політика 34
Технічні засоби регулювання руху 225
Техніко-експлуатаційні показники 38, 45
Тимчасові зупинки 196
Типи монорельсових доріг 186
Токсичні компоненти 210, 257
Транспорт 24
Трамвайний транспорт 24
Транспортна рухливість 51
Транспортна система міста 6
Транспортна мережа міста 6
Транспортний засіб загального призначення 28
Транспортний засіб спеціалізованого призначення 28
Транспортне обслуговування 108, 130
Тролейбусний транспорт 24

Управління транспортною системою 5

Фактори, що впливають на рівень транспортного шуму 259
Функціональний стан 85, 89

Характеристика планувальної структури 55

Частота пульсу 84

Швидкісний пасажирський транспорт 166
Швидкісний трамвай 173
Швидкісний транспорт майбутнього 190

Щільність маршрутної мережі 110

Якість транспортного обслуговування 107

ЗМІСТ

ВСТУП	3
Розділ 1.	УПРАВЛІННЯ ТРАНСПОРТНОЮ СИСТЕМОЮ	5
	1.1. Транспортна система як об'єкт управління.....	6
	1.2. Керуюча система.....	9
	1.3. Прогнозування розвитку транспортної системи.....	12
	1.4. Планування транспортних процесів.....	16
	1.5. Методика математичного моделювання транспортної системи.....	20
Розділ 2.	ЗНАЧЕННЯ АВТОБУСНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ І ЇХ МІСЦЕ В СИСТЕМІ МПТ	23
	2.1. Сфери застосування пасажирського автомобільного транспорту.....	24
	2.2. Визначення основних термінів.....	26
	2.2.1. Законодавство про автомобільний транспорт....	28
	2.2.2. Завдання і функції державного регулювання і контролю діяльності автомобільного транспорту.....	29
	2.2.3. Система органів державного регулювання та контролю.....	30
	2.2.4. Організація пасажирських перевезень органами виконавчої влади й органами місцевого самоврядування.....	32
Розділ 3.	ІНФОРМАЦІЙНО-АНАЛІТИЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПЕРЕВЕЗЕНЬ МІСЬКИМ ПАСАЖИРСЬКИМ ТРАНСПОРТОМ	36
	3.1. Облік і звітність щодо міських перевезень пасажирів..	37
	3.2. Техніко-експлуатаційні показники використання транспортних засобів.....	38
	3.3. Техніко-експлуатаційні показники маршрутів міського пасажирського транспорту.....	45

Розділ 4.	ПАСАЖИРОПОТОКИ Й МЕТОДИ ЇХ ДОСЛІДЖЕННЯ	50
	4.1. Транспортна рухливість населення і визначення обсягу перевезень.....	51
	4.2. Вивчення пасажиропотоків і їхнє значення в організації перевезень населення.....	56
Розділ 5.	ОЦІНКА ВПЛИВУ СКЛАДОВИХ ТРАНСПОРТНОГО ЧАСУ ПАСАЖИРІВ НА ПРОДУКТИВНІСТЬ ПРАЦІ	63
	5.1. Огляд методів оцінки вартості транспортного часу пасажирів.....	64
	5.2. Статистичний аналіз впливу параметрів транспортного процесу на продуктивність праці в суспільному виробництві.....	67
	5.3. Медико-біологічні дослідження транспортної стомлюваності і її впливу на продуктивність праці в суспільному виробництві.....	77
	5.3.1. Існуючі методи аналізу функціонального стану організму.....	77
	5.3.2. Вибір методу виміру транспортної стомлюваності.....	83
	5.3.3. Вплив стомлюваності на продуктивність праці..	85
	5.3.4. Методика проведення експериментів.....	87
	5.3.5. Обробка результатів експериментів.....	87
Розділ 6.	МАРШРУТИЗАЦІЯ ПЕРЕВЕЗЕНЬ ПАСАЖИРІВ	96
Розділ 7.	ЯКІСТЬ ТРАНСПОРТНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ ПАСАЖИРІВ	107
	7.1. Основи управління якістю.....	108
	7.2. Рівень розвитку маршрутної системи.....	109
	7.3. Витрати часу пасажирів на поїздку.....	110
	7.4. Наповнення транспортних засобів пасажирів.....	117
	7.5. Комфортабельність транспортного пересування.....	118
	7.6. Регулярність руху.....	119
	7.7. Повідомлення без пересадки.....	120

	7.8. Безпека перевезень.....	121
	7.9. Інформаційне обслуговування пасажирів.....	123
	7.10. Звертання пасажирів.....	124
	7.11. Сертифікація послуг і системи управління якістю.....	126
Розділ 8.	ТРАНСПОРТНЕ ОБСЛУГОВУВАННЯ ПАСАЖИРІВ У РАНКОВІ ГОДИНИ „ПІК”	129
	8.1. Математична модель пасажиропотоків на маршрутах	130
	8.2. Вихідні дані для вирішення задачі розосередження часу початку роботи підприємств і організацій і аналіз результатів.....	137
	8.3. Складання диференційованого розкладу руху транспортних засобів на маршруті.....	140
Розділ 9.	ІМОВІРНІСНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ПЕРЕРОЗПОДІЛУ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ ЗА МАРШРУТАМИ МІСЬКОГО ПАСАЖИРСЬКОГО ТРАНСПОРТУ	147
Розділ 10.	ШВИДКІСНИЙ ПАСАЖИРСЬКИЙ ТРАНСПОРТ	166
	10.1. Основні вимоги до швидкісного пасажирського транспорту й області його застосування.....	167
	10.2. Експресний автобусний транспорт.....	169
	10.3. Швидкісний трамвай.....	173
	10.4. Метрополітен.....	179
	10.5. Міські швидкісні залізниці.....	183
	10.6. Монорельсові дороги.....	185
	10.7. Вертолітний транспорт.....	188
	10.8. Швидкісний транспорт майбутнього.....	190
	10.9. Области застосування різних видів транспорту і типів рухомого складу.....	192
Розділ 11.	ОРГАНІЗАЦІЯ ЕКСПРЕСНИХ АВТОБУСНИХ СПОЛУЧЕНЬ У МІСТАХ	195
	11.1. Організація руху автобусів у місті.....	196
	11.2. Аналіз методів визначення режимів руху автобусів на міських маршрутах.....	199
	11.3. Обґрунтування і вибір критерію ефективності	

	експресних перевезень.....	202
	11.3.1. Розрахунок зниження міського доходу внаслідок транспортного процесу.....	205
	11.3.2. Моделювання процесу переміщення пасажирів.....	206
	11.3.3. Підвищення паливної економічності й екологічності міських автобусів у процесі експлуатації.....	208
Розділ 12.	ОСНОВИ ОРГАНІЗАЦІЇ ВУЛИЧНОГО РУХУ	213
	12.1. Розробка схем організації руху транспорту.....	214
	12.2. Вивчення складу й розмірів вуличного руху.....	215
	12.3. Організація руху на міських вулицях.....	219
	12.4. Регулювання вуличного руху.....	222
	12.5. Технічні засоби організації і регулювання руху.....	225
	12.6. Розміщення зупиночних пунктів громадського пасажирського транспорту.....	229
Розділ 13.	ЗАХОДИ ЩОДО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ БЕЗПЕКИ РУХУ	232
	13.1. Класифікація дорожньо-транспортних подій.....	233
	13.2. Реєстрація і облік дорожньо-транспортних подій.....	233
	13.3. Карти дорожньо-транспортних подій.....	235
	13.4. Концентрація подій на транспортній мережі.....	236
	13.5. Причини виникнення події.....	237
	13.6. Показники аварійності й травматизму.....	237
	13.7. Екологічні аспекти аварій на транспорті.....	241
	13.8. Характеристика основних заходів щодо підвищення безпеки руху.....	245
Розділ 14.	ВПЛИВ ТРАНСПОРТНО-ДОРОЖНЬОГО КОМПЛЕКСУ НА ЕКОЛОГІЧНУ ОБСТАНОВКУ	249
	14.1 Загальна характеристика впливів транспорту на екосистеми.....	250
	14.2. Автомобільний транспорт у соціально-економічній системі.....	251
	14.3. Масштаби впливу автотранспорту на навколишнє середовище.....	253

	14.4. Основні токсичні компоненти відпрацьованих газів двигунів внутрішнього згоряння.....	257
	14.5. Шумове забруднення навколишнього середовища.....	261
Розділ 15.	ЗАХОДИ ЩОДО ПОКРАЩЕННЯ ЕКОЛОГІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ І ІНФРАСТРУКТУРИ ТРАНСПОРТУ	266
	15.1. Групи природоохоронних заходів.....	267
	15.2. Організаційно-правові заходи.....	268
	15.3. Архітектурно-планувальні заходи.....	269
	15.4. Конструкторсько-технічні заходи.....	271
	15.5. Експлуатаційні заходи.....	272
Розділ 16.	УПРАВЛІННЯ ЕКОЛОГІЧНОЮ ДІЯЛЬНІСТЮ НА ТРАНСПОРТІ	275
	16.1. Поняття і функції управління екологічною діяльністю.....	276
	16.2. Екологічний облік.....	277
	16.3. Планування і фінансування заходів в області екології.....	279
	16.4. Екологічне страхування.....	282
	16.5. Екологічне ліцензування і сертифікація.....	283
	16.6. Плата за забруднення навколишнього середовища й ефективність екологічних заходів.....	284
Розділ 17.	ЕКОЛОГІЧНА ДОКУМЕНТАЦІЯ ТРАНСПОРТНОГО ПІДПРИЄМСТВА	287
	17.1. Загальна характеристика документації.....	288
	17.2. Екологічний паспорт підприємства.....	289
	17.3. Акустичний паспорт підприємства.....	291
	17.4. Контроль і відповідальність за екологічні правопорушення.....	292
	БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК.....	296
	ПРЕДМЕТНИЙ ПОКАЗЧИК.....	302

СПИСОК СКОРОЧЕНЬ

АСДУ	– автоматична система диспетчерського управління
БДР	– безпека дорожнього руху
ДАІ	– державна автомобільна інспекція
ДВЗ	– двигун внутрішнього згоряння
ДТП	– дорожньо-транспортна пригода
ЄДСЕМ	– єдина державна система екологічного моніторингу
ЕЕГ	– електроенцефалограма
ЕКГ	– електрокардіограма
ІН	– індекс напруги
КТОП	– якість транспортного обслуговування
КЧЗМ	– критична частота злиття мелькань
МПТ	– міський пасажирський транспорт
МС	– маршрутна схема
НС	– навколишнє середовище
ПАРС	– показник активності регуляторних систем
ГДВ	– гранично допустимі викиди
ГДК	– гранично допустима концентрація
ГДС	– гранично допустимі скиди
ССС	– серцево-судинна система
ТДК	– транспортно-дорожній комплекс
ТЗ	– транспортний засіб
ТО	– технічний огляд
ТП	– транспортне підприємство
ТЕП	– техніко-експлуатаційні показники
ЧП	– частота пульсу
ЦДС	– центральна диспетчерська служба
ШГР	– шкірно-гальванічна реакція