

## ВСТУП

Однією з найбільш важливих завдань транспортної системи України є забезпечення максимальної ефективності функціонування транспортно-дорожнього комплексу країни шляхом підвищення якості задоволення потреб економіки і населення в безпечних і ефективних транспортних послугах. Реалізація завдання забезпечення необхідної мобільності населення можлива за рахунок двох взаємно доповнюємих напрямків діяльності: будівництво нових ділянок доріг і впровадження технологій організаційного управління транспортною системою з використанням сучасних інформаційно-телекомунікаційних і телематичних технологій.

З огляду на накопичений в країні досвід будівництва різних інформаційних систем на транспорті, вирішальних обмеженими технологічними завданнями, на сьогоднішній день назріла необхідність формування єдиної державної стратегії, визначені правила розвитку сфери державного контролю, технічного регулювання і розвитку ринку даних технологій як частин єдиного програмного комплексу, що об'єднує діяльність широкого переліку федеральних органів виконавчої влади, а також органів виконавчої влади суб'єктів федерації.

Існуючі і розробляючі локальні або технологічно обмежені відомчі системи інформаційного супроводження і контролю діяльності сегментів транспортно-дорожнього комплексу забезпечують в ряді випадків ефективне рішення вузького переліку завдань. При цьому відсутність єдиних державних стандартів розвитку аналогічних систем обмежує можливість їх інтеграції з метою створення єдиної керуючої платформи, в якій принципи управління виходять на новий якісний рівень - прогнозного управління, тобто управління передбачуваної ситуації за всіма показниками діяльності транспортно-дорожнього комплексу.

Така сукупна система, яка об'єднує в єдиний технічний і технологічний комплекс підсистеми організації дорожнього руху, забезпечення безпеки дорожнього руху, а також надання інформаційного сервісу для учасників дорожнього руху і потенційних суб'єктів транспортного процесу, сьогодні отримала назву - «Інтелектуальна Транспортна Система» (ІТС).

Оперативним завданням ІТС є здійснення і підтримка можливості автоматизованої і автоматичної взаємодії всіх транспортних суб'єктів в реальному масштабі часу на адаптивних принципах.

Ключовим в побудові ІТС є комплекс дорожньо транспортної, транспортно-технологічної, транспортно-сервісної та інформаційної інфраструктури. Фактично цей комплекс представляється як сукупність підсистем, в якій передбачена функція диспетчерського, оперативного і ситуаційного координування взаємодії залучених служб, відомств та інших суб'єктів.

Для організації такої взаємодії необхідно створювати регіональні диспетчерські центри.

Побудова ІТС неможлива без розробки і реалізації проектних рішень щодо формування середовища (комплексу) зв'язку, враховуючи всі види взаємодії зв'язку, від провідних (високошвидкісні оптоволоконні мережі), до бездротових (стандарти зв'язку, доступні від операторів стільникового зв'язку; радіо- і транкінговий зв'язок, Інтернет).

Прийняття рішень з проектування, будівництва та розширення ІТС має спиратися на наукові принципи визначення та моніторингу індикаторів ефективності підсистем ІТС в системі інтересів регіону (за параметрами функціонування транспортної системи), а також споживачів інформаційних та інших послуг, надаються опосередковано через ІТС. Одночасно, дані ІТС можуть використовуватися для обґрунтування витрат з обслуговування, реконструкції доріг, а також з метою обґрунтування доцільності та параметрів будівництва нових ділянок доріг.

Нижче в таблиці наведено європейський досвід створення ІТС.

У світовій практиці ІТС визнані як загальнотранспортна ідеологія інтеграції досягнень телематики в усі види транспортної діяльності для вирішення проблем економічного і соціального характеру - скорочення аварійності, підвищення ефективності громадського транспорту та вантажоперевезень, забезпечення загальної транспортної безпеки, поліпшення екологічних показників.

## Європейський досвід створення ІТС

| № п/п | Організація/ програма                                                 | Опис                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
|-------|-----------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1     | ERTICO                                                                | Європейська асоціація учасників ринку ІТС, яка об'єднує провідних виробників, зацікавлених в розвитку ринку ІТС, громадські організації, міністерства і відомства, інфраструктурних операторів зв'язку, користувачів.<br>ERTICO - некомерційна організація, створена за участю Єврокомісії та Міністерств транспорту країн-учасниць ЄС.<br>Мета створення ERTICO - реалізація на внутрішньому і зовнішніх ринках політичних рішень для розвитку ІТС |
| 2     | E-Call<br>(Emergency Call)                                            | Система екстреного реагування при ДТП.<br>З 2010р. в країнах ЄС обов'язково оснащення всіх автомобілів телематичними блоками з тривожною кнопкою                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| 3     | ADASIS<br>(Advanced Driver Assistant Systems Interface Specification) | Використання точних картографічних даних в засобах навігації для отримання водієм прогнозу ситуації на дорозі                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| 4     | AIDE<br>(Adaptive Integrated Driver-Vehicle Interface)                | Використання спеціального електронного обладнання і програмного забезпечення, дозволяючого концентрувати увагу водія в момент обгону і відключення функцій приладів в салоні автомобіля, що відволікають увагу під час здійснення складного маневру                                                                                                                                                                                                 |
| 5     | ERTRAC<br>(The European Road Transport Research Advisory Council)     | Програма координації взаємодії Європейських дослідних інститутів в дорожньому і транспортному комплексі з метою структурування і оптимізації науково-дослідних робіт в інтересах країн Євросоюзу                                                                                                                                                                                                                                                    |
| 6     | FeedMAP                                                               | Забезпечення постійного оновлення електронних карт для навігації                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| 7     | GST<br>(Global System for Telematics)                                 | Створення технологічної платформи для розвитку співробітництва, необхідного для розвитку масового ринку телематичних послуг, що забезпечують збір, передачу обробку інформації для користувачів - учасників дорожнього руху, швидкої допомоги і служб порятунку                                                                                                                                                                                     |
| 8     | eSafety Forum                                                         | Європейська програма з масового впровадження систем активної і пасивної безпеки,                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |

| № п/п | Організація/ програма                                                                                                          | Опис                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
|-------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|       |                                                                                                                                | що включає в себе роботи по проекту eCall («екстрений виклик»), створення електронних карт для використання екстреними службами, вивчення ефективності різних каналів передачі інформації від автомобіля в диспетчерський центр оператора, співпраця з учасниками американського, японського та інших ринків телематичних послуг, з метою вироблення пріоритетних завдань і міжнародних стандартів з надання екстреної допомоги постраждалим в аварії на дорогах, гармонізація технічних рішень по передачі інформації від автомобіля до автомобіля або від автомобіля до дорожньої інфраструктури, організація інформування учасників дорожнього руху в режимі реального часу про ситуацію на дорогах через спеціальний радіоканал |
| 9     | euroFOT (European Large-Scale Field Operational Tests on In-Vehicle Systems), FOT-NET (Networking for Field Operational Tests) | Програми з тестування та оцінки прикладних ІТС-рішень                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| 10    | HeavyRoute                                                                                                                     | Програма підтримки швидких і безпечних вантажних перевезень                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| 11    | IP PReVENT                                                                                                                     | Програма впровадження спеціальних електронних пристроїв (ADAS - Advanced Driver Assistance Systems), що дозволяють водієві заздалегідь отримувати превентивну інформацію про можливі небезпеки і уникати аварійних ситуацій                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| 12    | MAPS&ADAS (IP PReVENT)                                                                                                         | Використання електронних карт для підвищення безпеки на дорогах                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| 13    | SAFESPOT                                                                                                                       | Програма підтримки появи великої кількості «розумних» машин на «розумних» дорогах                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| 14    | SpeedAlert Forum                                                                                                               | Інформування водіїв про дотримання встановленого швидкісного режиму                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| 15    | CVIS (Cooperative vehicle-infrastructure systems)                                                                              | Програма взаємодії автомобілів і дорожньої інфраструктури                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| 16    | EuroRoadS                                                                                                                      | Програма по створенню бази даних про європейську дорожню інфраструктуру                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| 17    | ESP21 (European Security Partnership for the 21st Century)                                                                     | Програма формування комплексного підходу для забезпечення справедливого, правового, вільного і безпечного життя в Європі                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| 18    | AGILE (Application of Galileo in the Location-Based Service Environ-                                                           | Програми забезпечення комерційного використання супутникової системи Galileo                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |

| № п/п | Організація/ програма                                                                                                  | Опис                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
|-------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|       | ment) SISTER (Promoting the integration of satellite and terrestrial communication with GALILEO for road transport)    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| 19    | ENITE (European Network on ITS Training & Education)                                                                   | Програма підготовки спеціалістів по інтелектуальним транспортним системам                                                                                                                                                                                                                                                   |
| 20    | FRAME Forum                                                                                                            | Програма побудови архітектури для Європейської інтелектуальної транспортної системи                                                                                                                                                                                                                                         |
| 21    | RCI (Road Charging Interoperability)                                                                                   | Програма розвитку платних доріг                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| 22    | Road Traffic Information Group                                                                                         | Програма розвитку інформаційного супроводження учасників дорожнього руху                                                                                                                                                                                                                                                    |
| 23    | TMC Forum (Traffic Message Channel)                                                                                    | Програма інформування учасників дорожнього руху про реальну дорожню обстановку за спеціальним виділеним радіоканалом                                                                                                                                                                                                        |
| 24    | Network of National ITS Associations                                                                                   | Програма з розвитку міжнародної мережі Асоціацій Інтелектуальних транспортних систем                                                                                                                                                                                                                                        |
| 25    | MODIBEC (Building Cooperation on digital broadcasting convergence with mobile communications between Europe and China) | Співпраця країн ЄС і Китаю в області технологій цифрової передачі даних                                                                                                                                                                                                                                                     |
| 26    | CONNECT, SIMBA                                                                                                         | Національні та міжнародні програми з розвитку ринку інтелектуальних транспортних систем. Включають в себе програми в Країнах Центральної та Східної Європи, Бразилії, Індії, Китаї, ПАР, а з 2008 р - в Росії. Національним координатором проекту SIMBA в Росії є Професійна Асоціація протидії угонам транспортних засобів |

Як мають найбільший вплив у сфері технічного регулювання ІТС, слід виділити три світові системи стандартизації:

- ISO - міжнародна організація по стандартизації (ISO - International Organization of Standardization), де сфера ІТС регулюється технічним комітетом 204 (Technical Committee 204 - Intelligent Transport Systems);
- CEN - Європейського комітету зі стандартизації (CEN - European Committee for Standardization), де сфера ІТС регулюється

технічним комітетом 278 (Technical Committee 278 - Road Transport and Traffic Telematics);

- ITS Standards of Japan - японська система стандартизації.

Створені в цих організаціях робочі групи спеціалізуються за напрямками: Архітектура; Системи повернення викрадених транспортних засобів; Громадський транспорт; Управління стоянками і парковками; Громадський ближній зв'язок; Інтерфейс людина / машина; Автоматична ідентифікація транспортних засобів; Широкосмуговий зв'язок / протоколи і інтерфейси; Системи управління вантажним транспортом і рухомим складом та ін.

До теперішнього часу основна частина процесів, функцій, інтерфейсів, протоколів обміну даними, вимог до обладнання та іншим аспектам ІТС в загальному плані вже стандартизована на міжнародному рівні, а в розвинених країнах - і на національному рівні.

На поточний момент в Україні ІТС як така не регламентується жодним державним стандартом. Відсутні стандарти, що регулюють відносини в галузі інформації, комунікацій і систем управління наземними транспортними засобами в місті і в сільській місцевості, включаючи організацію дорожнього руху, громадський транспорт, комерційний транспорт, аварійні служби і комерційні послуги в області ІТС.

Механізми реалізації ІТС відрізняються в різних країнах, однак ключові компоненти однакові. При наявності апробованої в світі загальної концепції розвитку ІТС, всі країни мають свої національні концепції та пріоритетні програми розгортання ІТС, що зафіксовано в тому чи іншому державному документі.

# 1. СТРУКТУРА ІТС І ЇЇ ОПИС

## 1.1. Терміни і визначення

У даній книзі використовується ряд спеціальних термінів, визначення яких в РФ на поточний момент часу ще не зовсім однозначно трактуються. У зв'язку з цим існує необхідність дати визначення за основними термінами предметної області ІТС (табл. 1.1).

Таблица 1.1

Терміни і визначення в ІТС

| Термін                                   | Визначення                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | Роз'яснення                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
|------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Інтелектуальна транспортна система – ІТС | Система, інтегруюча сучасні інформаційні, комунікаційні і телематичні технології, технології управління та призначена для автоматизованого пошуку та прийняття до реалізації максимально ефективних сценаріїв управління транспортною системою регіону (міста, дороги), конкретним транспортним засобом або групою транспортних засобів, з метою забезпечення заданої мобільності населення, максимізації показників використання дорожньої мережі, підвищення безпеки та ефективності транспортного процесу, комфортності для водіїв і користувачів транспорту | Функція інтелектуальності ІТС забезпечується за рахунок:<br>- максимально можливої автоматизації процесів управління транспортно-дорожнім комплексом;<br>- вироблення прогностичних управляючих рішень на основі сучасних математичних рішень і високо ефективних апаратно-програмних реалізацій.<br>На технічному рівні ІТС має розподілену елементну архітектуру: на транспортних засобах, в інфраструктурі. |
| Підсистема ІТС                           | Закінчений в рамках одного прикладного завдання комплекс технологічних рішень, що реалізується на основі застосування технічних засобів телематики                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | Підсистема ІТС повинна включати комплекс отримання цільових даних (на основі власної системи моніторингу, або від суміжної підсистеми), апаратно-програмний комплекс аналізу і прийняття рішень відповідно до функціонального завдання підсистеми, а також може включати складний і широко розподілений комплекс периферійних пристроїв                                                                        |

| Термін                        | Визначення                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | Роз'яснення                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
|-------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Інфраструктура ІТС            | Комплекс технічних засобів, периферійних пристроїв і каналів зв'язку, що виконують функції в ІТС і не розташованих на транспортних засобах                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | <p>До інфраструктури ІТС слід відносити:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- дорожній комплекс всіх підсистем, в тому числі: технічні засоби моніторингу, аналізу та прийняття рішення відповідно з функціональними завданнями підсистем, засоби реалізації управляючих рішень;</li> <li>- ситуаційні, диспетчерські та оперативні центри</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                              |
| Бортові засоби ІТС            | Комплекс апаратно-програмних засобів, штатно або додатково встановлюються на транспортні засоби, і забезпечують вирішення завдань інформаційної взаємодії транспортного засобу з інфраструктурою ІТС, або з іншими транспортними засобами в рамках функціональних завдань різних підсистем ІТС, з метою реалізації функцій моніторингу, управління та оптимізації руху, стану транспортного засобу, водія і вантажів, а також забезпечення інформаційної підтримки дій водія | <p>Бортові ІТС реалізують наступні функції:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- надають водію допомогу в передбаченні дорожньої обстановки,</li> <li>- спонукають його до дій щодо запобігання небезпечної ситуації,</li> <li>- знижують стомлюваність водія, приймаючи частину навантаження з управління автомобілем на себе;</li> <li>- автоматично беруть управління на себе, якщо водій самостійно не зміг виконати необхідні дії щодо запобігання ДТП, або знижуючи важкість його наслідків;</li> <li>– дозволяють ідентифікувати транспортний засіб і характеристики його роботи</li> </ul> |
| Зовнішні інформаційні системи | Інформаційні системи різних видів транспорту, в рамках яких передбачено оперативна і інша взаємодія на основі поєднаної диспетчеризації, а також інформаційні системи різних міністерств і відомств, в яких передбачений функціональний зв'язок з ІТС в рамках завдання оперативної взаємодії                                                                                                                                                                                |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |

## 1.2. Архітектура ІТС

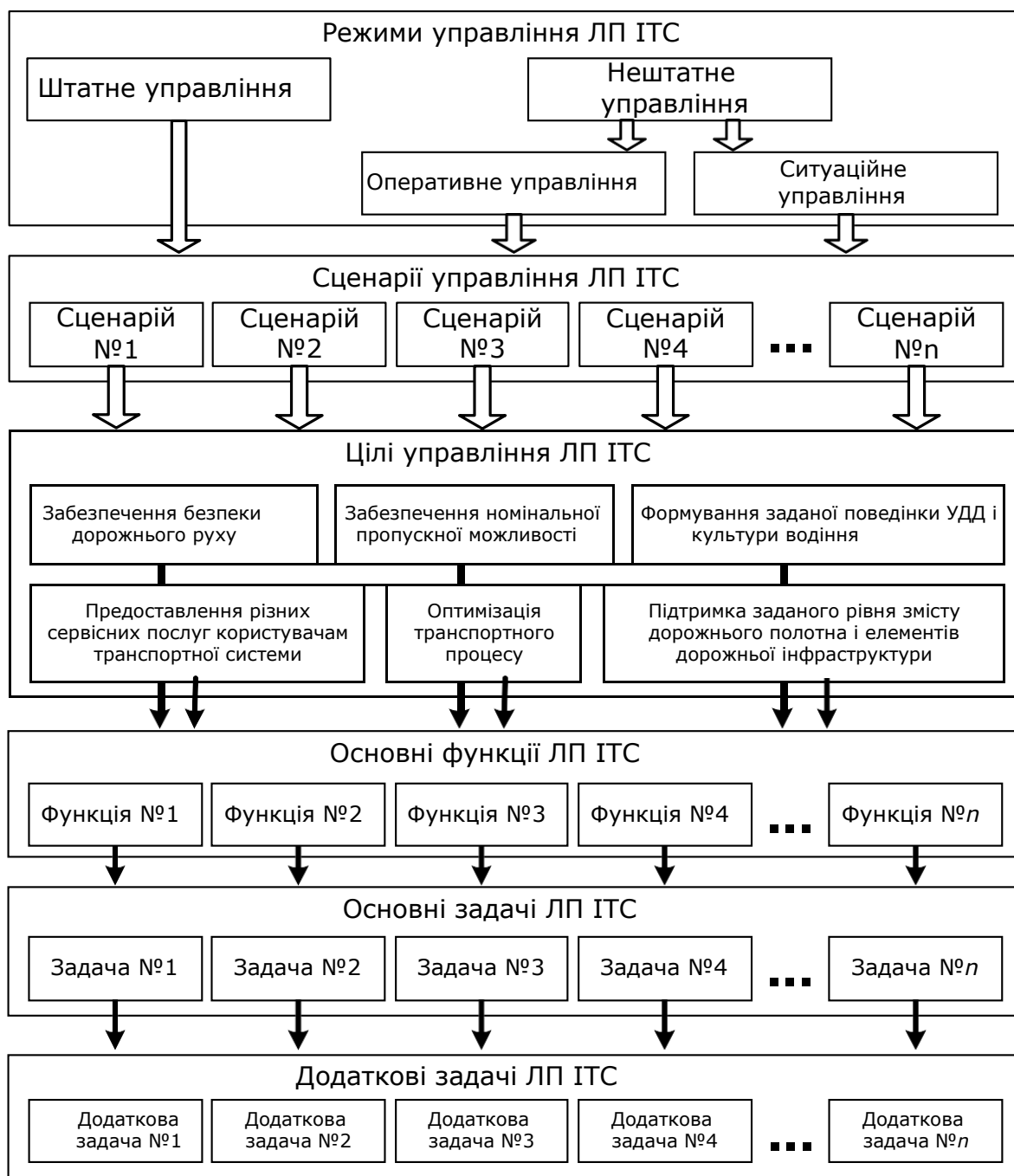
Формування прикладної архітектури ІТС - це процес одержання в режимі проектування системи на підставі вимог замовника (з урахуванням думок споживачів, транспортної політики, рівня взаємодії оперативних служб органів виконавчої влади та т.д.) формалізованого комплексного уявлення про функціональну та технічну структуру, зональних параметрах і рівнях сумісності транспортно-телематичних систем (підсистем ІТС), взаємодія яких з максимальною ефективністю забезпечує необхідну мобільність населення і використання дорожньої мережі при заданому рівні транспортної та екологічної безпеки.

У книзі представлено опис досвіду формування архітектурних прикладних ІТС та окремих підсистем в Європі, США і Японії. У понятті прикладної архітектури включається комплекс підсистем, що визначаються в процесі проектування локальної ІТС.

Функціональна архітектура ІТС (рис. 1.1) визначає функції окремих елементів, модулів і підсистем, включаючи зв'язку між ними. Вона виробляється з урахуванням сервісної специфіки ІТС, тобто враховує попит споживачів в різних підсистемах. Окремі підсистеми функціональної архітектури містять ряд процесів, з яких складаються так звані телематичні додатки (телематичні елементи).

Складовою частиною завдань функціональної архітектури ІТС являється інформаційна архітектура системи, яка дає точний опис інформаційних процесів у всіх підсистемах і телематичних додатках, включаючи вимоги до вхідних і вихідних потоків інформації. Інформаційна архітектура може відрізнятися в різних підсистемах ІТС.

Функціональна архітектура визначає модульну структуру ІТС, в якій прописуються цільові напрямлення розгортання ІТС (безпека, організація дорожнього руху, моніторинг на дорозі і в транспортному засобі), а так само цільові групи завдань, навколо яких формуються комплекси підсистем ІТС (підсистеми ІТС в транспортних засобах, в дорожній інфраструктурі, інтегрована підсистеми). Також до рівня модулів віднесено визначення об'єктів ІТС (за призначенням транспорту: комерційні і індивідуальні, а також за функціональним охопленням - підсистеми ІТС в дорожньому господарстві).



Мал. 1.1. Функціональна архітектура ІТС

Структура об'єктів ІТС в значній мірі визначає комплекс груп підсистем, які відповідно до світового досвіду частиною комплексних проектів ІТС. До груп підсистем відносяться підсистеми диспетчерського управління всіма категоріями транспорту, що виконує комерційні та цільові перевезення, підсистеми керування транспортними потоками, підсистеми інформаційного сервісу, а також групи підсистем дорожнього господарства, в тому числі по контролю транспортної ситуації і за станом дороги.

Дані групи підсистем найбільш часто є предметом цільового замовлення на проектування і можуть існувати як інтегровано в складі ІТС, так і самотійно. Ці групи характеризуються регіональним (муніципальним) рівнем контролю.

У деяких випадках структурний опис груп підсистем вимагає більш докладного опису тих технологій, із яких ці групи складаються. Зокрема, група підсистем управління транспортними потоками включає дві комплексні технології, розділяючі директивні і непрямі принципи управління. Такі комплекси також можуть бути предметом замовлення на самотійне проектування на муніципальному і відомчому рівнях.

Всі підсистеми ІТС формуються за рахунок набору опорних технологій, зміст і параметри яких визначаються на стадії проектування підсистеми або ІТС в цілому, якщо проектування окремої опорної технології не було самотійним пунктом вимог на проектування регіональної ІТС.

Технічне виконання опорних технологій пов'язано з розвитком телематичних елементів дорожньої інфраструктури і транспортних засобів, а також з освоєнням (створенням) стандартів зв'язкової і комунікаційної взаємодії всіх суб'єктів і об'єктів ІТС. У комплексі технічні елементи формують поняття про фізичну архітектуру ІТС.

За допомогою стандартизації телематичних елементів і стандартів передачі інформації формуються вимоги до параметрів обороту інформації як всередині ІТС за технологічними задачами підсистем, так і за зовнішніми інформаційними системами, в тому числі з інформаційними системами інших видів транспорту, оперативних служб органів виконавчої влади, що мають компетенції і функції користувачів в сфері ІТС, а також в інформаційні системи рівня контролюючої надбудови (регіональної, міністерської, федеральної) відповідно до формалізованих вимог до даної функції інформаційного обміну.

Інша форма класифікації функцій ІТС описується ієрархічною структурою і процесами підсистем ІТС.

**Процеси.** Підсистеми ІТС включають в себе кілька процесів. Кожен процес характеризується як конкретними функціями, так і параметрами, які висувають вимоги до вхідних і вихідної інформації, а також до способу обробки інформації. До вимог вхідної інформації окремих процесів відносяться, крім іншого, і частоти вхідної інформації,

визначення інтерфейсів вхідної інформації, вимоги до передачі вхідної

інформації від датчиків і т.д. До вимог обробки інформації в рамках процесу відносяться, зокрема, захищеність і надійність даних в процесах обробки, властивості використовуваних алгоритмів і т.д.

Для надійного функціонування телематичних додатків слід забезпечити синхронізацію між окремими процесами. Ця синхронізація може бути кодова, щоб обмін інформацією відбувався за узгодженими протоколами, тимчасова для створення масиву інформації до єдиної шкали часу, і просторова, яка вимагає, щоб інформація була віднесена до єдиної загальної точки простору (наприклад, до місця розташування транспортних засобів або товару при мультимодальних перевезеннях).

Опорні технології ІТС використовують виходи окремих власних процесів, які синхронізовані в часі, за кодом і в просторі. До опорних технологій ІТС відносяться, наприклад, підтримка транспортного планування, інформація водіїв легкових автомобілів, електронний збір оплати за проїзд на автомагістралях, управління громадським транспортом, управління перевезеннями вантажними транспортними засобами тощо (Рис. 1.2).

**Ієрархічна структура ІТС.** Окремі опорні технології ІТС розташовуються в декількох шарах ІТС. Ієрархічна структура ІТС є основною передумовою оптимальної архітектури з точки зору просторової і цінової оптимізації. Тому, слід шукати єдину модель ієрархічної структури, яка буде враховувати різні вимоги до захищеності, надійності та доступності збору, передачі та обробки інформації.

На малюнку 1.2 показана основна схема ієрархічної структури ІТС. Перший шар являє собою найнижчий рівень системи, яка утворена як детекторами, так і виконавчими елементами і в ньому проводиться збір даних, так і дії з управління. Другий шар характеризує оперативне управління невеликими ділянками транспортних мереж, окремих терміналів або транспортних засобів.

Третій шар характеризує всю транспортну мережу великих ділянок і, в більшості випадків, мова йде про обробленні, уніфікації і витяганні інформації з підсистем другого шару. Четвертий шар відображає державну транспортну політику і її необхідних частини, як наприклад, створення фонду розвитку транспорту, фінансування транспортної інфраструктури, навантаження транспортної інфраструктури, оцінка втрат від пригод, статична обробка даних і т.д



*Мал. 1.2. Ієрархічна структура інформаційної архітектури транспортної телематичної системи*

Телематичні елементи можна розглядати як джерело інформації для визначення цих параметрів. П'ятий шар складає європейський (світовий) рівень та транспортну політику країн - членів Європейського Союзу (або глобальну транспортну політику).

Кожен шар, природно, можна розділити на споживачів (перевізник, пасажир, водій і т.д.) і інфраструктуру. Ієрархічна структура ІТС однакова як для споживачів, так і для інфраструктури.

Комунікаційне середовище між першим і другим шарами пред'являє найжорсткіші вимоги до захисту, надійності і доступності передачі інформації. Одночасно дане середовище має відповідати й іншим вимогам, які, в більшості випадків, ведуть створення власного комунікаційного середовища. У першому комунікаційному шарі передається найбільша кількість даних.

По мірі просування в верхні шари зменшуються обсяги передавальних даних і знижуються вимоги до параметрів передачі. Для більш високих комунікаційних шарів, в основному, можна використовувати послуги існуючих телекомунікаційних організацій.

При описі окремих шарів ІТС слід підкреслити, що максимально підтримується комунікація між кожним шаром і мінімально - комунікація між сусідніми шарами.

Перший шар ІТС характеризується збором статичних і динамічних даних про транспортно-експлуатаційні якості шляху,

транспортних засобах та транспортних терміналах. Характерним для цього шару, крім збору даних, є здійснення управління за допомогою виконавчих елементів. На автомобільному транспорті йдеться, зокрема, про наступні додатки:

- збір даних про транспортно-експлуатаційний стан автомобільної дороги (інтенсивність і склад руху, щільність і швидкість руху, метеорологічні дані і т.д.);
- збір даних про транспортні засоби (стеження за небезпечним вантажем, моніторинг викрадених автомобілів, автоматичне оповіщення про дорожньо-транспортні пригоди і т.д.);
- збір даних про транспортні термінали (зайнятість парковок, стан логістичних центрів і т.д.);
- стан і зміна виконавчих елементів (зміна стану керованих дорожніх знаків, зміна стану світлофорів і т.д.).

Другий шар ІТС включає, головним чином, велику кількість регіональних систем управління, які здійснюють незалежне управління на невеликих ділянках транспортних систем. В області автомобільного транспорту до цієї верстви відносяться, впершу чергу, центри управління роботи транспорту міст, центри управління тунелями, центри управління рухом через державні кордони, системи управління окремими ділянками автомагістралей і т.д. Завжди мова йде про точно певної про- ласті, яка в більшості випадків характеризується єдиним під- ходом до управління.

В області громадського транспорту йдеться, в основному, про системи управління рухом автобусів і трамваїв, про системи управління метро і т.д.

Третій шар ІТС об'єднує системи управління другого шару і включає центри управління великими транспортними системами. В області автомобільного транспорту йдеться, в більшості випадків, про центри управління рухом міст, системи управління рухом на мережі автомагістралей, системи управління тунелями і т.д.

У громадському транспорті в більшості випадків мова йде про центри управління роботою міського пасажирського транспорту.

Четвертий шар ІТС є найвищою ланкою окремих видів транспорту на національному та регіональному рівнях і служить для

впровадження транспортної політики та міждержавної взаємодії, наприклад, електронні цифрові карти автомобільних доріг, масиви інформації для користувачів доріг, системи поширення інформації та їх міжнародної передачі. Можна сказати, що цей шар інтегрує політичне, соціальне і економічне планування транспорту всіх зацікавлених суб'єктів. Він відрізняється впершу чергу збором статистичних даних про транспортні системи і служить для оцінки основних параметрів функціонування транспорту на відповідному рівні. Результатом оцінки якісних характеристик роботи транспортної системи на національному рівні і визначення розміру фінансування окремих видів громадського транспорту з державного бюджету. Даний шар є частиною інформаційної системи країни, і дані, які він надає, повинні використовуватися іншими державними інститутами.

П'ятий шар ІТС повинен бути ланкою регіональної (європейських, глобальної) транспортної політики і служити для її активної підтримки. На підставі збору даних з окремих регіонів повинні вирішуватися питання капітальних вкладень в транспорт на рівні ЄС (або глобальному рівні).

Фізична і комунікаційна архітектура визначає вимоги, що пред'являються до програмного забезпечення та апаратних засобів інформаційних і телекомунікаційних технологій, включаючи їх просторову локалізацію (рис. 1.3). У відповідно до встановленої функціональної і інформаційної архітектури слід визначити конкретні фізичні рішення телематичних елементів і програмне забезпечення ІТС. Критерієм для прийняття рішень є функціональність, безпека, надійність і не в останню чергу загальні витрати, пов'язані з придбанням і експлуатацією системи.

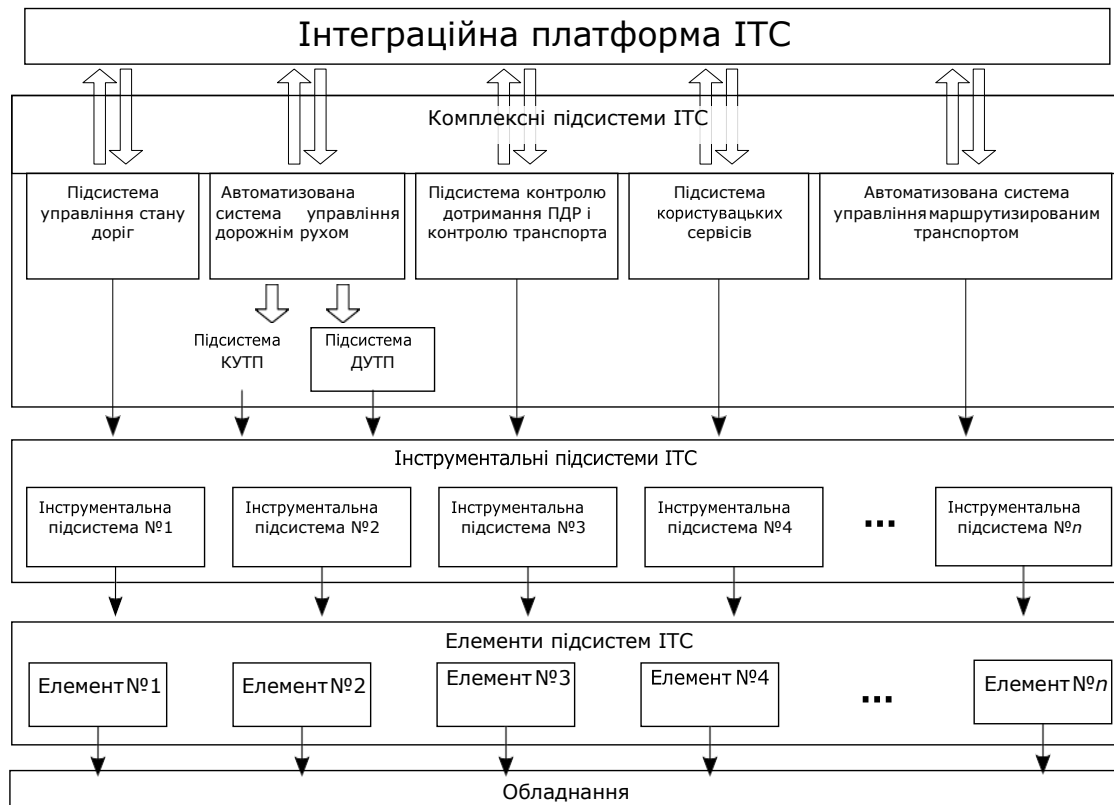


Рис. 1.3. Фізична архітектура ІТС

Фізична архітектура першого рівня обумовлена вибором датчиків і виконавчих елементів (рис. 1.4). Між першим і другим рівнем здійснюється передача найважливіших даних, яка в більшості випадків тісно пов'язана з безпекою дорожнього руху та управлінням транспортними потоками. Передача між першим і другим рівнями зазвичай забезпечується за допомогою власного спеціального телекомунікаційного середовища, яке повинно гарантувати задоволення вимог до захищеності, доступності та надійності передачі інформації.

| Найменування датчиків і виконавчих елементів | Зображення                                                                            |
|----------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
| Детектори транспортних потоків               |    |
| Автоматичні дорожні метеостанції             |    |
| Інформаційне табло                           |    |
| Знаки змінної інформації                     |    |
| Телекамери поворотні                         |    |
| Телекамери стаціонарні                       |    |
| Тривожна кнопка                              |    |
| Дорожні світлофорні контролери               |   |
| Пункти детекції швидкісних режимів           |  |

Мал. 1.4. Приклади датчиків і виконавчих елементів

Другий рівень обробляє дані і здійснює зональне управління. Він утворюється в основному обчислювальною технікою, склад якої визначається відповідно до вимог до оброблюваної інформації. Телекомунікація між другим і третім рівнями реалізується відповідно до вимог конкретних процесів.

Ці вимоги дуже різноманітні. Зазвичай передбачається, що приблизно половина інформації передається без вимог до надійності, доступності та захищеності, в той час як передача другої половини повинна гарантувати задоволення цих вимог.

Третій рівень визначений інформаційними технологіями управління та логістики найбільших транспортних областей. Вибір програмного забезпечення та апаратних засобів здійснюється виходячи з вимог окремих процесів.

Телекомунікаційне середовище між третім, четвертим і п'ятим рівнями в переважній більшості випадків утворюється звичайним середовищем одного з існуючих операторів постійних мереж. Передача в транзитному шарі телекомунікаційних мереж відрізняється особливо високим ступенем доступності і взагалі високою якістю

середовища.

Однак необхідно забезпечити захист системи від зловживання, зберігаючої і переданої інформації.

Наочним прикладом є фізична архітектура ІТС США (US Department of Transport), яка розділяє транспортну телематику на дві основні підсистеми:

- робота на транспортному шляху (пасажир, транспортний засіб);
- керування транспортними процесами (центри управління роботи транспорту, управління на дорозі).

Дані підсистеми далі поділяються на модулі та програми. Така архітектура була створена в США тільки для автомобільного транспорту. В ідеології ІТС США постулюється, що якщо автомобільний транспорт є складовою частиною інтермодального і мультимодального транспорту, то слід розширити кількість підсистем ІТС.

### **1.3. Сучасний рівень розвитку ІТС регіонів, міст**

#### ***Основні завдання ІТС регіонального (міського) рівня.***

ІТС в містах використовуються в основному в двох напрямках - підвищення пропускної спроможності транспортної мережі та підвищення безпеки учасників дорожнього руху. Для транспортних засобів управління, які управляють конкретними транспортними вузлами або перехрестями, використовується управління на рівні області, яке може реагувати на миттєву ситуацію в транспортній мережі та оптимізувати її пропускну здатність.

У разі надзвичайних обставин, дорожньо-транспортних пригод, маніфестацій, використовуються різні методи автоматичного або експертного управління.

У сучасному розумінні, в зв'язку з розвитком транспортної телематики, керуюча система міста є не лише системою управління транспортом на перехрестях за допомогою світлофорів (СФ). Вона обладнана і іншими системами і пристроями: інформаційні дисплеї поряд з комунікацією дають водіям можливість вибирати варіанти шляху руху; закодована інформація, в тому числі, передається за допомогою RDS-TMC на дисплеї транспортних засобів. При цьому особлива увага приділяється дорожньо-транспортним пригодам, заторів і т.п. Наведення на місце стоянки і наступне використання міського громадського пасажирського транспорту зменшують навантаження транспортної мережі в центрі міста так само, як і прогресивний електронний платіж на під'їздах до центру міст. Дані спеціальні технології описані нижче.

Реалізація підсистеми ІТС в забезпеченні організації та безпеки дорожнього руху забезпечується через автоматизовані системи управління дорожнім рухом (АСУД), а також з використанням систем

не директивного управління транспортними потоками, котрі спиралися б на принципи надання учасникам дорожнього руху відповідної інформації. Повз базових функцій з організації та забезпечення безпеки дорожнього руху в задачі даних підсистем входить наступне.

1. Попередження про аварії.
2. Допомога водію при наявності сліпих зон (перехрестя і ін.).
3. Предоставлення права першочергового проїзду автомобілям екстрених служб.
4. Попередження про рух автомобіля екстрених служб – від інфраструктури
5. Зовнішнє обмеження швидкості.
6. Попередження про туман.
7. Попередження про вкритість льодом.
8. Попередження про рух на небезпечній ділянці.
9. Інтелектуальне управління з'їздами на розв'язках.
10. Інтелектуальне світлофорне регулювання.
11. Система попередження про можливе зіткнення на перехресті.
12. Попередження про обмеження допустимої висоти ТЗ.
13. Попередження про відсутність місць на парковці.
14. Допомога при злитті транспортних потоків.
15. Інформація від пішохідних переходів.
16. Керування автомобілем для запобігання зіткнень на пішохідних переходах.
17. Попередження на залізничних переїздах.
18. Попередження про стан дороги.
19. Попередження про можливий переворот автомобіля (уклін, вітер і ін.).
20. Дублювання дорожніх знаків на дисплеї автомобіля.
21. SOS-сервіси.
22. Рекомендації по вибору швидкості.
23. Управління швидкісними обмеженнями.
24. Система допомоги при початку руху від стоп - лінії.
25. Попередження про порушення правил світлофорного регулювання.

- 26. Попередження про сигнал світлофора.
- 27. Маршрутне орієнтування.
- 28. Перенаправлення транспортних потоків.
- 29. Управління в екстрених ситуаціях.
  
- 30. Примушування дотримання правил.
- 31. Системи управління транспортом в разі ДТП.
- 32. Управління дорожнім рухом в місцях проведення дорожніх робіт.
- 33. Попередження про проведення дорожніх робіт.
- 34. Системи адаптивного управління швидкісними режимами в залежності від змінюваних дорожньо-кліматичних умов.

#### **1.4. Світовий досвід становлення і розвитку ІТС**

Одним з реалізованих великих європейських проектів для менеджменту широкої міської області був мюнхенський проект COMFORT, який був початий в 1991 р. Це був перший проект, який координував транспорт в центрі міста з урахуванням планування мережі автомагістралей в околицях міста. Залежно від оцінки стану транспортних потоків в місті активізуються елементи інформаційної та навігаційної систем в околиці міста. Керуючі алгоритми оцінюють рівень транспорту, оптимізують роботу СФ, визначають прогноз розвитку транспортного навантаження та направляють транспортні засоби з області, в якій створюються затори.

При аналізі проекту було констатовано, що початкові капіталовкладення окупилися через 2 роки тільки завдяки зменшенню кількості ДТП. Кількість наїздів зменшилася на 35%, кількість ДТП з пораненнями - на 30% і кількість загиблих зменшилася на 31%.

Іншими відомими проектами є проекти, реалізовані в рамках допомоги Європейського Союзу. Йдеться, зокрема, про наступні заходи.

1. Аналіз транспортних мереж. Для основного управління транспортом можуть бути достатніми дані від транспортних датчиків в транспортних вузлах. Незважаючи на це, для інтегрованої телематичної стратегії управління транспортом в міських мережах

потрібна детальніша інформація про дані ситуації в мережі, що було продемонстровано в проектах QUARTET PLUS і EUROSCOPE. У контексті широко прийнятої концепції «управління мобільністю» і тісних зв'язків між моніторингом та управлінням транспортом дані проекти на практиці випробували нові детекторні системи, основані на відео детектуванні, нові алгоритми для визначення часу руху, швидкості по смугах руху і в мережі і алгоритми для визначення пунктів відправлення і пунктів призначення (матриця OD: Origin-Destination). Останні отримані дані являються особливо важливими для транспортної інформаційної системи. Були випробувані і тестовані алгоритми прогнозу. Це стосувалось короткострокових (1-20 хв), середньострокових (11-12 год) аж до довгострокових прогнозів (1-2 дні). Обидва проекти допомогли зрозуміти, якими неточностями і якими обмеженнями характеризуються прогнози параметрів функціонування транспортної мережі. Вони також виділили напрямки подальшого розвитку. Одним з таких напрямків є використання даних, отриманих від ходової лабораторії, що рухається в транспортному потоці («плаваючий» автомобіль) - проект CAPITALS. Зрозуміти складні умови в мережі допомогли і роботи в рамках проекту VERA.

2. Приватною, але дуже важливою областю використання результатів аналізу даних є і область встановлення (детектування) місць виникнення дорожньо-транспортних пригод (incident detection). Швидке детектування події може почати процес прийняття необхідних заходів, що включають в себе стратегію управління транспортом та інформування водіїв перед початком руху і / або в процесі руху, а також і суттєво швидко реакцію служб порятунку. Крім детектування пригод в рамках проекту IN-RESPONSE була розроблена і модель для прогнозування дорожньо-транспортних пригод. Автоматичне визначення місць дорожньо-транспортних пригод. Кілька європейських проектів також були присвячені проблемам управління ліквідацією наслідків ДТП. Йшлося про модифікованих проектах керування транспортними потоками в містах UTC (Urban Traffic Control), які за допомогою спеціальних модулів забезпечували детектування пригод та їх вплив на рух транспортних потоків. Проекти IN-RESPONSE і IN-EMERGENCY демонстрували різноманітність технік, включаючи швидкодіючі системи попередження, призначені для служб порятунку,

і інструменти, що підтримують прийняття рішень операторами служби порятунку.

3. Інформація та навігація. Системи для інформування водіїв за допомогою бортових блоків або керованих дорожніх знаків і дисплеїв

(TFIS), розташованих уздовж доріг, мають постійно зростаюче значення для управління транспортними потоками на мережах доріг. Інформація про можливі проблеми значно зменшує затори завдяки тому, що водій може вибрати другі варіанти шляху руху або відповідну стоянку або парковку. Європейські проекти в даний час все більше спрямовані на системи TFIS, з огляду на те, що бортові блоки в транспортних засобах поки ще не дуже поширені і в такий спосіб не дуже впливають на рух транспортних потоків. Проекти в цій галузі (AUSIAS, CAPITALS, CONCERT, CLEOPATRA, COSMOS, EUROSCOPE, TABASCO) були спрямовані на вивчення поведінки транспортної мережі та на визначення оптимальних стратегій управління.

Використання інформаційних та навігаційних систем в рамках європейських проектів можна показати на прикладі таких міст:

- Брістоль (CONCERT): TFIS для кращого використання системи Park and Ride;
- Брюссель (CAPITALS): TFIS як складова частина вищестоячої системи управління транспортними потоками в тунелях на внутрішньому кільці міста;
- Лондон (CLEOPATRA): визначення впливу TFIS при виявленні місць ДТП на вибір водіями шляху руху по мережі доріг і ефективність транспорту в мережі;
- Ліон (CLEOPATRA): інформаційна стратегія для TFIS в автоматичному режимі при використанні даних, отриманих на основі вимірів проведених на мережі доріг;
- Мюнхен (TABASCO): TFIS для Park and Ride;
- Пірей (COSMOS): стратегія зміни напрямку руху транспортних потоків в районі морського порту;
- Саутгемптон (EUROSCOPE): інтегроване виявлення місць ДТП і управління стоянками;
- Тулуза (CLEOPATRA): загальна стратегія зміни напрямлення

руху транспортних потоків;

- Турин (CLEOPATRA): стратегія TFIS разом зі стратегією управління транспортними потоками в місті.

Інформація перед поїздкою і інформація на зупинках ГПОТ показали, що вони мають значний вплив на поведінку більшості пасажирів, тому що, в кінцевому рахунку, викликали невелике, але

помітне зростання кількості пасажирів. Інтеграція управління транспортом в місті, послуги ГПОТ та інформаційних систем в Турині привели до скорочення часу поїздки на громадському міському пасажирському транспорті на 14% і на 17% - на легкових автомобілях. Це призвело до зростання ГПОТ на 3% і загальне поліпшення руху транспорту в місті. Капіталовкладення в під- систему виявлення місць ДТП в системі управління транспортом в місті Саутгемптон доказово окупилися протягом одного року. Проте, окупність істотно залежить від методу і від швидкості виявлення ДТП.

4. Управління на в'їзді на магістральні дороги зазвичай використовувалося в містах, де воно повинно було запобігти виникнення заторів. Однак, затори дуже часто виникають на автомагістралях і на дорогах, що з'єднують міські райони. В такому випадку дуже важливою є інтеграція управління на в'їзді з загальноміською системою управління рухом транспортних потоків. проект TABASCO демонстрував управління транспортом на в'їзді (Ramp Metering), разом з транспортною інформацією і навігацією за допомогою TFIS, управлінням транспортом за допомогою оптичної сигналізації в Глазго. Метод Ramp Metering значно підвищив пропускну здатність доріг (5% - автомагістралі, 13% - міська мережа). Крім того, система привела до поліпшення поведінки водіїв, а, отже, і до зменшення кількості ДТП.

5. Управління у залежності від навантаження. У міських умовах цей вид управління має постійно зростаюче значення для підтримання задовільної мобільності, так як він для керування транспортними потоками використовує різні телематичні підсистеми. Додаток даної системи містить, наприклад, управління на в'їзді в центральний район міста (проект CAPITALS) і техніку штучного інтелекту, з'єднавши управління на в'їзді і управління за допомогою світлофорів з системою надання інформації та допомоги водіям і з підсистемами надання

транспортної та туристичної інформації. Дана система також дасть можливість визначення часу руху і отримання інформації про наявність вільних місць на стоянках.

У 1990-х роках в США були чітко сформульовані основні етапи за рішенням проблем розвитку і впровадження АСУД: математичне моделювання руху автомобілів і транспортних потоків (так зване мікро- і макромоделювання); єдина система інформації; електронна система вибору і вказівки маршруту; система надання допомоги водіям.

Зазначені етапи реалізовувалися шляхом установки детекторів транспорту, інформаційних знаків і табло відображення актуальної інформації (світлодіодних, призматичних і т.п.), світлофорних об'єктів, об'єднаних в єдину мережу і керованих за допомогою Центрів управління, передають необхідні сигнали на контролери і далі на керуючі елементи системи.

В даний час вся мережа автомобільних магістралей, які відносяться до великих міст (Чикаго, Детройт, Лос-Анджелес, Нью-Йорк і ін.), оснащена АСУД.

У США і Канаді велика увага приділяється взаємним зв'язкам міської системи з системою доріг і автомагістралей в приміських зонах. Хорошим прикладом є міська мережа в Монреалі, де в міську систему управління рухом транспортних потоків входять і автомагістралі приміської зони, тобто приблизно до 70-100 км від міста.

В Японії практично вся дорожня мережа, як в містах, так і на трасах, обладнана ІТС різного ступеня складності.

Конкретними прикладами реалізації АСУД можуть стати:

- Торонто, Канада: 75 світлофорних об'єктів управляються системою SCOOT. При порівнянні з відмінно складеним графіком тимчасового управління час поїздки знижується на 8%, кількість зупинок транспортних засобів зменшується на 22% і затримки транспортних засобів зменшуються на 17%. В результаті цього знижується витрата палива на 5,7%, що дає вельми позитивний екологічний ефект;

- Лос-Анджелес, Каліфорнія: нова керуюча система LADOT налічує 1 170 світлофорних об'єктів та 4 590 детекторів, що використовують для оптимізації процесу управління. Вказується, що було досягнуто зниження споживання пального на 13%, на 41%

зменшилася кількість зупинок транспортних засобів і на 16% скоротилися витрати часу;

- Чикаго, Іллінойс: пілотний проект оптимізації руху громадського транспорту на основі АСУД ОРАС. Проект заснований на послідовному пред'явленні переваг автобусам на перехрестях, в результаті чого підвищується швидкість руху автобусів на 25-50%.

Передбачається, що в результаті цього, міський пасажирський громадський транспорт буде більш привабливим і одночасно буде знижене екологічне навантаження, тому що буде скорочено кількість автобусів при збереженні інтервалів;

- Вірґінія: міністерство транспорту в Вірґінії інвестувало значні кошти в будівництво експериментальної автомагістралі, що проходить через кілька міських районів. Остання оснащена сучасними комунікаційними засобами, починаючи з оптичних кабелів і закінчуючи радіомаяками. Експериментальна автомагістраль була запущена в експлуатацію в 1998 р і продовжує використовуватися для ряду експериментів. Вона забезпечує зв'язок між дорогами в приміській незабудованій зоні і в місті.

На сайті ERTICO - Європейської ІТС асоціації - приводяться численні приклади реалізації конкретних ІТС-систем в Європі.

У сучасній практиці прийнято відносити АСУД до одного з чотирьох поколінь.

Покоління 1. Розрахунок керуючих параметрів і введення їх в АСУД виконується вручну.

Покоління 2. Розрахунок керуючих параметрів автоматизований, введення їх в АСУД виконується вручну.

Покоління 3. Розрахунок керуючих параметрів і введення їх в АСУД автоматизовані. Управління (реагування на зміни транспортного потоку) проводиться з урахуванням динаміки транспортних потоків (TR-метод) за допомогою зміни заздалегідь розрахованих тимчасових таблиць.

Покоління 4. Розрахунок керуючих параметрів і введення їх в АСУД автоматизовані. Управління проводиться в реальному часі(з короткостроковою затримкою реагування або прогнозуванням транспортних потоків), з урахуванням локальних змін транспортних

потоків.

Відзначимо також, що «ключем» до цієї класифікації є метод розрахунку і закладу в периферійні пристрої керуючих параметрів. Зрозуміло, це не означає, що інші функції АСУД не важливі. Це лише підкреслює, що в сучасних умовах в центрі уваги при розробці АСУД знаходиться не стільки апаратура, скільки методи реагування на зміни транспортної ситуації.

Використання заздалегідь розрахованих планів координації (покоління 1-2) не дозволяє оперативно реагувати на випадкові зміни характеристик транспортних потоків, проте дуже ефективні в міських умовах з густою мережею доріг (наприклад, центр міста Нью-Йорк).

Перехід до систем 3-го і 4-го поколінь почався в 1980-і роки. Не зупиняючись на конкретних реалізаціях керуючого алгоритма, відзначимо, що в ряді систем передбачена децентралізація роботи системи і передачі ряду функцій прийняття рішення на рівень керуючого пристрою (контролера) на перехресті.

Саме подібні системи, що працюють в режимі реального часу і отримали назву АСУД з центрально-розподіленим інтелектом, представляють в даний час основний інтерес, як з наукової, так і з практичної точки зору. Нижче роздивимось поширеність і роботу подібних АСУД.

В даний час АСУД 3-го і 4-го поколінь встановлені в декількох десятках міст: в 53 містах Великобританії, в Мадриді, Гонконгу, Токіо, Торонто, Бордо, Бахрейні і так далі.

Найважливішою складовою АСУД є система інформування учасників руху, особливо глобально розповсюдилася з розвитком інтернет-мереж. В даний час значна частина території, наприклад, США, або Франції охоплена інформативними системами, які передають публіці кількісні дані про транспортні потоки в реальному часі.

В останні роки знаходять все більшого поширення системи, що прогнозують середню швидкість і час проїзду по тим чи іншим маршрутами. Подібні системи надають дуже суттєвий вплив на перерозподіл транспортних потоків.

У США діють різноманітні проекти розвитку систем керування дорожнього руху й інтелектуальних транспортних систем. Це такі проекти як FAST (Лас-Вегас) - керування рухом на швидкісних дорогах, CARAT (Північна Кароліна) - виявлення заторів і обмеження обсягів руху в заторових ситуаціях, Transstar (Х'юстон) - керування дорожнім рухом, CARAT (Мэ-рилэнд) - інформаційне забезпечення дорожнього руху, ATCAS (Каліфорнія) - моніторинг характеристик транспортних потоків і облік руху на платних дорогах, Escort (Даллас) - керування дорожнім рухом, Navigator (Джорджія) - інформаційне забезпечення дорожнього руху, ATOMS (Dade county, Miami, Florida) - система менеджменту світлофорної "ґрат" і парковочного господарства.

У штаті Техас силами Техаського департаменту транспорту вуспешно впроваджена система АСУД, що базується на комбінації центрального погодинного й центрального адаптивного керування з використанням бібліотеки заздалегідь розрахованих ПК.

У Канзасі розроблений стратегічний план розвитку інтелектуальних транспортних систем, що орієнтується на моніторинг характеристик транспортних потоків, створення систем виявлення ДТП і керування в небезпечних ситуаціях; системи керування світлофорними об'єктами; інформування водіїв про оптимальні маршрути руху з урахуванням реальної ситуації. Проект передбачає включення в зону дії системи близько 400 км вулично-дорожньої мережі, на якій рух буде контролюватися з по-місцю 516 транспортних детекторів, такого ж кількості відеокамер, 79 електронних табло з оперативною інформацією інформаційно-радіючих каналів.

Для визначення оптимальної послідовності впровадження різних компонентів інтелектуальних транспортних систем була зроблена оцінка їх економічної ефективності. Технології інтелектуальних транспортних систем, що мають найбільше значення показника "вигоди/витрати", будуть впроваджуватися в першу чергу. До короткострокових заходів, що забезпечили найбільший ефект, ставиться система виявлення шляхово-транспортних пригод. Середньострокові заходи включають системи управління в'їздом на швидкісні дороги й керування транзитним рухом. Довгострокові заходи спрямовані на заохочення альтернатив використання індивідуальних автомобілів і охорону навколишнього

середовища.

Японія є передовою країною в області розробок і використання вищих форм автоматизованих систем керування рухом (перейшла на рівень інтелектуальних транспортних систем керування). Останнє пояснюється тим, що вже з 1970 р. існує єдина національна політика по використанню найбільш комплексних систем керування рухом, керована й координована державними інститутами, а також тим, що існувало сильне прагнення зменшити затори, а, також тим, зменшити й екологічне навантаження областей, сильно навантажених транспортом. Уся система розроблялася по п'ятирічним планам, і в цей час майже на всіх головних дорогах у містах і на більшості автомагістралей є транспортні інформаційні системи й широко використовуються навігаційні системи в транспортних засобах. Транспортні потоки у всіх великих містах управляються з міських центрів керування рухом.

За орієнтовними оцінками Японія в період з 1985 по 1992 рр. вклала в створення інфраструктури 1,8 млрд дол. США й, крім того, 690 млн дол. США було вкладено в наступний період з 1993 по 1997 рр.

В умовах надзвичайно сильно навантаженої транспортної мережі використовуються методи керування в режимі поточного часу (on-line), як, наприклад, система SCATS, розроблена в Австралії, і в менший мірі англійська система SCOOT. Обоє методів керування в режимі on-line описані в справжній главі. У систему керування транспортними потоками включене й керування ремонтом і підтримкою автомобільних доріг. Мова йде про приблизно 10 000 транспортних обмежень щорічно, які мають значний вплив на пропускну здатність дорожньої мережі. Їхня інтеграція в систему керування дає можливість краще координувати окремі роботи, прогнозувати й моделювати їхнього наслідку й ефективно інформувати водіїв.

Проблеми із заторами знайшли відбиття й у відтоку пасажирських потоків з міського пасажирського суспільного транспорту. При-цьому цілеспрямовано здійснюються капіталовкладення з метою підвищення привабливості цього виду транспорту. Головними засобами є обладнання спеціальних смуг руху, перед- призначених тільки для автобусів міського пасажирського громадському транспорту, системи інформування пасажирів на зупинках і в автобусах і інформаційні системи перед поїздкою.

Крім Японії й інші країни Азіатсько-тихоокеанського регіону цілеспрямовано вкладають кошти в розвиток систем управління. У деяких містах Австралії для зонального керування транспортними контролерами використовується керуюча система SCATS, часто комбинується й з іншими підсистемами. Велика увага цим питанням приділяється й у Південній Кореї. Тут інтелектуальні транспортні системи впроваджуються в три етапи, які відповідають затвердженій національній політиці в області транспортної стратегії:

- вибір і реалізація пілотного проекту даного додатка при участі державних інститутів;
- кваліфікований аналіз пілотного проекту;
- розширення пілотного проекту на всій території країни з координаційною роллю держави.

Отже, тут знову держава виконує функцію координатора, причому воно надає достатній простір для приватних інститутів, особливо при поступовому розширенні пілотного проекту.

Структура інтелектуальної транспортної системи в г. Квашон (Південна Корея) містить у собі наступні основні підсистеми: керування дорожнім рухом, контроль швидкісного режиму, навігаційна система динамічного визначення маршруту, інформування пасажирів суспільного транспорту, електронна оплата за проїзд, зважування транспортних засобів у русі, інформація про паркування, інформування водіїв.

Електронна система оплати функціонує на швидкісний магістрали й, використовуючи технології інтелектуальних транспортних систем, працює в невпинному режимі.

Система інформації про паркування за допомогою електронних табло інформує водіїв про наявність вільних місць на визначених стоянках. У єдину систему зв'язано шість паркувань.

Система інформування водіїв за допомогою радіоканалів і

візуальної інформації повідомляє водіїв ситуацію на мережі для того, щоб вони могли завчасно скорегувати маршрут руху.

Широко застосовуються інтелектуальні транспортні системи на Тайваневі. Одним з компонентів інтелектуальних транспортних систем тут є експертна система керування рухом на швидкісних магістралях. Система функціонує в реальному режимі часу й виробляє керуючі впливи при виникненні критичних ситуацій, таких як затори, дорожньо-транспортні випадки, погіршення погодних умов і ін. Експертна система й модель керування в цих ситуаціях дозволяють визначати ефективність вироблюваних розв'язків у критичних дорожньо-транспортних ситуаціях. У реальному режимі часу на основі інформації про існуюче транспортне навантаження система моделює параметри дорожнього руху й створює модуль оптимального динамічного розподілу транспортних потоків. Це дозволяє розробляти раціональні стратегії керування дорожнім рухом на мережі швидкісних доріг.

Експертна система має базу з багатьох можливих планів керування, кожний з яких адаптований до певної ситуації й ідентифікується по сукупності класифікаційних признаков для кожної специфічної ситуації. Усі ситуації являються як класи об'єктів, характеризуємі типом небезпечної ситуації, наявністю технічних засобів керування рухом, геометричними характеристиками доріг, параметрами транспортних потоків. Співвідношення між об'єктами різних класів використовуються для вироблення поведінкових і керуючих розв'язків. Тому на основі вхідної інформації система автоматично представляє експертну інформацію про можливі керуючі впливи. У той же час оператор має всі можливості для коректування розробленої системи стратегії керування, аж до скасування преставленного плану дій і введення додаткових параметрів для повторення процедури.

Основою роботи експертної системи є результати постійного моніторингу характеристик транспортних потоків. Ці дані передаються в модуль прогнозування характеристик транспортних потоків.

Швидкість транспортного потоку вище небезпечного місця й тривалість небезпечної ситуації є двома головними факторами, які є основою для визначення форми інформаційного забезпечення водіїв. У типових ситуаціях застосовується наступна градація: при відхиленні швидкості менш 10% видається попередження про потенційно небезпечну ситуацію, при відхиленні швидкості від 10 до 20% - вказівки про небезпечну ситуацію й рекомендованому швидкісному режимі, при

відхиленні більш 20% - примусові заходи обмеження доступу на цю ділянку мережі. Ця експертна система обслуговує в цілому мережа швидкісних доріг Тайваню довжиною близько 1000 км.

У Китаї існує комісія з керування розвитком дослідів інтелектуальних транспортних систем. Розроблена програма, що включає загальну стратегію розвитку ІТС і перелік пілотних демонстраційних проектів. В ці пілотні проекти в першочерговому порядку включені міські центри управління рухом і електронні системи оплати за проїзд. Крім того, у співробітництві з Європейським союзом і ERTICO складена програма, яка містить у собі наступні напрямки напрями ІТС:

- експресна система перевезень вантажів з автоматизованим центром керування, системою електронного документообігу EDI, навігаційною системою на базі GPS, системою керування перевізками;
- система керування рухом на швидкісних магістралях із застосуванням інтелектуальних транспортних систем для виявлення місць здійснення дорожньо-транспортних випадків і системою електронної оплати за проїзд;
- міські системи керування дорожнім рухом;
- системи керування суспільним транспортом з определе- ніем місця розташування автобуса, комп'ютеризацією диспетчерських функцій і моніторингом попиту на перевезення.

У цілому необхідно відзначити, що за рубежом більшість АСУД уже модернізовані й відповідають третьому поколінню, згідно з вище наведеною класифікацією, а також існують АСУД четвертого покоління (у України поширення одержали тільки АСУД першого й другого покоління). Це викликано як фактором високої вартості систем третього й четвертого покоління (слід помітити однак, що витрати на їхнє створення швидко б окупилися), так і відсутністю вітчизняних програмних і технічних розробок у цьому напрямку. При цьому впровадження АСУД за рубежом здійснюється комплексно, на основі апробованих розв'язків в окремих регіонах.

Світовий досвід незаперечно доводить, розвиток АСУД в тимчасових умовах є одним з найефективніших шляхів розв'язку всі, що ускладнюються транспортних проблем, як у містах, так і на заміських дорогах.

Соціальна, економічна й екологічна ефективність АСУД проявляється в збільшенні мобільності населення, зниженні втрат

робітника й вільного часу, підвищенні ділової активності, зменшенні шкідливих викидів, росту ефективності перевезень і т.п. Найважливішою складовою є підвищення безпеки, зниження кількості інцидентів і порушень правил, забезпечення спеціальними підсистемами, що контролюють поведінку учасників руху й події на дорогах.

Разом з тим - впровадження сучасних АСУД - це складний технологічний процес, що вимагає як фінансових витрат, так і високої кваліфікації розроблювачів, будівельників і відповідних служб експлуатації. Ці фінансові й інтелектуальні ресурси будуть витрачені неефективно, якщо системи АСУД не будуть відповідати своєму призначенню, певному з обліком специфіки місцевостей, де вони впроваджуються. Тому питання розробки обґрунтованих технічних вимог до АСУД є найважливішим, і особливо для України, де є значна нерівномірність в розвитку транспортних інфраструктур по регіонах. Дуже суттєві й історико-архітектурні особливості, особливо в міській забудові: відомо, що топологія Російських міст досить отличається від Європейської й Американської.

### **1.5 Особливості сучасних систем керування транспортними потоками**

При створенні архітектури керування транспортом звичайно слід здійснити підходящу декомпозицію завдання, полягаючу в її розподілі на менші ділянки, з погляду положення кінцевих обладнань або з погляду використовуваних технологій. Далі слід вибрати підсистеми, які будуть утворювати єдиний телематичний розв'язок. Таким чином, для спрощеної структури слід визначити функціональні й інформаційні зв'язки й вибрати задовільну стратегію керування.

Існуюче поділ міської системи керування транспортними потоками, яке виходить із класичного підходу до транспортних обладнань керування, звичайно характеризується триступінчастою ієрархією, коли на найнижчому рівні працює перехрестя зі світлофорами. Звичайно на даному рівні вибираються обладнання керування транспортним потоком типу master, які управляють або синхронізують кілька підлеглих обладнань управління типу slave. Типовим додатком є так називаєма "зелена хвиля", коли мова йде про обладнання керування транспортним потоком, включених послідовно.

На другому рівні дані від/до обладнань керування звичайно

концентруються. У результаті цього, зменшуються вимоги до каналам зв'язки між вищим центром і обладнанням керування транспортом. Скоріше в якості виключення й на даному рівні використовується керування приєднаними світлофорами. У такому випадку концентратор даних замінений локальною транспортної центральною станцією.

На третьому, найвищому рівні працює вищий комп'ютер, який обробляє дані й за допомогою концентраторів веде зв'язок з обладнаннями керування. На даному рівні зазвичай використовується й диспетчерський нагляд, який контролює роботу автоматизованої системи керування і який за допомогою диспетчерів здатний реагувати й на надзвичайні події в транспортному потоці або на інші надзвичайні вимоги.

Нижче ієрархія телематических систем розглянута більш детально.

*Перший рівень* в ієрархії міських систем утворений окремими транспортними вузлами. У найпростішому випадку транспортним вузлом є світлофор на перехресті так само, як і закриті паркування, локальні застережливі обладнання, обмежуюче швидкість транспортного потоку, система керування тунелем і т.д. Завжди мова йде про відносно закритий вузол, утворений транспортними детекторами й виконавчими елементами, якими можуть бути сигнали світлофора або керовані дорожні знаки й автоматизована система керування. Локальна система керування з такою концепцією має певні функціональні зв'язки й інформаційний зміст по відношенню до інших транспортних вузлів або до вищого центру.

*Другий рівень.* Транспортна система в міській агломерації утворена транспортними вузлами, які створюють відносно закриті топологічні комплекси, утворені завжди технологіями однакового типу. Окремі технологічні комплекси можуть також перебувати в будь-якому місці міста. Топологічним кому-плексом є, наприклад, обладнання керування транспортними потоками в певному виділеному районі міста, де між пристроями керування є взаємні зв'язки. Навпаки, наприклад, є системи керування рухом в автотранспортних тунелях або обладнання керування стоянками типу Park and Ride, які представляють однакові технології, розташовані де завгодно в межах міста.

Тому визначення другого рівня, який являє собою керування на рівні області, підрозділяється на керування топологічними або

технологічними вузлами, див. спрощену схему - мал. 1.5.

З погляду власних процедур керування, на даному рівні в найпростішому випадку використовується тимчасове керування світлофорними об'єктами, що перебувають в області, яке, однак, не реагує на миттєвий стан транспортного потоку. Тому частіше використовуються транспортно-залежне керування в сучасних телематических системах і методах адаптивного керування.

З погляду керування, принципове значення має й конфігурація транспортних вузлів. Відносно простим випадком є розташування вузлів у лінії, для якої можна відносно легко знайти алгоритми керування, тому що оптимізація стосується тільки поширення згустків транспортних засобів в одному або в обох напрямках. Більш складним є керування транспортними засобами з вузлами, розташованими на площі, що є типовим для міської агломерації.

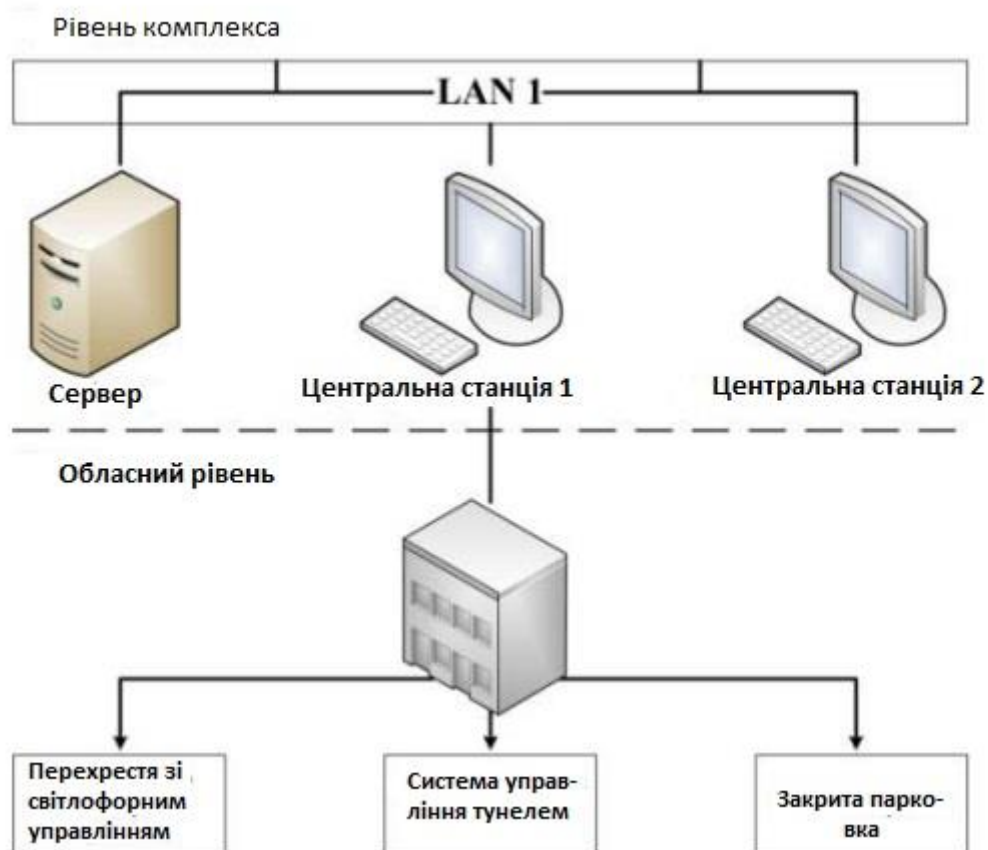


Рис. 1.5. Ієрархічна структура міської системи керування рухом транспортних потоків

У такому випадку слід вибрати відносно складні процеси оптимізації типу методу TRANSYT, які здатні захватити баганаправлений рух транспортних коштів у мережі. Отже, топологічна

область далі ділиться із точки зору розташування вузлів:

- на область із плоскою конфігурацією;
- область із лінійною (артеріальною) конфігурацією.

*Третій рівень.* Транспортний комплекс є самим високим ступенем ієрархії керування. Звичайно він містить кілька областей.

На третьому рівні інтегровані окремі обласні центральні пункти керування (світлофорними об'єктами, тунелями, парковочними системами й т.п.). У цей час при проектуванні системи керування комплексом необхідно ввести поняття інтегрованої системи керування транспортними потоками (Integrated Traffic Management - ITM). Дуже важливим також є створення єдиної архітектури й забезпечення взаємодії всіх систем. Для телематичної керуючої системи характерно те, що будь-яка інформація може бути доступною в будь-який час і в будь-якому місці мережі.

На даному рівні використовуються й системи керування у випадку наявності транспортних заторів або надзвичайних ситуацій, а телевізійні системи, що також стежать. Звичайно системи працюють в авто-матическом режимі з можливістю ручного втручання диспетчера. Значну допомогу при керуванні у випадку надзвичайних ситуацій надають експертні системи, які допомагають вирішити або автоматично вирішують проблеми в надзвичайних ситуаціях. Комплексом може бути не тільки мережа вузлів і областей у міської агломерації, але й система керування автомагістралями на території країни, наприклад, система перевезення небезпечних вантажів (RISC management) на міжнародному рівні.

#### Завдання для самоконтролю

1. Опишіть структуру ІТС.
2. Назвіть основні терміни й визначення.
3. Опишіть коротко архітектуру ІТС.
4. Опишіть особливості сучасних систем керування транспортними потоками.