

несу'99", [http://www.sft.fact400.ru/edi\\_tver.htm](http://www.sft.fact400.ru/edi_tver.htm) 3. Ричардсон Р. Документооборот для всех остальных // *Lan Magazine / Журнал сетевых решений*. М., 1998. Т.4. № 2. 4. Larry L. Ball *Multimedia Network Intergration and Management*, 1996. 5. Баласанян В. Концепция системы автоматизации отечественного документооборота // *Открытые Системы*. М., № 01. 1997. 6. Ширяев Н. Принципы построения систем автоматизации технического документооборота и управления проектными работами // *Открытые Системы*. М., № 03. 1999. 7. Афанасьев А. Частные реализации систем документооборота // *Открытые Системы*. М., № 01. 1997. <http://www.class.ru/os/1997/01/59.htm>. 8. Ross Wilkinson *Document Computing: Technologies for Managing Electronic Document Collections // The Kluwer International Series on Information Retrieval* 5, November, 1998. 9. Азарков В.Н., Сердюк С.М., Поздняков О.А. Підхід до автоматизації діяльності підприємства // *Вісн. ДУ "Львівська політехніка"*. 1999. № 373. С.3-8. 10. Franklyn E. Dailey Jr. *Electronic Document Management Systems : Evaluation and Implementation*. 1995. 11. Wrobel J., Marowski W., Szway J. System zarzadzania dokumentacja techniczna w malym przedsieborstwie produkcyjnym // *V Miedzynarodova Konferencja Naukowa. Polanica*. 2000. P.399–406.

УДК 681.3:658.512.011

Мазур В.В., Романишин Ю.М.\*, Городиський В.А., Ясенецька Г.М.

НУ "Львівська політехніка", кафедра САПР,

\*НУ "Львівська політехніка", кафедра КТРА

## САПР ПАСАЖИРСЬКИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ: РОЗРОБКА І ВПРОВАДЖЕННЯ

© Мазур В.В., Романишин Ю.М., Городиський В.А., Ясенецька Г.М., 2000

**Розглядаються моделі та засоби для автоматизованого проектування і організації пасажирських перевезень.**

Вдосконалення системи пасажирських перевезень у м. Львові є однією з найактуальніших проблем, що потребує невідкладного вирішення. В умовах дефіциту фінансових, матеріальних та транспортних ресурсів з'являються особливі вимоги до організації пасажирських перевезень.

Потужним інструментом для опису та аналізу пасажирсько-транспортної ситуації у динаміці, розробки та порівняння різноманітних варіантів, прийняття оптимальних рішень та оцінки отриманих результатів є система автоматизованого проектування пасажирських перевезень (САПР ПП). Перспективність такого підходу підтверджується успішним використанням САПР при проектуванні організаційно-технічних систем різного призначення, зокрема технічних об'єктів та технологічних процесів.

Реалізація та впровадження САПР ПП дозволяє збирати, обробляти та подавати наочну інформацію про динаміку функціонування пасажирсько-транспортної системи (ПТС) міста з метою виявлення характерних закономірностей та особливостей для оптимального вирішення задач організації пасажирських перевезень.

### Необхідність досліджень і вдосконалення ПТС засобами САПР ПП

Успішне вирішення складної проблеми забезпечення пасажирських перевезень у м. Львові потребує глибокого аналізу пасажирсько-транспортної ситуації та прийняття оптимальних рішень при організації руху всіх видів громадського транспорту. Зважаючи на глобальність вирішуваних задач та їх комплексний характер, динаміку пасажиропотоків та планування маршрутів необхідно аналізувати із застосуванням сучасної обчислювальної техніки та спеціалізованого програмного забезпечення.

Організація пасажирських перевезень характеризується такими особливостями:

1. Інтенсивність пасажиропотоків динамічно змінюється протягом доби та пори року. Вона має випадковий характер, але при цьому проявляються стійкі статистичні закономірності, які є основою для планування руху транспортних засобів.
2. Пасажирсько-транспортна ситуація, що складається у будь-який момент часу, є результатом взаємодії багатьох транспортних засобів та пасажирів на зупинках.
3. Перевезення пасажирів конкуруючими транспортними організаціями робить неможливими взаємну координацію та синхронізацію на окремих ділянках маршрутів.
4. Організаційні труднощі не дозволяють проводити широкі експериментні дослідження з метою вибору оптимальних варіантів.
5. Комплексне вирішення задач планування вимагає аналізу і порівняння низки варіантів із визначенням їх техніко-економічних характеристик та наочним зображенням результатів.
6. Для отримання необхідних техніко-економічних показників потрібні засоби контролю та управління рухом транспорту на маршрутах, а також забезпечення ефективної діяльності автопідприємств.

Основними недоліками традиційних підходів до вирішення задач організації пасажирських перевезень є такі:

1. Недостатній обсяг та невдалі форми подання статистичної інформації, що описує поведінку ПТС у динаміці.
2. Відсутність адекватної математичної моделі, яка б характеризувала функціонування транспортної системи для перевезення пасажирів.
3. Відсутність специфічних методів оптимізації пасажирських перевезень із врахуванням статистичного та динамічного характеру пасажиропотоків.

Через ці недоліки часто приймаються неоптимальні рішення при плануванні руху транспортних засобів, що, поєднуючись з порушеннями графіків руху (через об'єктивні та суб'єктивні причини), заважає створенню стабільної ПТС у м. Львові.

Враховуючи вказані особливості та недоліки, а також досвід вирішення аналогічних задач в інших галузях, можна визнати доцільним створення та впровадження спеціалізованої системи автоматизованого проектування пасажирських перевезень.

Розробка САПР ПП базувалась на теоретичних та практичних результатах досліджень, що виконувались в ГНДЛ-80 (НДЛ-61) Державного університету "Львівська політехніка" у галузях створення систем автоматизованого проектування та інформаційно-керуючих систем різного призначення протягом 1985–2000 рр. Автоматизоване проектування ПТС (як складної організаційно-технічної системи) з використанням методів, засобів та методології САПР розглядається як подальший розвиток концепцій та підходів загальної теорії систем.

При цьому вирішуються такі задачі:

1. Розробка, ідентифікація та реалізація на комп'ютері математичних моделей, що описують функціонування ПТС та проведення пасажирських перевезень.

2. Впровадження методики експресного збирання та обробки статистичної інформації про динаміку пасажиропотоків в часі та просторі .

3. Моделювання, аналіз та оцінка варіантів організації пасажирських перевезень на маршрутах, що проектуються засобами САПР ПП.

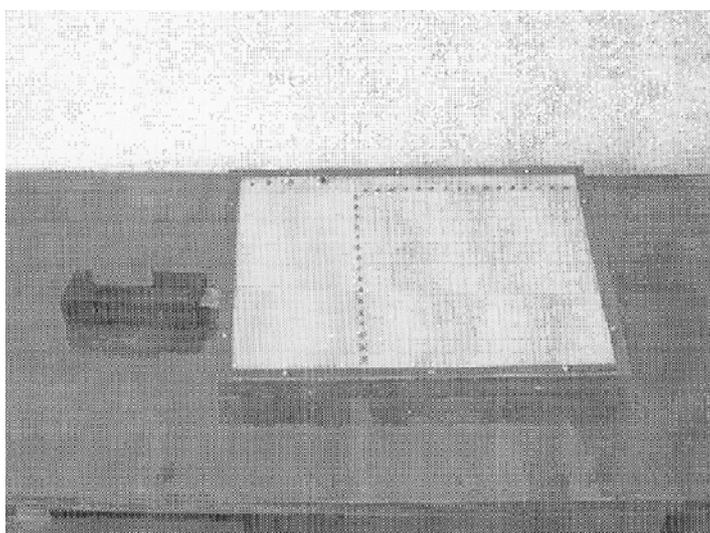
4. Формулювання конкретних пропозицій та заходів для підвищення ефективності пасажирських перевезень.

### **Математичні моделі для опису ПТС**

Вдосконалення організації перевезень пасажирів вимагає побудови і аналізу відповідних математичних моделей пасажирсько-транспортної системи. Ці моделі повинні охоплювати технічні та економічні аспекти процесу перевезень, враховувати його статистичний характер і забезпечувати вирішення задач планування та оптимізації за вибраними критеріями. На основі цих моделей можуть бути визначені основні техніко-економічні показники діючих чи запланованих маршрутів з метою їх аналізу та порівняння, а також прийняті рішення щодо вдосконалення процесу перевезень пасажирів. Успішна реалізація перевезень суттєво залежить від організації роботи автотранспортних підприємств. Тому актуальною є розробка моделей, які описують функціонування автопідприємств і забезпечують чітку організацію процесу перевезень пасажирів. Комплексна взаємодія і організація цих моделей можлива тільки при використанні їх у складі системи автоматизованого проектування пасажирських перевезень.

### **Збирання та аналіз інформації про пасажиропотоки в місті**

При формуванні та розвитку пасажирсько-транспортної системи м. Львова певною мірою враховувалися основні напрямки та інтенсивність пасажирських потоків, однак систематичних повномасштабних досліджень у цьому напрямку не проводилося. Основним фактором, який утруднює проведення таких робіт, є їх трудомісткість, що вимагає значних людських та фінансових затрат. Крім того, випадковий характер цих потоків, а також їх зміни протягом дня вимагають розробки та реалізації відповідної методики проведення досліджень. Для вирішення задач планування маршрутів громадського транспорту була розроблена графова модель пасажиропотоків та методи її обробки. Враховуючи статистичний характер експериментальних даних, для забезпечення достатньої точності отрима



*Рис. 1. Пристрій для збирання інформації про пасажиропотоки в місті*

них результатів необхідно використовувати репрезентативні вибірки достатнього обсягу. Тому для збирання інформації про пасажиропотоки в реальному часі був розроблений спеціалізований електронний пристрій, який реєструє опитування одного пасажера на зупинці в межах 5 секунд і подальшу комп'ютерну обробку зібраної статистичної інформації (рис.1). Це дає змогу подати розподіл пасажирських потоків у вигляді матриці для  $256 \times 256$  кілометрових квадратів, що відповідають площі м. Львова з передмістями ( $16 \times 16$  км). На основі отриманої інформації і відповідних перетворень графових моделей існуючих чи запланованих маршрутів можна планувати конкретні маршрути, вибирати тип автобуса, розташування зупинок, оцінювати можливу виручку. Подальше уточнення техніко-економічних показників маршрутів здійснюється на основі моделей, що описують динаміку пасажирсько-транспортної системи у часі та просторі.

### Опис динаміки пасажирсько-транспортної системи

Основою для оптимального планування руху транспортних засобів є опис динаміки пасажирсько-транспортної системи з врахуванням його статистичного характеру. Опис динаміки ПТС містить описи: динаміки пасажиропотоків на зупинках, динаміки пасажиропотоків у транспортних засобах, отримання співвідношень, які зв'язують ці два види пасажиропотоків, а також взаємовплив кількох транспортних засобів на динаміку пасажиропотоків.

#### Опис динаміки пасажиропотоків на зупинках

Опис динаміки пасажирських потоків на зупинці можна подати у вигляді циклічного процесу, який складається з таких подій (рис.2):

1. Нехай у початковий момент часу  $T_0$ , який відповідає моменту відправлення попереднього автобуса, кількість пасажирів, що залишається на зупинці, дорівнює  $K_0$ .
2. До моменту прибуття наступного автобуса  $T_1$  іде процес накопичення пасажирів, який має випадковий характер, однак в межах практичної точності його можна прийняти лінійним у часі.
3. Протягом часу висадки пасажирів після приходу автобуса ( $T_2 - T_1$ ) притік пасажирів на зупинку продовжується.
4. Процес накопичення пасажирів продовжується і під час стоянки автобуса на кінцевих зупинках ( $T_3 - T_2$ ). Приймається, що на проміжних зупинках цей час дорівнює нулю.

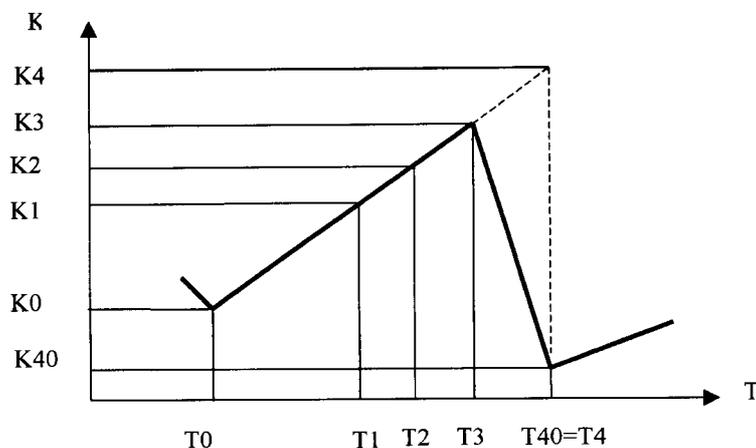


Рис.2. Процес накопичення пасажирів на зупинці

5. З моменту початку посадки  $T_3$  до моменту її закінчення  $T_4$  тривають процеси притоку пасажирів на зупинку та їх відтоку за рахунок посадки в автобус. Загальна кількість пасажирів, які накопичились на зупинці за час  $(T_4 - T_0)$  з врахуванням кількості  $K_0$ , дорівнює  $K_4$ . За час  $(T_4 - T_3)$  частина з них сіла в автобус, а на зупинці залишилась кількість  $K_{40}$ , яка є початковим значенням для наступного циклу.

Отже, кількість пасажирів на зупинці  $K(T)$  змінюється в часі і ця залежність має пилкоподібний характер.

Вводяться такі основні параметри, що характеризують функцію  $K(T)$ :

$K_0$  – кількість пасажирів в початковий момент часу  $T_0$ ;

$K_4$  – кількість пасажирів, що накопичились на зупинці за час  $(T_4 - T_0)$  з врахуванням кількості  $K_0$ ;

$K_c$  – кількість пасажирів, що сіли в автобус;

$K_{40}$  – кількість пасажирів, що залишились після від'їзду автобуса у момент  $T_4$ ;

$V_p$  – швидкість притоку пасажирів.

Усі ці параметри пов'язані між собою певними співвідношеннями і тому важливо виділити з них первинні (базові) та вторинні.

Процес накопичення пасажирів на зупинці характеризується швидкістю притоку  $V_p$ , яка визначається таким співвідношенням:

$$V_p = (K_4 - K_0) / (T_4 - T_0) \quad (1)$$

Це співвідношення визначає усереднене значення  $V_p$  в інтервалі дискретизації  $T_4 - T_0$  і згладжує миттєві флуктуації протягом цього часу, які спостерігаються на практиці.

У момент відправлення автобуса  $T_{40} = T_4$  кількості пасажирів  $K_4$ ,  $K_c$  та  $K_{40}$  без деталізації процесів висадки та посадки зв'язані очевидним співвідношенням:

$$K_c = K_4 - K_{40} \quad (2)$$

Тобто функцію  $K(T)$  можна описати таким набором базових параметрів:  $K_0(T_0)$ ,  $K_4(T_4)$ ,  $K_{40}(T_4)$ . Слід зауважити, що  $K_{40}(T_4)$  є початковим значенням  $K_0(T_0 = T_4)$  для наступного циклу накопичення пасажирів на зупинці.

Розглядаючи функцію  $K(T)$  та виділений набір базових параметрів, що її описує, можна вказати на ряд особливостей щодо їх використання для опису динаміки пасажиропотоків на зупинці.

*По-перше*, необхідно відзначити, що складний характер функції  $K(T)$  робить мало-придатним безпосереднє використання якихось її конкретних значень для аналізу і прийняття рішень щодо оптимізації руху транспортних засобів.

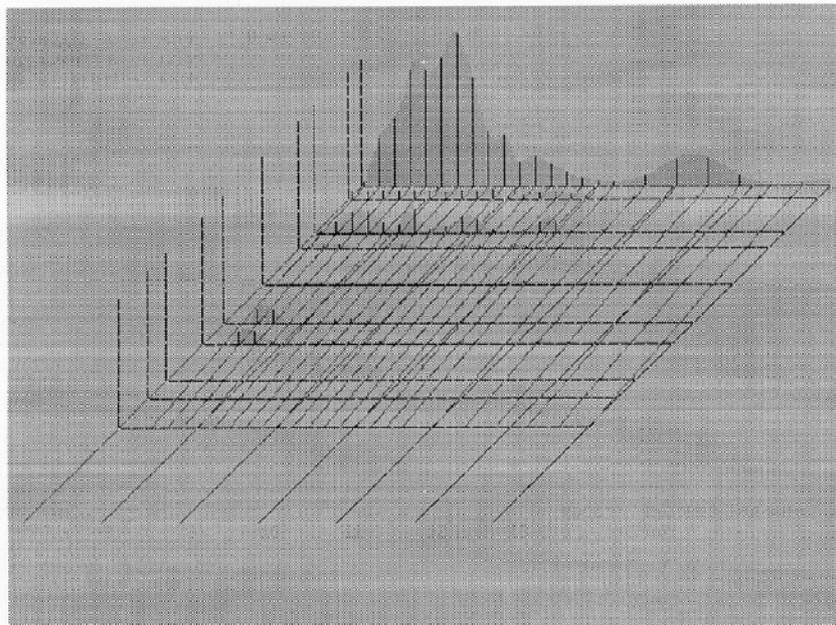
*По-друге*, значення функції  $K(T)$  є результатом комплексного впливу базових параметрів і тому її зміну важко пов'язувати зі зміною одного із них.

*По-третьє*, опис функції  $K(T)$  через базові параметри носить рекурсивний характер, тому що значення  $K_0(T_0)$  є значенням  $K_{40}(T_4)$  попереднього циклу. Отже, функція  $K(T)$  для  $i$ -го циклу визначається на основі параметрів всіх  $i-1$  попередніх циклів. Для початкового циклу вважаємо, що  $K_0$  дорівнює нулю, а для всіх наступних кількість пасажирів, що залишається на зупинці, визначається співвідношенням значень  $K_4$  та  $K_c$ . Значення  $K_4$  залежить від швидкості притоку пасажирів та часу їх накопичення на зупинці, а  $K_c$  визначається, в основному, наявністю вільного місця в автобусі.

Основним показником, що найбільш повно характеризує динаміку пасажиропотоків на зупинках, є швидкість притоку пасажирів  $V_p$ . Хоча на етапі ідентифікації моделі  $V_p$  визначається на основі конкретних значень  $K_4$ ,  $K_0$ ,  $T_4$  та  $T_0$ , однак вона, певною мірою, не

залежить від способу дискретизації часу руху транспорту, що дозволяє успішно використовувати її на етапі моделювання графіка руху транспортних засобів.

При ідентифікації моделі для пасажиропотоків на зупинці значення швидкості притоку пасажирів  $V_p$  приймається постійним на інтервалі дискретизації. При зміні  $V_p$  для різних інтервалів дискретизації це приводить до того, що швидкість притоку описується ступінчастою функцією, що не відповідає дійсності, а також знижує точність при моделюванні. Тому доцільно значення  $V_p$  прив'язати до середини інтервалу дискретизації, а залежність  $V_p(T)$  інтерполювати деякою функцією. Виходячи з умови найбільшої гладкості функції, а також забезпечення впливу на інтерполюючу функцію сусідніх до інтервалу інтерполяції точок, при ідентифікації моделі використовується інтерполяція кубічними сплайнами. Це спрощує обчислення коефіцієнтів сплайна, а також значень  $V_p$  для потрібних моментів часу. Враховуючи, що  $V_p$  чисельно дорівнює кількості пасажирів, які прибувають на зупинку за одиницю часу, значення кількості пасажирів, що накопичуються за будь-який інтервал часу, буде визначатися як сума щохвилинних значень  $V_p$ .



*Рис.3. Розподіл швидкості притоку пасажирів на зупинках маршруту*

Отже, сплайнова інтерполяція забезпечує плавність зміни швидкості притоку пасажирів і зменшує похибку її визначення за рахунок дискретизації. Порівняння експериментальних значень  $K(T)$  та визначених на основі ідентифікованої моделі при однакових інтервалах дискретизації показує на характерний їх збіг. Отримані у процесі експериментальних досліджень залежності швидкості притоку пасажирів для всіх зупинок маршруту протягом дня наведені на рис.3.

### **Опис динаміки пасажиропотоків у транспортних засобах**

Основна функція транспортних засобів у пасажирсько-транспортній системі полягає у переміщенні певної кількості пасажирів з однієї точки міста в іншу. Ефективність функціонування транспортних засобів залежить від багатьох факторів і може характеризуватися низкою показників. На етапі ідентифікації моделі пасажирсько-транспортної системи та імітаційного моделювання процесу її функціонування основна увага приділяється показникам, що характеризують динаміку пасажиропотоків у транспортних засобах.

Одним із показників, які характеризують можливості транспортних засобів щодо перевезення пасажирів, є максимальна кількість пасажирів  $K_m$ , які реально можуть поміститись у засобі даного виду і марки. Цей показник дуже часто відрізняється від значень, поданих у експлуатаційній документації, і тому його конкретні значення для різних видів та марок транспортних засобів визначаються експериментально. Так, для автобуса ЛАЗ 695Н приймається  $K_m=75$ , для автобуса Пежо –  $K_m=25$ .

Наступним показником, який визначає завантаження автобуса, є кількість пасажирів в автобусі між зупинками  $K_a$ .

Показник  $K_b$  визначає кількість пасажирів, що виходять з автобуса на конкретній зупинці. Очевидно, що  $K_b$  суттєво залежить від кількості пасажирів в автобусі  $K_a$ . Тому при розробці моделі пасажирсько-транспортної системи використовується значення, яке визначає процент пасажирів, що виходять на зупинці, до загальної кількості пасажирів в автобусі:

$$P_b = K_b / K_a \times 100\% \quad (3)$$

Декілька параметрів опису динаміки функціонування транспортних засобів визначають часові співвідношення під час руху та висадки-посадки. Загальний час перебування транспортного засобу між суміжними зупинками (від прибуття до прибуття або від відправлення до відправлення) складається з загального часу висадки-посадки на зупинці та часу руху. Очевидно, що загальний час висадки і посадки залежить від кількості пасажирів, що виходять і заходять.

Для ідентифікації моделі вводяться усереднені (по вибірках) значення часу висадки  $T_b$  та посадки  $T_p$  одного пасажирів. Як показують спостереження, ці значення нелінійно залежать від поточної кількості пасажирів в автобусі  $K_b$  і міняються в певному діапазоні. Значення  $T_b$  змінюється від 0,5 до 2,5 с (при багатодверній висадці), а значення  $T_p$  змінюється в межах 1,0–4,0 с (при односторонній посадці). При кількості пасажирів в автобусі до  $K_a=0,8 \times K_m$  середнє значення  $T_b$  та  $T_p$  практично постійне, а потім експоненціально зростає. Отримані апроксимуючі формули, що дозволяють визначити  $T_b$  та  $T_p$  для будь-якого заповнення автобуса. Нелінійність залежності  $T_b$  та  $T_p$  від  $K_b$  необхідно враховувати при розробці моделі руху транспортних засобів.

Час руху транспортних засобів між зупинками (за заданим графіком)  $T_r$  визначається так:

$$T_r = T_g - T_{bc} - T_{pc}, \quad (4)$$

де  $T_g$  – інтервал часу прибуття (відправлення) між суміжними зупинками;  $T_{bc}$  – сумарний час висадки;  $T_{pc}$  – сумарний час посадки.

На основі  $T_r$  визначається середня швидкість руху між зупинками

$$V_c = L / T_r, \quad (5)$$

де  $L$  – відстань між зупинками.

У процесі імітаційного моделювання руху транспортних засобів при заданому графіку на основі вказаних співвідношень може вестись контроль допустимих значень  $V_c$ . Особливе значення мають вказані часові величини та наведені залежності для автоматизованого складання графіка руху.

### **Взаємодія пасажиропотоків на зупинках та у транспортних засобах**

На основі описів динаміки пасажиропотоків на зупинках та у транспортних засобах отримані співвідношення, які визначають їх взаємодію.

На момент посадки кількість пасажирів, які можуть сісти в автобус  $K_t$ , буде дорівнювати

$$K_t = K_m - K_a + K_b = K_m - K_a \times (1 - P_b/100) \quad (6)$$

Кількість пасажирів, що сіли в автобус, визначається так:

$$K_c = K_4 \quad \text{при } K_t > K_4 \quad (7)$$

$$K_c = K_t \quad \text{при } K_4 > K_t \quad (8)$$

Кількість пасажирів, що залишилась на зупинці, буде дорівнювати

$$K_{40} = K_4 - K_c \quad (9)$$

Вказані співвідношення забезпечують зв'язок опису динаміки пасажиропотоків на зупинках та у транспортних засобах, що необхідно для вирішення задач планування руху транспортних засобів на маршрутах.

### **Взаємовплив транспортних засобів на динаміку пасажиропотоків**

Розташування магістральних шляхів та середньо- і густозаселених зон міста визначає напрями основних маршрутів пасажирського транспорту. Багато ділянок цих маршрутів є спільними. Об'єктивно це зумовлюється наявністю відповідних доріг, а суб'єктивно – підходами до планування маршрутів.

Розглядаючи модель для пасажиропотоків на зупинках (рис.2), можна сказати, що наявність спільних ділянок маршрутів приводить до розділення пасажиропотоків. При цьому характерні два варіанти:

1. Пасажири розділяються за маршрутами, які скеровані в різні точки міста. Для аналізу у цьому випадку необхідно збирати інформацію про пасажиропотоки як незалежні.
2. Маршрути спільні на значній довжині і мають багато спільних зупинок. Щодо перевезень пасажирів вони є конкуруючими. Вплив на розподіл пасажиропотоків для цих маршрутів є складнішим і потребує більш детального розгляду.

Результатом часткового збігу кількох маршрутів є збільшення кількості транспортних засобів на зупинці в інтервалі часу  $T_0$ - $T_4$ . Розглянута раніше модель дозволяє описувати вказану ситуацію. Однак збільшення кількості транспортних засобів за рахунок перетину кількох маршрутів суттєво відрізняється від їх збільшення лише на одному із них. Це пояснюється відсутністю взаємної синхронізації.

Транспортні засоби одного маршруту рухаються приблизно синхронно з інтервалами часу, що визначаються моментом вирушення з початкових зупинок. При перетині кількох маршрутів моменти прибуття транспортних засобів на спільні зупинки є випадковими. Це зумовлюється такими факторами: несинхронним часом вирушення з різних зупинок; дисперсією руху транспорту від зупинки до зупинки; неузгодженістю часу вирушення транспортних засобів, що належать різним організаціям, з однієї кінцевої зупинки; свідомим порушенням графіка руху деякими водіями (обгін або затягування) з метою перехоплення пасажирів.

Розглядаючи взаємовплив автобусів на відрізку  $T_0$ - $T_4$ , можна зазначити:

1. Значною мірою цей вплив визначається завантаженістю автобусів, бо це визначає кількість пасажирів, які можуть бути забрані із зупинки. При сильному завантаженні (з врахуванням вивільненого місця на момент посадки) взаємовплив транспортних засобів незначний, бо вони практично не впливають на пасажиропотоки на зупинках.
2. При малому завантаженні автобуса першим із них можуть бути забрані всі пасажири зупинки, і накопичення їх для наступного автобуса почнеться з моменту відправлення

цього автобуса. Суттєвим фактором взаємовпливу є близькість часів прибуття засобів на зупинку. При незначній різниці більшість пасажирів на зупинці (і, імовірно, на наступних) буде забрана першим автобусом.

3. При великій кількості транспортних засобів на маршруті і різній їх завантаженості частина пасажирів у випадку приходу переповненого автобуса свідомо очікує менш завантаженого. Це особливо характерно для кінцевих зупинок, де навіть у години “пік” частина пасажирів (до 10 осіб) залишається очікувати сидячі місця у наступному автобусі.

Акумуляція пасажирів на зупинках (буферизація) згладжує нерівномірності притоку та відтоку пасажирів і є своєрідним регулятором пасажиропотоків. Незначна акумуляція особливо вигідна для водіїв, бо залишок забезпечує рівномірність заповнення автобуса і зменшує вплив на нього випадкових змін швидкості притоку пасажирів. При цьому нема особливих незручностей для пасажирів, у яких є можливість вибору. При малій кількості автобусів і значній їх заповненості відтік пасажирів із зупинки не забезпечується і акумуляція виходить за межі допустимої. Це характерно для деяких проміжних зупинок при невдалому плануванні руху транспорту.

Взаємовплив транспортних засобів залежить також від виду транспорту, вартості проїзду, швидкості руху, кількості проміжних зупинок та інших факторів, що визначають їх переваги та недоліки з точки зору пасажирів.

Наведені моделі є основою для аналізу та імітаційного моделювання динаміки функціонування ПТС м.Львова. Розроблені програмні засоби САПР ПП дозволяють отримати розподіли швидкості притоку пасажирів на всіх зупинках маршруту протягом дня, змоделювати процес руху та заповнення автобусів, скласти оптимальні графіки руху. Розроблений спеціалізований електронний пристрій (рис.4), який безперервно надає водію на маршруті інформацію про дотримання ним графіка руху, а також забезпечує фіксацію і контроль за рухом транспорту відповідно до оптимальних графіків.

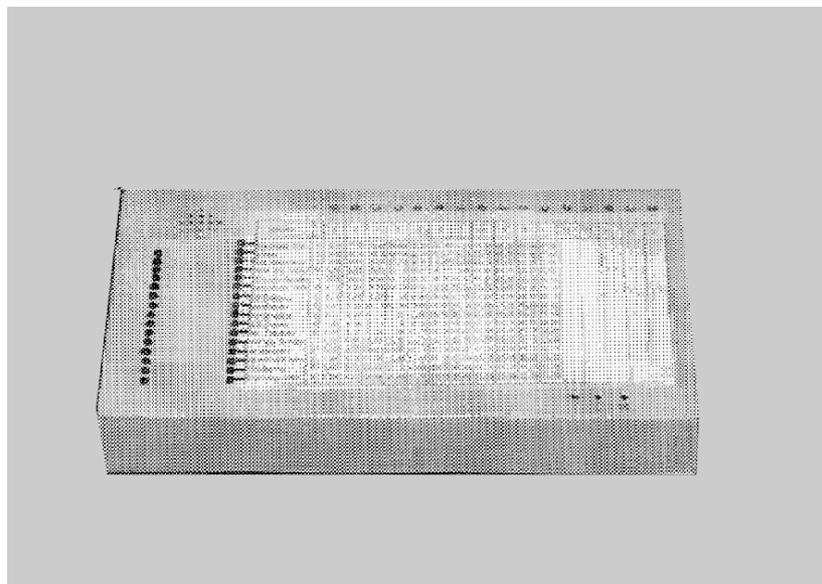


Рис.4. Пристрій для забезпечення дотримання графіка руху на маршруті

Для практичної реалізації результатів автоматизованого проектування пасажирських перевезень і забезпечення ефективної діяльності автопідприємств розроблена і впроваджена автоматизована інформаційно-керуюча система (АІКС АТП) і, зокрема, її підсистема організації перевезень, структура якої наведена на рис.5.

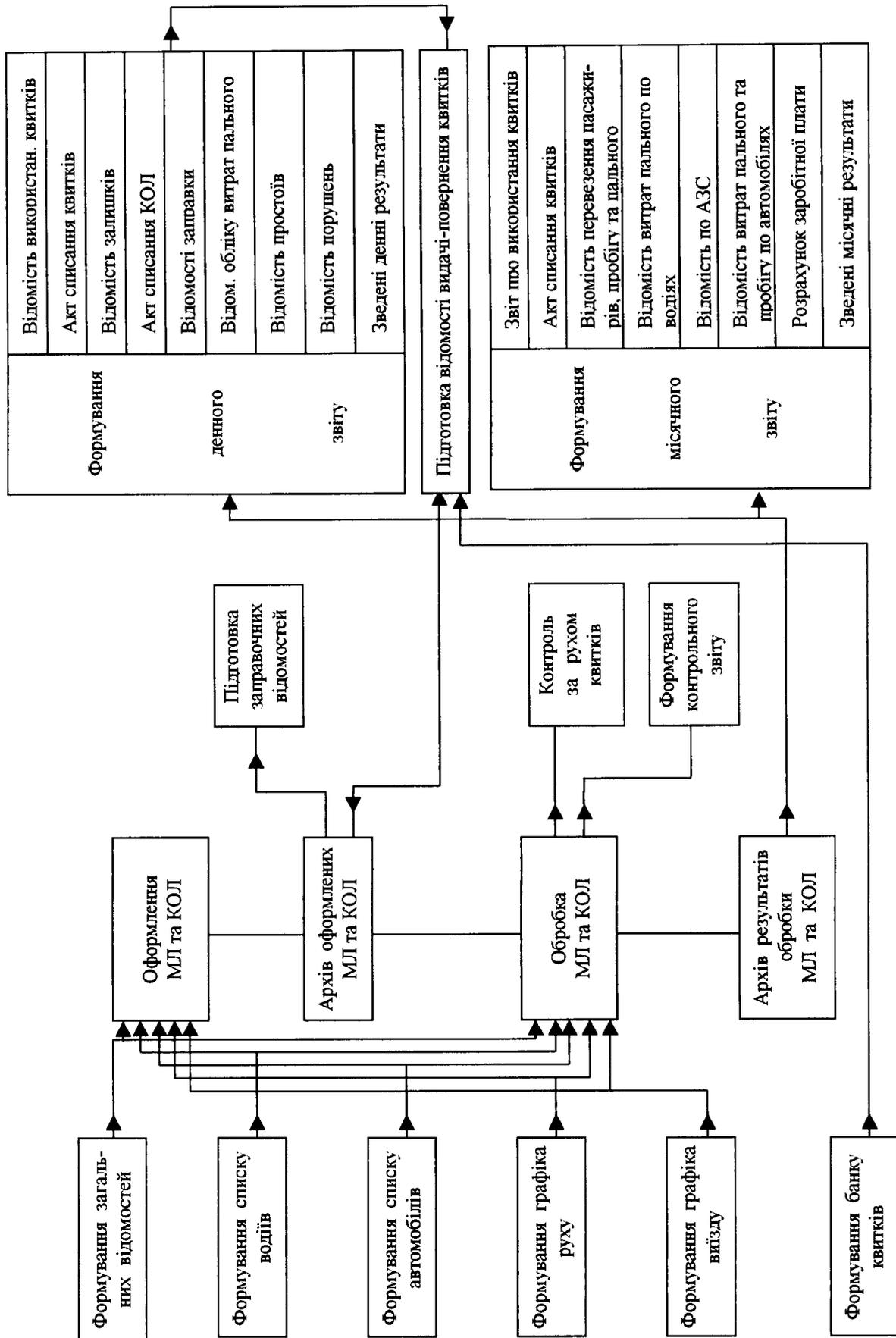


Рис.5. Структура підсистеми організації перевезень в АІКС АТП

Під час виконання теоретичних та експериментальних робіт було досліджено маршрути для низки транспортних підприємств з використанням методів, засобів та методології САПР ПП, апробована розроблена методика експресного збору та обробки статистичної інформації, що характеризує ПТС, проаналізовано функціонування пасажирсько-транспортної системи м. Львова, запропоновані основні напрями та конкретні заходи для підвищення ефективності пасажирських перевезень.

УДК 681.3

**Мазур В.В., Каркульовський В.І.**  
НУ “Львівська політехніка”, кафедра САПР

## **ОСОБЛИВОСТІ АВТОМАТИЗОВАНОГО ПРОЕКТУВАННЯ ОРГАНІЗАЦІЙНО-ТЕХНІЧНИХ СИСТЕМ**

© Мазур В.В., Каркульовський В.І., 2000

**Розглядається специфічний клас складних об'єктів для автоматизованого проектування. Наведені характерні особливості організаційно-технічних систем.**

Сьогодні основним об'єктом автоматизованого проектування є технічні та технологічні системи. Для автоматизованого проектування таких систем були розроблені методи, моделі, алгоритми, методики, а також створені відповідні програмно-технічні засоби та системи автоматизованого проектування. Сучасні САПР успішно забезпечують комплексне вирішення задач проектування деяких складних технічних систем (наприклад радіо- та мікроелектронних), на різних рівнях їх модельного подання (системному, схемотехнічному, конструкторському, технологічному). Однак, більшість сучасних складних систем є організаційно-технічними. Тому при впровадженні і, особливо, при експлуатації розроблених технічних та технологічних систем часто виникають технічні та організаційні проблеми, які недостатньо вивчалися та аналізувалися на стадіях та етапах автоматизованого проектування. Серед причин, що породжують ці проблеми, слід назвати такі:

- недосконалість структури та значень параметрів системи загалом;
- недосконалість технічних складових системи;
- недосконалість організаційних складових системи;
- недостатньо враховані особливості "людського фактора";
- слабо досліджені і враховані особливості функціонування таких систем в екстремальних умовах, нетипових режимах роботи, непередбачених змінах параметрів системи чи зовнішнього середовища;
- при проектуванні не були враховані вплив та наслідки (іноді катастрофічні) штатних та нештатних режимів роботи системи на довкілля;
- не врахована можливість цілеспрямованих дій, скерованих на порушення нормального функціонування системи для виведення її з ладу або створення загрози для довкілля;
- не врахована можливість санкціонованого чи несанкціонованого переведення системи в режими, небезпечні для неї самої або навколишнього середовища (системи подвійного призначення);