

Міністерство освіти та науки, молоді та спорту України

ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ
АВТОМОБІЛЬНО-ДОРОЖНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Алексієв В.О., Алексієв О.П., Ніконов О.Я.

**МЕХАТРОНІКА, ТЕЛЕМАТИКА,
СИНЕРГЕТИКА У ТРАНСПОРТНИХ ДОДАТКАХ**

Навчально-методичний посібник

Харків
ХНАДУ
2011

УДК 002.001; 002:001.8

ББК

А

Рецензенти: **Загарій Г.І.** – д-р техн. н., проф.,
Українська державна академія залізничного транспорту);
Бажинів О.В. – д-р техн. н., проф.,
Харківський національний автомобільно-дорожній університет;
Самойленко М.І. – д-р техн. н., проф.,
Харківська національна академія міського господарства.

Алексієв В.О.

А Мехатроніка, телематика, синергетика у транспортних додатках: навчально-методичний посібник / В.О. Алексієв, О.П. Алексієв, Ніконов О.Я. – Харків : ХНАДУ, 2011. – 212 с.

ISBN

Наведено основні відомості про автомобільні мехатроніку, телематику та синергетику як нові напрями інформаційного розвитку транспортної інфраструктури міст та регіонів. Розглянуто застосування та створення на транспорті розподілених комп'ютерних систем та інтелектуальних технологій управління рухом наземних автотransпортних засобів.

Призначений для студентів, що навчаються за спеціальностями «Комп'ютерні системи управління рухомими об'єктами на автомобільному транспорті», «Електричні системи та комплекси транспортних засобів», за спеціалізаціями: комп'ютерні системи управління автомобілями; комп'ютерні системи управління автомобільним транспортом. Може бути корисним для студентів ВНЗ транспортного типу, аспірантів та науковців, співробітників транспортних та дорожніх організацій, що спеціалізуються на розробці і використанні сучасних комп'ютерних технологій на базі мехатроніки, телематики та синергетики.

Іл. 90. Табл. 10. Бібліогр. найм. 259.

ISBN

УДК 002.001; 002:001.8

ББК

© Алексієв В.О., Алексієв О.П., 2011

© ХНАДУ, 2011

ВСТУП

Розвиток транспортних систем сприяє покращенню та удосконаленню надання транспортних послуг мешканцям міст та регіонів України. Слід визнати, що поточний стан сучасної транспортної інфраструктури країни не може повністю задовольнити постійно зростаючі потреби населення. Тому розвиток транспорту є найбільш важливою складовою удосконалення усіх видів діяльності суспільства. Сьогодні такий розвиток спрямований на надання усім частинам транспортного комплексу своєрідного інтелекту та можливості гнучкого адаптування транспортних процесів до відповідних потреб пересування пасажирів та вантажів. Ці процеси здійснюються завдяки транспортним технологіям, які здобувають інтелектуальні властивості.

Зараз не має готових рішень щодо створення інтелектуальних транспортних технологій та систем. З'являється необхідність удосконалення організації руху транспорту та створення більш продуктивних систем управління транспортом міст та регіонів. Потрібен новий узагальнений підхід, нові методи та засоби, що ґрунтуються на безперервному спостереженні за станом усіх підсистем і ланок транспортного комплексу. Доцільним є інтелектуалізація саме транспортних засобів. Це дозволить ефективно вирішувати задачі управління рухом на транспортних сполученнях з урахуванням підготовки завдань розвитку відповідної маршрутної мережі наземного транспорту [1, 2].

Посібник базується на досвіді авторів, що отримано протягом останніх років при виконанні завдань фундаментальних та прикладних науково-дослідних робіт з інформаційного аналізу та синтезу автомобільних мехатронних систем, створення інтелектуальної технології моніторингу транспортних машин, систем та комунікацій (шляхів сполучення) і постановки нових навчальних курсів у ХНАДУ: Інформаційні технології на транспорті, Програмно-апаратне забезпечення транспортних машин та систем, Автомобі-

льна мехатроніка, Автоніка для студентів факультету Мехатроніки транспортних засобів.

Можна виділити три послідовні етапи інформатизації транспортних систем:

- виконання комп'ютерних обчислень для вирішення окремих складових проблем та задач транспортного типу;
- створення галузевих автоматизованих систем управління рухом, транспортними підприємствами й організаціями, впровадження інформаційних технологій на транспорті;
- обладнання транспортних засобів мехатронними вузлами, агрегатами та системами, розвиток транспортної телематики, інтелектуалізація транспортних машин, систем та шляхів сполучення.

Швидкий розвиток засобів та методів інформатизації складних об'єктів та систем, уніфікація і стандартизація рішень не узгоджуються з гетерогенним характером існуючих підсистем та ланок транспортного комплексу, його інформаційним забезпеченням. Розв'язання цього протиріччя полягає в інформаційному розвитку транспортної інфраструктури міст та регіонів. Він узгоджується із відомим законом розвитку напівпровідникової індустрії Гордона Мура та законом хвилеподібного переходу напрямів стандартизації й спеціалізації в електронній промисловості Тсугіо Макімото. Близьким за важливістю до цих законів можна визнати закон Джина Амдала про обмеження ефективності виконання обчислювальних процесів на розподілених комп'ютерних системах. У цьому напрямі сьогодні працюють Буч Г., Кессельман К., Фостер Я., Рамбо Д., Таненбаум Е., Шпаковський Г.І. та інші. Ці закони та практика використання розподілених систем є основою інтелектуалізації транспортних машин та систем, що знайшло своє відбиття у дослідженнях з телематики, мехатроніки та синергетики науково-технічних центрів України (ХНАДУ) та Росії (ГТУ МАДІ).

Застосування нових інформаційних технологій на транспорті та прийнята практика автоматизації автотransпортних систем у колишньому СРСР, країнах СНД та далекого зарубіжжя узагальнено у змісті нормативних документів України та аналітичних виданнях про теоретичний досвід й сучасні приклади створення інтелектуальних систем на транспорті. Це закони про транспорт та транспортне обслуговування складено на Україні з урахуванням сучасного стану транспортного комплексу [3, 4, 5]. Що торкається зарубіжжя,

найбільш змістовним є видання за результатами дослідження [2], де наведено дані про сучасний стан розвитку транспортних систем у країнах Європи та Америки.

Будь-яка транспортна машина чи система є сукупністю приладів, пристроїв, вузлів та агрегатів, що об'єднують технічні засоби для забезпечення технологій: механічної (процес пересування машин у просторі та часі), електронної (процес керування рухом), інформаційної (процес обробки даних про стан середовища руху). Відповідно слід розглядати транспортні системи та технології, як мехатронні системи та об'єкти. Цей напрямок досліджень вивчає нове наукове спрямування – мехатроніка [6, 7], яка знайшла широке використання на автомобільному транспорті [8].

Не кожна транспортна машина або система на достатньому рівні відповідає визначенню мехатронної системи. По-перше, така система повинна мати властивість автономності. По-друге, мехатронна система відрізняється розумною (англ. smart) поведінкою. Властивість мехатронної системи, транспортної машини або автомобіля бути «розумним» можна досягти або отримати завдяки застосуванню сучасних технологій штучного інтелекту.

Розглянемо транспортні машини (ТМ), системи (ТС), комунікації (ТК), шляхи сполучення (ШС) із позицій властивостей складних систем та комплексів згідно визначенням та термінологічним особливостям застосування мехатроніки на транспорті, що наведені у дослідженнях [9–11]. Можна підкреслити, що у цілому транспортні машини є тільки мехатронізованими системами за винятком автономних транспортних роботів. Коли звичайна транспортна машина або автомобіль обладнується засобами, що забезпечують їх розумну поведінку, такий процесом є мехатронізацією (англ. mechatronization) [12].

Вищий рівень мехатронізації – інтелектуалізація (англ. intellectualization). Це надання у цілому транспортній системі елементів розумної поведінки. Саме інтелектуальна транспортна машина, як елемент системи є інтелектуальним транспортним засобом (ІТЗ). Науково-технічною основою для створення ІТЗ є телематика [13]. Об'єднання телематики з мехатронікою забезпечує функціонування інтелектуальних транспортних технологій.

Проблеми синергетичного з'єднання новітніх інформаційних технологій на автотранспорті, мехатроніки та телематики є об'єктом

досліджень [10, 14–16]. Створення інтелектуальних транспортних засобів (ІТЗ) та інтелектуальних транспортних технологій, що знайшло своє відбиття у роботах [14, 17–19]. Практичні результати зазначених досліджень сприяють зменшенню тривалості поїздок, їх вартості та відповідають раціональному використанню ресурсів, які виділяються на експлуатацію та удосконалення транспортної системи [20–22].

Звичайно тлумачення «мехатроніки» у довідкових виданнях визначено, як термін японського походження, що використовується для опису технологій, які виникли на стику електротехніки, машинобудування і програмного забезпечення [9, 23].

Завдяки широкому застосуванню результатів досліджень з мехатроніки сьогодні на автотранспорті можна виділити спеціальний напрям розвитку цієї галузі науки – автомобільну мехатроніку (англ. automotive mechatronics). Вона присвячена аналізу проблем сполучення та організації взаємодії автомобільних електромеханічних й електронних вузлів, агрегатів та автомобільних телематичних приладів та систем у процесі експлуатації транспортних машин для отримання синергетичного ефекту [24, 25]. Тому мехатроніка та телематика на основі синергетики транспортних машин та систем є основною складовою новітніх інформаційно-комунікаційних технологій.

Навчально-методичний посібник ґрунтується на дослідженнях, що проводилися ХНАДУ за державним замовленням Міністерство освіти та науки, молоді та спорту України за договором № ДЗ/464-2011.

1. МЕХАТРОНІКА ТРАНСПОРТНИХ МАШИН ТА СИСТЕМ

1.1. Технологія X-Bu-Wire, мехатроніка та телематика

В автомобільній мехатроніці важливу роль відіграє технологія X-Bu-Wire. Зараз не має термінологічного аналога визначенню для цієї технології. Однак, згідно перекладу «управління по дроту» можна стверджувати, що це звичайна сучасна автомобільна електронна технологія [26]. Технологія X-Bu-Wire пропонується для розробки електронних систем забезпечення функціонування автомобілю без використання механічних систем резервування. Під літерою «X» у «X-Bu-Wire» мають на увазі системи забезпечення руху та підтримки безпеки, наприклад, рульове керування (англ. steering), гальмування (англ. braking), автоматична трансмісія (англ. power train control), управління підвіскою (англ. suspension control), або системи подушок безпеки (англ. multi-airbag systems). На прикладі системи забезпечення керування автомобілем Steering-Bu-Wire можна зрозуміти концепцію «управління по дротам» [27].

Продовженням технології X-Bu-Wire, де розглядається управління мережі контролерів тільки в обмеженні певної системи, можна запропонувати об'єднання всіх мереж систем X-Bu-Wire на автомобілі в єдиний комплекс. На рис. 1.1, який пояснює таку технологію, мікроконтролерні (англ. microcontroller) та мікропроцесорні (англ. microprocessor) системи позначені символами БК – бортовий контролер. Усі системи об'єднує послідовна шина передачі даних (вона може резервуватися). Зараз у якості шини передачі даних на автомобілях частіше використовують інтерфейс CAN (від скор. англ. Controller Area Network). Такий підхід надає можливість розглядати автомобіль дійсно як мережевий транспортний засіб (англ. Network Vehicle). Однак, можна говорити тільки про передачу телеметричних даних від системи до системи. Це продиктовано складністю організації взаємодії інформаційно-керувальних потоків та необхідністю надання найвищого рівня безпеки для людей, які будуть експлуатувати цей транспортний засіб, та навколишнього середовища.

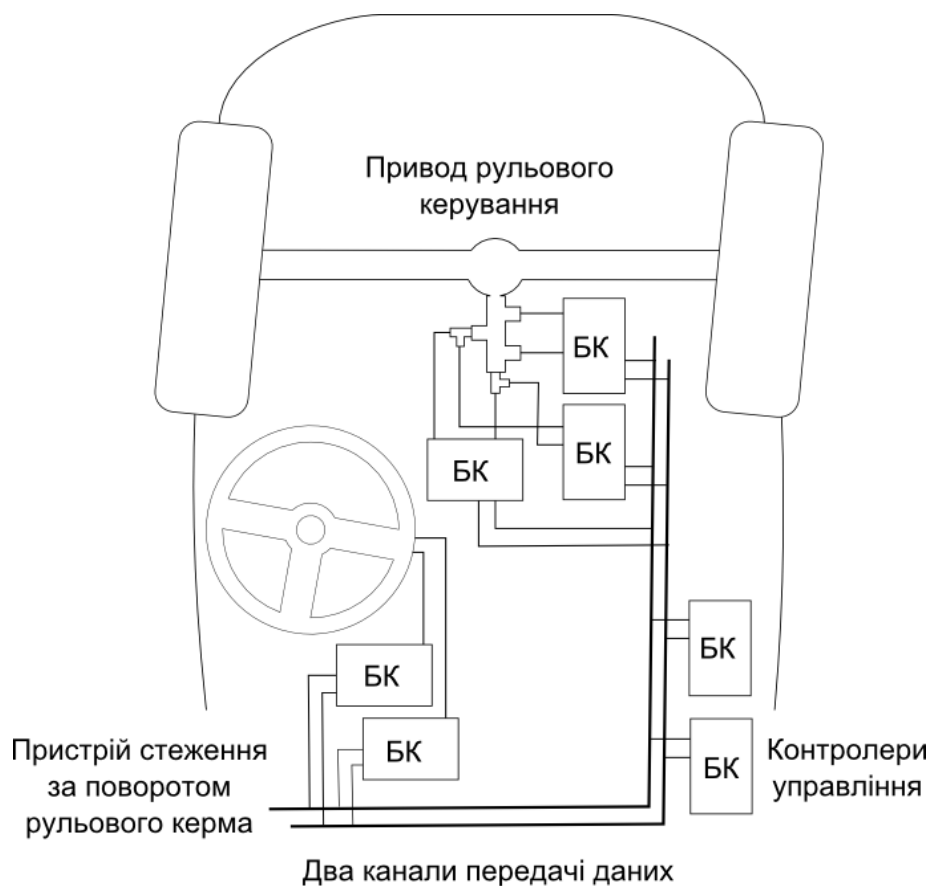


Рис. 1.1. Рульове керування (Steer-By-Wire)

Таким чином, мехатронні системи, що базуються на реалізації технології X-By-Wire, призначені не тільки для вирішення задач підтримки безпеки на автомобілі, а стають підставою для створення мережових транспортних засобів.

Сучасний транспортний засіб є своєрідним транспортним роботом, відмітною особливістю якого є наявність гнучкої комп'ютеризованої системи, яка забезпечує навігацію та керування процесом руху транспортних засобів [8]. Можна навести багато прикладів вже існуючих реалізацій автономних транспортних засобів. Наприклад, агентство передових оборонних дослідницьких проєктів США – DARPA (Defense Advanced Research Projects Agency) організовує змагання автономних транспортних засобів. У 2007 році змагання DARPA Urban Challenge відбувалися в умовах звичайного міста, де транспортні роботи без участі водіїв та дистанційного керування повинні були пройти заданий маршрут [28]. Цікавим є досвід команди Team Berlin, що брала участь у цих змаганнях [29].

Команда Team Berlin розробила транспортний засіб, який було оснащено технологію Drive-By-Wire (керування по дроту). Ця технологія передбачає взаємодію водія із бортовим комп'ютером, а вже електронна система здійснює керування транспортним засобом. Особливістю рішення Spirit of Berlin є застосування комерційної системи, яка звичайно використовується у додатках, пов'язаних із доробкою транспортних засобів для потреб людей із обмеженими можливостями.

Сучасні транспортні засоби у більшості мають бортову мережу CAN, завдяки якій можна здійснювати управління електронними пристроями автомобіля. Автовиробники не відкривають внутрішні протоколи своїх систем. Це обумовлено не скільки маркетинговими міркуваннями, а вимогами забезпечення безпеки руху. Тому, застосування стандартного рішення, наприклад, компанії Electronic Mobility Controls (EMC) дозволяє отримати можливість керування транспортним засобом завдяки командам бортової комп'ютерної системи [30].

Відмінною рисою будь-якої мехатронної системи є спрямованість на удосконалювання робочих процесів машин і механізмів, призначених для реалізації механічних технологій. Для транспортного засобу – це процес пересування у просторі. Для забезпечення пересування транспортного засобу чи роботу, його механізмів і агрегатів не можна обійтися без електротехнологій. Особливо це відноситься до сучасних транспортних засобів, у яких робота різних агрегатів і вузлів пов'язана з використанням електричних, електромеханічних і електронних приладів і пристроїв. Для автотransпортних засобів електротехнологія є основою як електронних систем автомобільних двигунів, так і інших агрегатів автомобілів: зчеплення, коробки передач, кермових приводів, гальмових пристроїв, підвіски

На рис 1.2 наведено типову структурну схему системи керування автономного транспортного засобу. Для реалізації системи Drive-By-Wire достатньо приєднати до локальної обчислювальної мережі автономного транспортного засобу бортовий комп'ютер, що умонтовується (англ. Embedded). Звичайно для реалізації локальної обчислювальної мережі транспортного засобу застосовується технологія Ethernet.

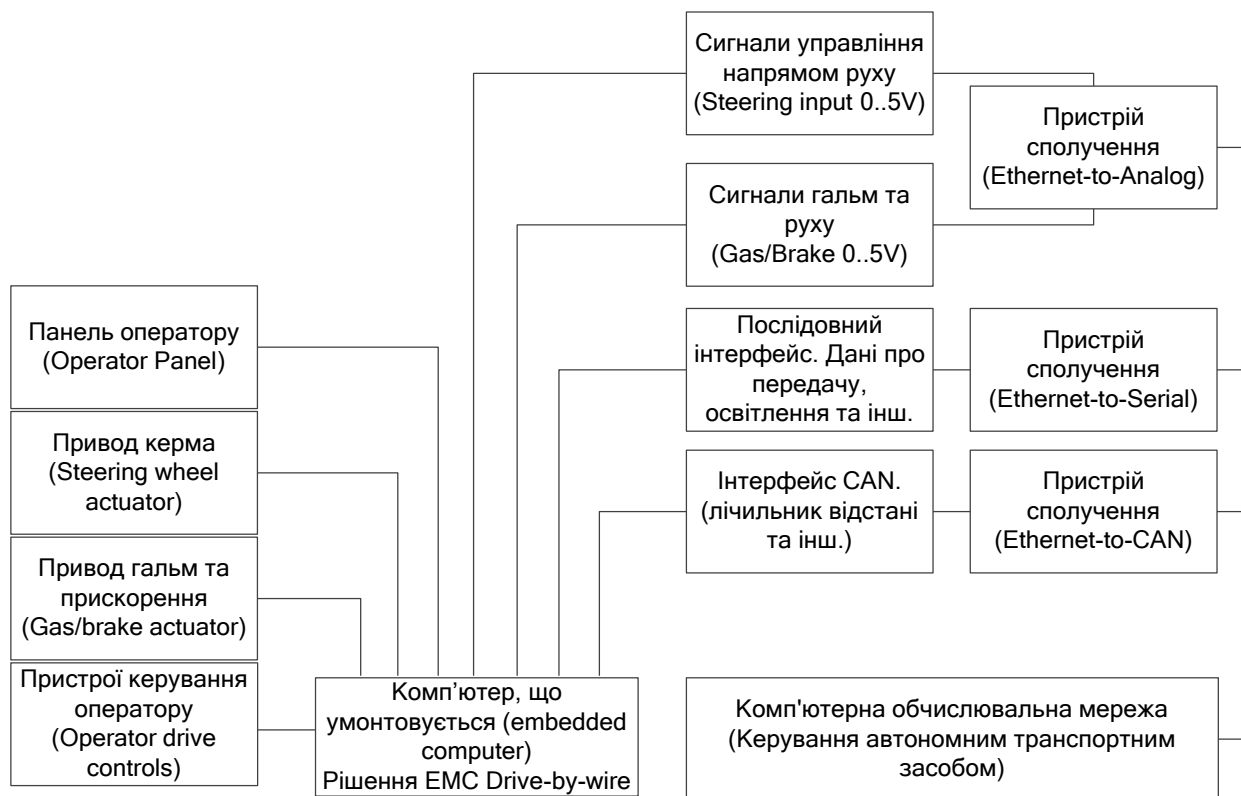


Рис. 1.2. Структурна схема системи Drive-By-Wire

Практично раціональне сполучення механічних й електротехнологій знаходить своє відбиття в інформаційній технології на логічному і фізичному рівнях керування агрегатами, підсистемами і ланками транспортних засобів. Так, бортовий обчислювальний комплекс сучасного автомобіля (АБОК) дозволяє визначити необхідні терміни обслуговування його вузлів і агрегатів, забезпечує діагностику несправностей відповідної транспортної машини. Маршрутний комп'ютер і навігаційна система, що входять до складу сучасного АБОК, дозволяють раціонально керувати рухом автомобіля [31].

Впровадження на автомобільному транспорті телематики та елементів, підсистем і ланок мехатронних систем є процесом мехатронізації. Його зміст – це оснащення існуючих транспортних засобів новими електронними приладами. Таке часткове реконструювання транспортних засобів дозволяє швидко модернізувати існуючі автомобілі та створити практично нові мехатронні транспортні системи. Це є своєрідним перехідним процесом до дійсної мехатронізації транспортних засобів та систем.

Слід зазначити, що телематичні системи вже достатньо широко застосовуються на транспорті. Наприклад, автомобілі Mercedes Benz обладнуються телематичною системою Motorola Tele Aid [32]. Ця система у разі активації подушки безпеки направляє сигнал екстреного виклику (застосовується мережа стільникового зв'язку) із зазначенням марки автомобілю та його координатами до центру телематичних послуг. Схожа система – Volvo On Call працює не тільки в країнах Європи чи Америки, але й на території Москви та Санкт-Петербургу [33]. Визначені телематичні системи дозволяють не тільки надіслати екстрене повідомлення до координаційного центру, а також у разі потреби зв'язатися із оператором та дистанційно включити сигналізацію чи, навпаки, відкрити двері автомобілю (наприклад, у разі зачинення ключа в салоні). Проте, слід відмітити, що незалежно від основного напрямку використання, такі системи, насамперед, повинні здійснювати моніторинг транспортного засобу, на якому вони встановлені. Заразце практично реалізовано тільки для критичних ситуацій.

Розвиток процесу мехатронізації полягає у тому, що паралельно із комп'ютеризацією ТМ відбувається їх інтелектуалізація. Вона теж базується на інформатиці і застосуванні АБОК у так званих думаючих або Smart-автомобілях. В мехатроніці велику роль відіграє не тільки аналіз керуючих процесів, але і робота електричних виконавчих механізмів. Це торкається не тільки ТМ, але й транспортних технологій (ТТ), керування транспортними процесами (ТП), спостереження ШС. Загалом ТМ, ТТ на сучасному етапі розвитку транспортних систем слід розглядати як сукупність інформаційних технологій керування рухом.

Сукупність принципів та закономірностей мехатронізації ТМ, ТТ, управління ШС визначає транспортна мехатроніка, що розповсюджує принципи мехатроніки на будь-які об'єкти ТС. На рис. 1.3 наведено схему, що пояснює у цілому поняття транспортної мехатроніки.

Інтелектуалізація транспортних машин та систем за допомогою інформаційних технологій дозволяє створити принципово нову транспортну технологію керування рухом транспорту та оптимізувати маршрутну мережу великого міста [18, 22]. Усі ознаки інформаційної та інтелектуальної технології є у супутникової навігаційної технології (СНТ), яка широко застосовується на транспорті для навігації транспортних засобів та їх просторово-часової орієнтації [34].



Рис. 1.3. Взаємозв'язок складових частин транспортної мехатроніки

Різні частини мехатронних систем поєднуються на основі інформаційних процесів перетворення даних. Раціональний аналіз і синтез таких систем повинен ґрунтуватися на методології підготовки керуючих рішень у складних технічних системах [15, 16].

На рис. 1.4 наведено схему, яка пояснює синергетичне «вертикальне» та «горизонтальне» об'єднання складових частин транспортної мехатроніки та її фізичну організацію у складних організаційно-технічних системах. У проекті мережевого транспортного засобу така розробка ведеться від бортового обчислювального комплексу до системи виконавчих механізмів і пристроїв, інформаційно-вимірювальної апаратури, апаратних та програмних засобів інтерфейсів користувачів – учасників транспортних процесів.

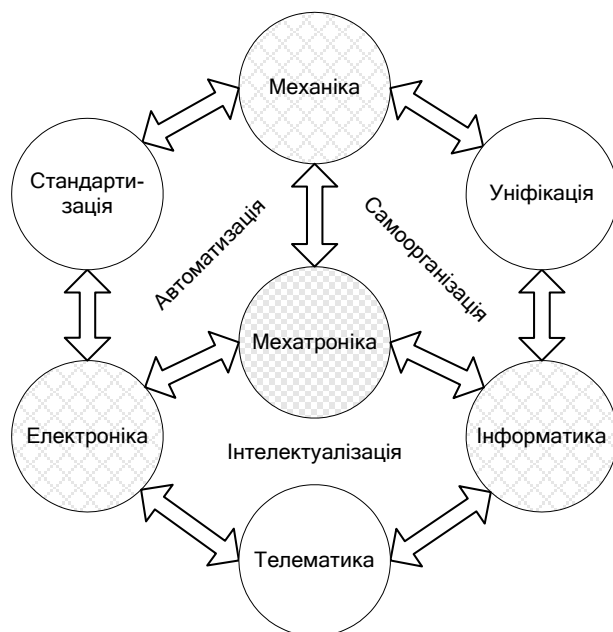


Рис. 1.4. Об'єднання складових частин мехатроніки та організація транспортних мехатронних систем

Згідно наведеної схеми ці процеси є змістом телекомунікаційних комп'ютерних бездротових (англ. Wireless) технологій, що забезпечують інформаційні послуги. Вони ґрунтуються на засобах телематики (внутрішньої – між пристроями та агрегатами ТМ та зовнішнім середовищем, зовнішньої – між ТМ та інформаційним простором руху – Internet).

Механізм раціонального сполучення, телекомунікаційних зв'язків різних за своєю природою складових транспортної системи оснований на синергетиці – засобу самоорганізації, адаптації до умов існування та інтелектуалізації (надання технічним системам думуючих, розумових властивостей). Відповідна система стає думуючим об'єктом, що має здібність приймати рішення за аналогією дій (розуму) людини [35, 36]. З цим сполучаються механізми уніфікації та стандартизації. Уніфікація – забезпечення універсальних рішень (структуризація та реалізація модульних конструкцій). Стандартизація – використання загальних протоколів передачі даних, узгодження рівня сигналів та логіки їх створення і функціонування.

Відповідному уявленню мехатронної системи можна співвіднести своєрідний логічний ланцюжок: формальне узагальнення на теоретично множинному рівні → аналітичний опис закономірностей складного процесу → програмна реалізація. Для транспортних

систем таке уявлення завершується продуктивним програмним комплексом. Як один із прикладів, можна визначити PTV Vision, що є пакетом програмного забезпечення із планування й організації дорожнього руху [37–39]. За його допомогою можна виконувати планування, аналіз та здійснювати організацію транспортного руху. Сфера застосування цього рішення велика: починаючи від підготовки проектів організації й аналізу схем руху на перехрестях і розв'язках до досліджень комплексних транспортних систем міст і регіонів, включаючи створення перспективних інтегрованих транспортних концепцій для індивідуального і громадського транспорту. Одночасно із цим PTV Vision вирішує завдання оперативного й стратегічного транспортного планування [40].

Моделювання транспортних систем надає можливості для вдосконалення систем керування транспортом. Один із комплексних рішень керування дорожнім рухом пропонує фірма Siemens AG – Industrial Solutions and Services [41]. Пропонуючи системну концепцію SITRAFFIC, фірма надає інструментарій для реалізації цілісних рішень ефективного керування рухом транспорту з урахуванням навіколишніх умов. Пристрої системи й методи керування погоджені один з одним таким чином, що забезпечується оптимальна системна єдність даних, зв'язку та методів проектування.

Інтегровані системи керування дорожнім рухом фірми Siemens забезпечують мобільність пересування у великих містах, координуючи рух індивідуального та громадського транспорту, пішоходів та велосипедистів. Така система повинна забезпечити безпеку дорожнього руху при одночасному зниженні шкідливих викидів в атмосферу. Важливою метою цієї системи є скорочення часу очікування для громадського пасажирського транспорту (ГПТ), що досягається за рахунок використання адаптивного керування. Також системи управління дорожнім рухом та моделювання руху транспорту стають більш потужними, розвиненими, що надає можливості стверджувати про наявність інтелектуальних транспортних технологій. Зазначимо, що інтелектуальна система – інформаційна система, що використовує базу знань і розвинену систему програм її обробки [42, 43].

Слід визначити іншу складову інтелектуальних систем на транспорті. Це споживачі або учасники дорожнього руху – від водіїв транспортних засобів, пасажирів до пішоходів, які є невід'ємною

частиною транспортного середовища. Оскільки змінюється середовище руху: підвищується швидкість перевезень, ускладнюється дорожня обстановка та збільшується кількість учасників дорожнього руху – для споживача стає актуальним отримувати більш детальну інформацію про середовище руху.

Для вирішення цієї задачі має важливу роль розвиток телематики – галузі, що поєднує телекомунікації та інформаційні технології. Сьогодні у транспортних додатках практика йде попереду теорії, як це було на початку розвитку інформаційних технологій [44]. Наприклад, є тенденція надання операторами стільникового зв'язку телематичних послуг для учасників дорожнього руху. Наприклад, послуга оператора «Київстар» надає можливості в будь-який момент отримати реальне зображення потрібної вулиці, мосту, перехрестя та обрати найоптимальніший маршрут для поїздки. Завдяки встановленим у різних містах України WEB-камерам користувач послуги може в будь-який момент отримати реальне зображення потрібного місця. Інша послуга, доступна користувачам мобільних телефонів, – мобільна карта. Це послуга на основі технології визначення місцезнаходження абонента – LBS (Location Based Services). За допомогою цієї системи можна в будь-який момент отримати інформацію про своє місцеперебування.

Використання стільникового зв'язку надає можливості користуватися послугами Internet за допомогою GPRS (General Packet Radio Service) – технології високошвидкісної передачі даних у мережах GSM. Більш перспективною стала технологія EDGE (Enhanced Data for Global Evolution), що дозволяє передавати інформацію зі швидкістю до 384 Кбіт/с, що у 8–10 разів перевищує можливості GPRS. Сьогодні оптимальним є застосування технологій 3G, а в перспективі – 4G (WiMax та LTE), що в залежності від стандарту дозволяють досягти швидкості передачі даних більш 10 Мбіт/с [45].

Таким чином, можна виділити декілька рівнів інтелектуальних систем на транспорті. Така інтелектуальна транспортна технологія базується на технологіях Internet – середовищі доступу до даних, системах планування та моделювання транспортних мереж, системах керування дорожнім рухом та телематичними комплексами, які надають найоперативнішу інформацію про стан дорожнього середовища та дозволяють взаємодіяти з учасниками дорожнього руху. Цьому відповідає схема (рис. 1.5), що пояснює загальну послідовність

синергетичного об'єднання складових інтелектуальних транспортних систем і технологій.



Рис. 1.5. Багаторівнева інтелектуальна транспортна технологія

Відповідні програмно-апаратні комплекси транспортних систем та транспортної інфраструктури є природним наслідком інформатизації сучасного суспільства. Джерелом їх розробки та створення є методи та засоби інформатизації, що ґрунтується на комп'ютеризації складних об'єктів та систем, методології створення локальних та глобальних (корпоративної, світової) обчислювальних мереж (LAN та WAN). Згідно визначеної вище концепції, яка дозволить вирішити протиріччя між бурхливим розвитком засобів та методів інформатизації складних об'єктів та систем, їх уніфікації та гетерогенним характером існуючих підсистем та ланок транспортного комплексу, в основу дослідження покладено теоретичні загальні методи та засоби створення комп'ютерних розподілених систем [46, 47].

Зазначимо, що розподілена система – це набір незалежних комп'ютерів, які в уявленні її користувачів є єдиною об'єднаною системою. Розподілена система характеризується тим, що користувачі не відрізняють особливостей між комп'ютерами та способами зв'язку між ними. Це стосується й зовнішньої організації розподілених систем. Іншою важливою характеристикою розподілених систем є спосіб, за допомогою якого користувачі працюють із додатками у розподілених системах, незалежно від того, де й коли відбувається їх взаємодія. Разом з цим глобалізація бізнесу, поява наукових транснаціональних об'єднань та зростаючі потреби громадських організацій та окремих осіб сформували потребу в надійних, більш

потужних та зручних засобах виконання обчислень й обробки інформаційних потоків даних. Саме комп'ютерна мережа, як програмно-апаратна інфраструктура, забезпечує надійний, стійкий та недорогий доступ з будь-якої точки до високопродуктивних комп'ютерних ресурсів.

Карл Кессельман (Carl Kesselman) та Ян Фостер (Ian Foster) у книзі «The Grid: Blueprint for a New Computing Infrastructure» (1998 р.) дали визначення GRID (у перекладі з англ. – сітка, за аналогією із структурою електромереж). Вони зазначили, що комп'ютерна мережа (grid) – це програмно-апаратна інфраструктура, яка забезпечує надійний, стійкий, недорогий доступ з будь-якої точки до високопродуктивних комп'ютерних ресурсів. Згодом це визначення було уточнено: Grid-комп'ютинг – це скоординований поділ ресурсів для рішення завдань у віртуальними організаціями з багатьма учасниками, які динамічно змінюються [48, 49]. Звичайно термін «комп'ютинг» (Computing) або метакомп'ютинг застосовується у разі вирішення задач, де на основі відокремлених комп'ютерів будується системи більш високого рівня [50].

Ключова концепція Grid Computing – це досягнення домовленості про поділ ресурсів між постачальниками й споживачами та використання отриманого обсягу ресурсів для різних цілей. Поділ ресурсів – це не просто обмін файлами, а ще й прямий доступ до комп'ютерів, програмного забезпечення, даних та до інших ресурсів, як цього вимагає ряд стратегій, прийнятих у промисловості, науці й інженерії для спільного вирішення завдань. Очевидно, що цей поділ має ретельно контролюватися постачальниками й споживачами ресурсів. Концепція Grid Computing, GRID-система, GRID-технологія є своєрідним уявленням специфіці та властивостей сучасних розподілених систем.

Одним із прикладів обчислювального GRID є проект LCG – це світова мережа, що поєднує тисячі кластерів, зв'язаних швидкісними каналами. Цей проект втілено для обробки даних великого адронного колайдери – Large Hadron Collider, який щороку буде надавати близько 15 Петабайт даних. Доступ до цих експериментальних даних буде забезпечено для більш ніж 5000 науковцям у 500 наукових інститутах та університетах світу [51].

Зараз багато фірм надають комерційний доступ до grid-обчислень. Наприклад, такі пропозиції є у компаній IBM та Hewlett

Packard у рамках комплексного обслуговування своїх клієнтів. Клієнти цих фірм можуть одержати grid-обчислення в контексті проекту по спеціалізованому обслуговуванню [52]. Слід визначити окремий випадок Grid computing – Utility computing model. Це надання комплексних послуг з обчислення завдань замовника на обладнанні підрядника [53].

В Україні виконуються роботи зі створення GRID-інфраструктури для застосування у наукових проектах. Комунікаційні канали для Українського GRID забезпечує проект УРАН (Українська науково-освітня телекомунікаційна мережа), який створено за рішенням Міністерством освіти і науки (МОН) України та Національної академії наук (НАН) України при підтримці університетів та інститутів [54]. Апаратною платформою Українського наукового GRID є кластери та потужні комп'ютерні ресурси наукових організацій та установ України [55].

За ініціативою МОН України в 2005 році Кабінет Міністрів України прийняв Державну Програму «Розвиток інформаційних телекомунікаційних технологій в освіті і науці на період 2006-2010 роки», в якій є завдання про створення національної GRID-інфраструктури. В рамках цієї Програми було об'явлено конкурс проектів, спрямованих на виконання цього завдання. З середини 2007 року розпочато роботу в рамках проекту-переможця «Створення національної GRID-інфраструктури для забезпечення наукових досліджень», в якому керівна роль належить Інституту програмного системного аналізу (ІПСА) Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут» [56].

На відміну від кластерних рішень [57], GRID-системи є розподіленими гетерогенними комп'ютерними ресурсами, котрі можуть включати до себе кластерні рішення. Розподілена система - це набір незалежних комп'ютерів, що в уявленні її користувачів є єдиною об'єднаною системою. Розподілена система характеризується тим, що від користувачів практично сховано різницю між комп'ютерами та способами зв'язку між ними. Те ж відноситься й до зовнішньої організації розподілених систем. Іншої важливою характеристикою розподілених систем є спосіб, за допомогою якого користувачі та додатки одноманітно працюють у розподілених системах, незалежно від того, де й коли відбувається їхня взаємодія.

Відмінною рисою розподіленої системи є легкість розширення, або масштабування. Ця характеристика є прямим наслідком наявності незалежних комп'ютерів, але в той же час не вказує, яким образом ці комп'ютери насправді поєднуються в єдину систему. Розподілені системи звичайно існують постійно, однак деякі їхні частини можуть тимчасово виходити з ладу. Користувачі й додатки не повинні повідомлятися про те, що ці частини замінені або полагоджені, чи додані нові частини для підтримки додаткових користувачів або додатків.

Функція планувальника задач GRID-системи полягає у знаходженні вільного ресурсу для вирішення поставленої задачі. Це відрізняється від планування виконання задач на кластері тим, що кластер передбачає можливість розпаралелювання задачі на окремі модулі, що будуть виконані на однорідних вузлах. GRID-системи базуються на порівняно ненадійних комп'ютерних системах, що можуть відмовитися, або бути зайнятими вирішенням інших задач. Планувальник задач повинен враховувати ці обставини.

Для того щоб здійснити подання різних комп'ютерів і мереж у вигляді єдиної системи, організація розподілених систем часто містить у собі додатковий рівень програмного забезпечення, що перебуває між верхнім рівнем, на якому перебувають користувачі й додатки, і нижнім рівнем, що складаються з операційних систем, як показано на рис.1.6. Відповідно, така розподілена система звичайно називається системою проміжного рівня (middleware) [46].

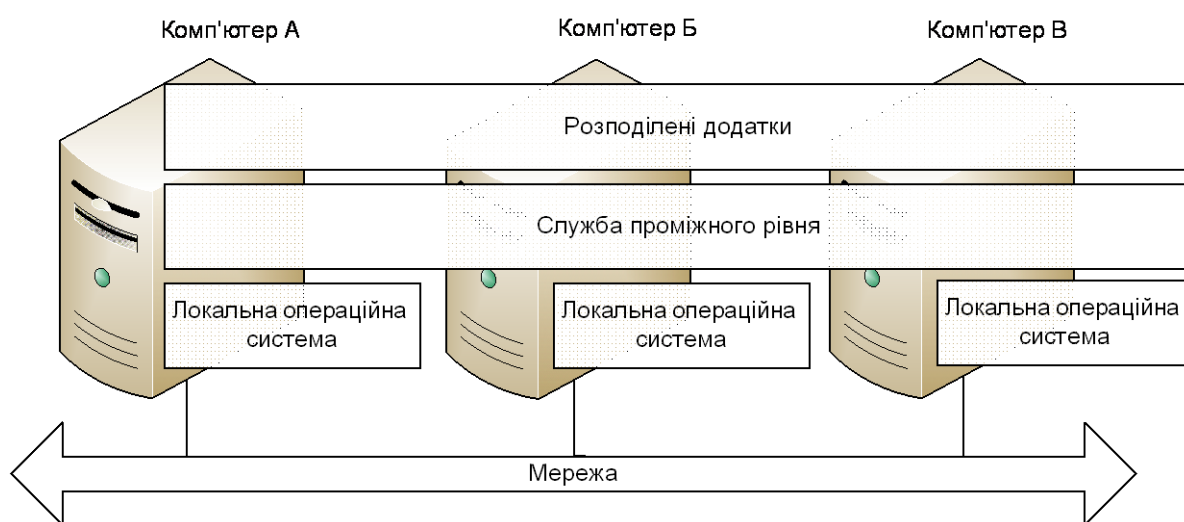


Рис. 1.6. Організація розподіленої системи

Grid-технології виступають у ролі віртуального середовища, що надає можливості координації використання гетерогенних географічно-розподілених ресурсів. Такі технології і системи надають можливості застосування різноманітних ресурсів: обчислювальних, накопичення даних та комунікаційних. При чому надійність та продуктивність окремих систем може бути порівняно невеликою, але користувач такої розподіленої системи отримує єдину надійну та продуктивну платформу для обчислень, отримання доступу до баз даних та знань, також може зберігати свої дані та користуватися різноманітними комунікаційними технологіями.

Слід підкреслити, що структурно GRID-системи складаються із трьох складових: розподілені ресурси для виконання продуктивних обчислень, розподілені системи збереження даних та системи забезпечення розподілення навантаження на канали зв'язку. У свою чергу, можна визначити декілька рівнів Grid-систем за їх топологією [58]. Найнижчий рівень – це Intragrid (внутрішні Grid). Такі системи об'єднують ресурси окремо визначеної організації, що не має зв'язків з партнерами. Intragrid дозволяє скоординувати використання внутрішніх інформаційних ресурсів організації (рис. 1.7). Слід зазначити, що цими ресурсами можуть бути як окремі комп'ютери, пристрої збереження даних та комунікаційні технології, так і один чи декілька внутрішніх кластерів.

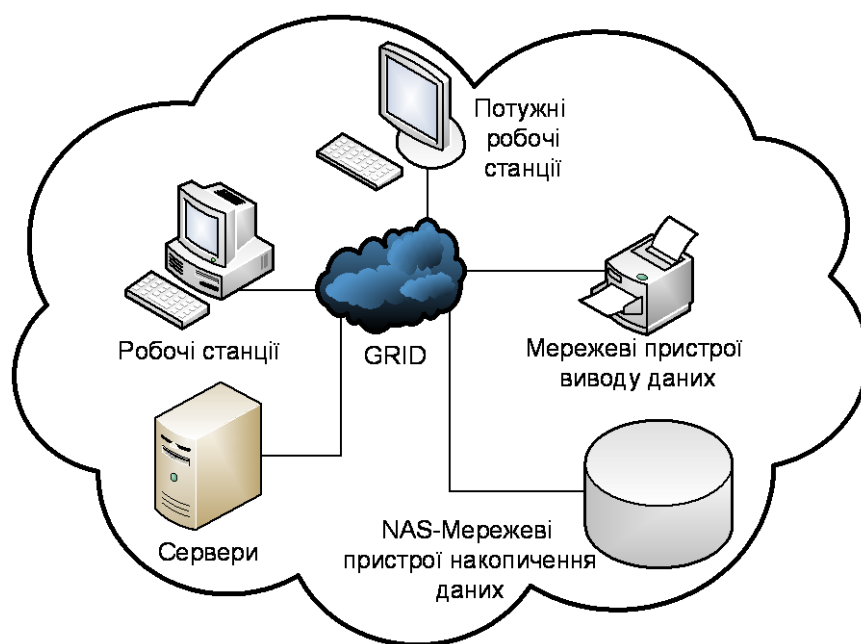


Рис. 1.7. Intragrid-система

Іншим прикладом визначення масштабу Grid-систем за їх топологією є Extragrid (зовнішній Grid). Такі системи об'єднують вже декілька організацій, що мають велику кількість партнерів (рис. 1.8).

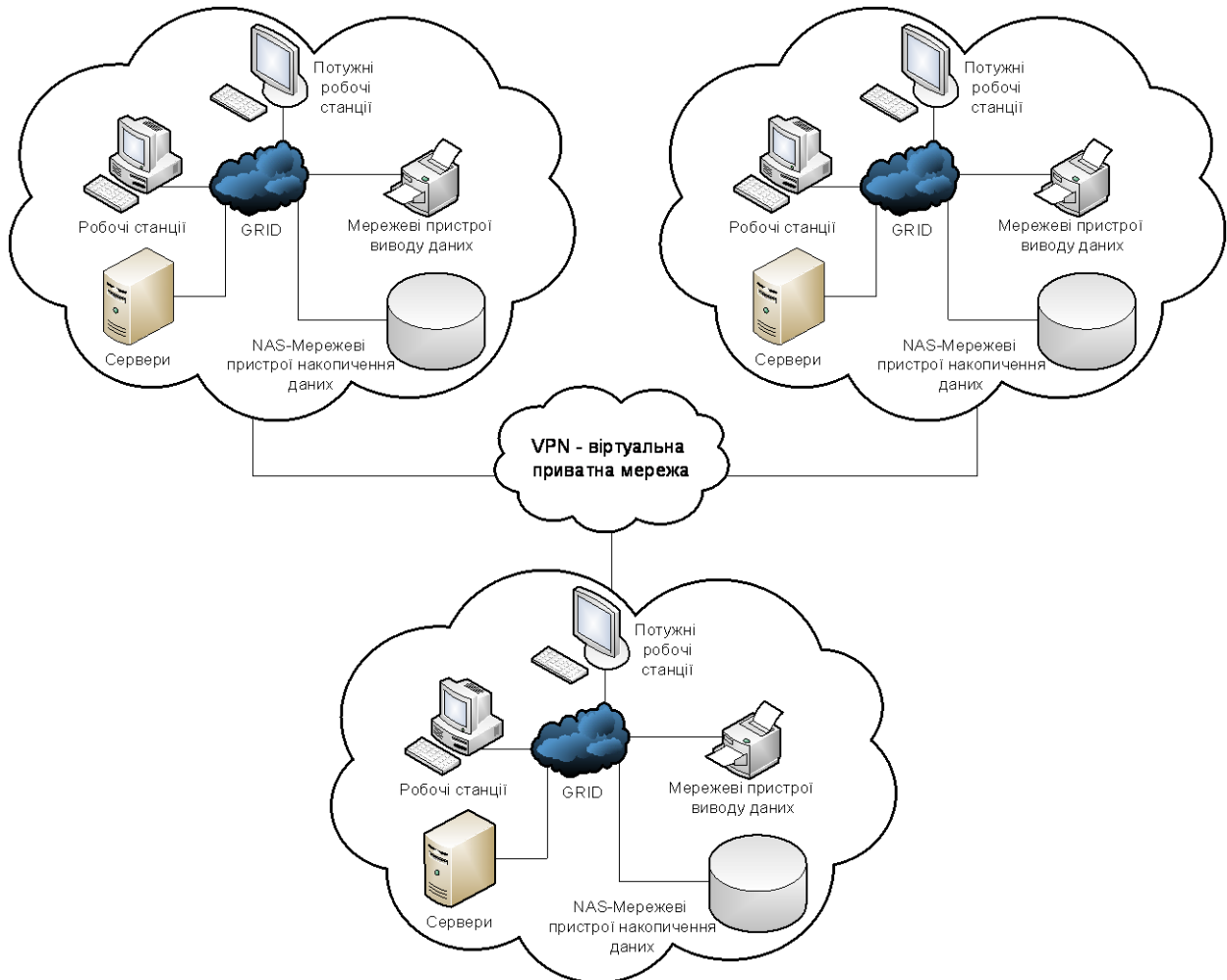


Рис. 1.8. Extragrid-система

Звичайно таке об'єднання координується Grid-системою, а віртуальна приватна мережа – VPN (англ. Virtual Private Network) [59] дозволяє технічно об'єднати розрізнені внутрішні Grid та кластери у єдиний інформаційний простір, що координується вже єдиною Grid-системою і надається користувачу як єдина віртуальна платформа.

Найвищий рівень за масштабом розміру Grid-систем є Intergrid. Такі глобальні системи об'єднують вже багато організацій, партнерів, кластерних рішень та безумовно самих Grid-систем на рівні міжнародних організацій. Це своєрідний розвиток концепції зовніш-

ній Grid-системи. На рис. 1.9 наведена схема, яка відповідає визначенню такої глобальної системи.

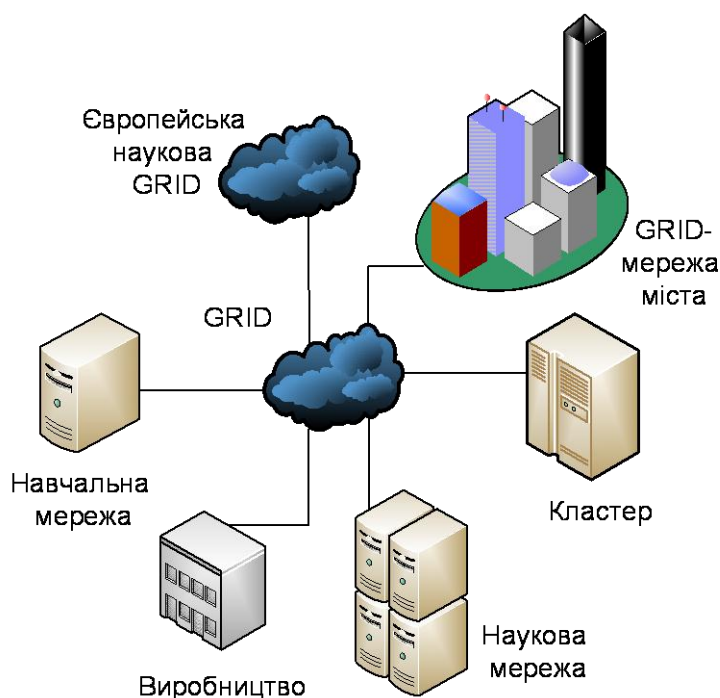


Рис. 1.9. **Intergrid-система**

Зазначені вище визначення: Intragrid, Extragrid та Intergrid систем є класифікацією за топологічними ознаками. Коли визначають корпоративні, державні та приватні системи, це є розподіл за рівнем використання. За функціями використання слід розділяти GRID – системи на наукові, навчальні, комерційні та спеціальні системи, як наприклад тестова інфраструктура обчислень та обміну даними Європейської наукової спільноти. Створення GRID-системи для рішення задач у транспортній галузі доцільно виконувати згідно послідовності, що відповідає логіці розвитку відповідної GRID-технології: від Intragrid та Extragrid до Intergrid. Системи, що розглядаються, можна класифікувати, як корпоративні та спеціальні. Однак, треба враховувати можливість співпраці із державними науковими GRID-об'єднаннями.

Деяке розходження у визначенні GRID – систем дозволяє їх класифікувати за таким ознаками: функціональними, топологічними та за відношенням до рівня використання. На рис.1.10 наведена схема, що пояснює таку класифікацію.

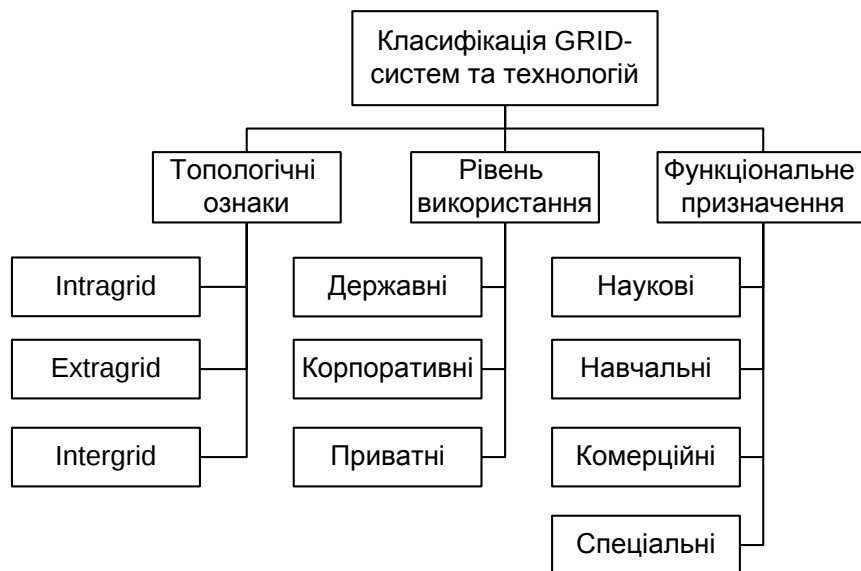


Рис. 1.10. **Різновиди GRID-систем**

Застосування GRID-технологій є логічним продовженням розвитку сучасних інформаційних систем та обчислювальних мереж. Головна перевага таких систем полягає у керуванні розподіленими ресурсами, що надаються до використання широкому колу споживачів. Такі ресурси об'єднують обчислювальні потужності, системи накопичення та управління даними та комунікаційні системи організацій, що впроваджують сучасні GRID-рішення.

Таким чином, GRID методологія є формальним визначенням мережевого рівня комп'ютерної технології, що практично забезпечує втілення різних комп'ютерних ресурсів до єдиного інформаційного простору. Коли проблема розвитку та комп'ютеризації розглядається на рівні складного технічного комплексу – вона має логічне рішення шляхом створення кластерів [60–62]. Але для гетерогенних систем, до яких слід віднести підсистеми та ланки транспортної інфраструктури міст та регіонів та загалом транспорту, виникають визначні труднощі [63].

Сьогодні не має єдиних стандартів на фізичні та логічні протоколи внутрішньої та зовнішньої автомобільної телематики. Існуюче організаційне управління та відповідна підготовка рішень практично не придатні до формування керуючих впливів у автоматизованому управлінні рухом транспортних систем. Тому можна констатувати, що на даний час не має аналогів, так званого, єдиного інформаційного простору у транспортній галузі.

Слід визначити, що в Україні процеси інформатизації так, або інакше об'єктивно існують внаслідок швидкого розвитку інформатизації суспільства та промислових систем, у тому числі, на транспорті. Практично здійснено три етапи комп'ютеризації транспортних систем:

- рішення на рівні виконання комп'ютерних обчислень для вирішення окремих задач транспортного типу;
- створення галузевих автоматизованих систем управління рухом та транспортними підприємствами та організаціями, впровадження інформаційних технологій;
- обладнання транспортних засобів мехатронними вузлами, агрегатами та системами, розвиток транспортної телематики, інтелектуалізація ТМ, ТС, ШС.

Раніше розвиток наукових досліджень у транспортній галузі здійснювався завдяки окремим науковим центрам, ВНЗ, відомчим науково-дослідним інститутам. Щодо проблеми формування єдиного інформаційного простору на транспорті слід визначити, що тільки на четвертому етапі почалися дослідження у цьому напрямку. У 70–80 рр. попереднього сторіччя була закладена можливість інформаційного розвитку транспортної галузі [64]. Цьому сприяв початок створення загальної інформаційної теорії управління Петрова Б.Н. [65], новації із автоматизації керування промисловістю, транспорту згідно досліджень наукової школи Глушкова В.М. [66], відкриття законів та принципів теорії систем у роботах, перш за все Месаровича М., Заде Л., Арбіб М.А. та інших науковців [67–69]. Паралельно в інформаційній галузі пройшов перехід до цифрової техніки, цифрової обробки сигналів, що знайшло своє відбиття у роботах Рабінера Л., Гоулда Б. [70, 71]. У ці роки знайшло свій розвиток і мистецтво створення програм для вирішення окремих транспортних задач, формування баз даних, створення аналітичного забезпечення прийняття рішень у транспортній галузі. У більшості досліджень з загальних проблем використання ЕОМ розглядаються приклади алгоритмів та програм для розв'язання транспортних процесів, як наприклад, у роботах Рейнгольд Е., Нівергельт Ю., Део Н., Гудман С., Хідетніємі С., Дейкстра Е. та ін. [72–75].

У період становлення новітніх інформаційних технологій управління складними процесами й системами на транспорті по новому вирішувалися проблеми удосконалювання ТС. Це знайшло ві-

дбиття у програмних дослідженнях Говорущенко М.Я., Гаврилова Е.В. (ХАДІ), у роботах Якушина Л.А., Космачова А.Н., Вялих А.Г. [76–78]. Належне теоретичне обґрунтування проблеми аналітично-інформаційного забезпечення визначених у цих роботах задач керування транспортними процесами та підприємствами отримало своє продовження в узагальненні практики змістовного розвитку транспортної галузі, у дослідженнях Брайловский Н.О., Грановський Б.І., Клінковштейн Г.І. [79, 80].

Теоретичне узагальнення цього етапу розвитку транспорту знайшло своє відбиття у роботах Сільянова В.В., Золотаря І.А., Сіденко В.М. [81–83]. Саме у цей період получили розвиток дослідження Васильєва А.П., Фрімштейна М.І., інших науковців та роботи науково-дослідних й проектних організацій в автоматизації різних ланок автодорожнього комплексу [87–88]. Ця практика була науково узагальнена і послужила основою подальшого становлення наукових засад розвитку теорії створення та експлуатації підсистем та ланок транспортного комплексу, використання ЕОМ Афанасьєвим Л.Л., Воркутом А.І., Філіпповим В.В. [89–91].

У 80-роках відбувалася розробка та впровадження у практику керування транспортом автоматизованих систем управління транспортними процесами [92–95], будівництвом та експлуатацією автомобільних доріг [96]. Цьому сприяли теоретичні дослідження в області кількісного аналізу транспортних процесів, транспортної економетрії [97], з мікропроцесорної техніки на автотранспорті [98] та роботи із інтелектуалізації ЕОМ [99], становлення АСУ на автотранспорті [100, 101], початок розвитку мереж обчислювальних систем для контролю автотранспортної інформації [102].

Слід відзначити, що паралельно з рішенням проблем автоматизації керування у транспортних системах відбувалося загальне розширення інформатизації усіх складових транспортного комплексу – від рухомого складу [103], технічних засобів сприяння дорожньому руху [104, 105] – до створення інформаційних технологій на транспорті [106]. У цей час розвиток транспортних систем отримав своє теоретичне ґрунтування, перш за все у дослідженнях Гаврилова Е.В. [107], роботах створення АСУ на транспорті Поліщука В.П. [108–110], методах організації перевезень пасажирів Доля В.К. [111].

Наукові проблеми розвитку та інформатизації й інтелектуалізації транспортних систем постійно знаходяться у полі зору науковців різних країн і міжнародного наукового суспільства: конгреси

IFAC, IEEE [112–115]. Поряд з цим розвитку інформаційних технологій на транспорті сприяли дослідження КАДІ [116] та ХАДІ [117], роботи з транспортної телематики, наприклад [118]. Цей новий рівень інформатизації транспорту збігся із розвитком досліджень з логістики [119–121], удосконалюванням управління та розвитком ШС [122, 123]. Завершує цей період поява інтегрованих систем, в яких увага приділяється усім складовим транспортного комплексу – фундаментальне дослідження Туренко А.М. та Говорущенко М.Я. із системотехніки та кібернетики [124, 125].

Практично за останні десять років почалося становлення нового спрямування, що базується на попередніх дослідженнях із створення автоматизованих систем керування на транспорті та розвитку системи локальних обчислювальних центрів та мереж. Сьогодні інформаційні транспортні ресурси повинні входити до загальних комп'ютерних мереж.

На схемі (рис. 1.11) розглянуто ситуацію, яку можна визначити початковим періодом створення єдиного інформаційного простору. Таке об'єднання ґрунтується на паралельному розвитку усіх складових транспортного комплексу, інтелектуалізації рухомого складу, внутрішньої та зовнішньої телематики транспортних засобів та «запурення» окремих інформаційних ресурсів транспортних організацій до єдиного інформаційного простору корпоративних обчислювальних мереж на місцевому, регіональному та світовому рівнях.

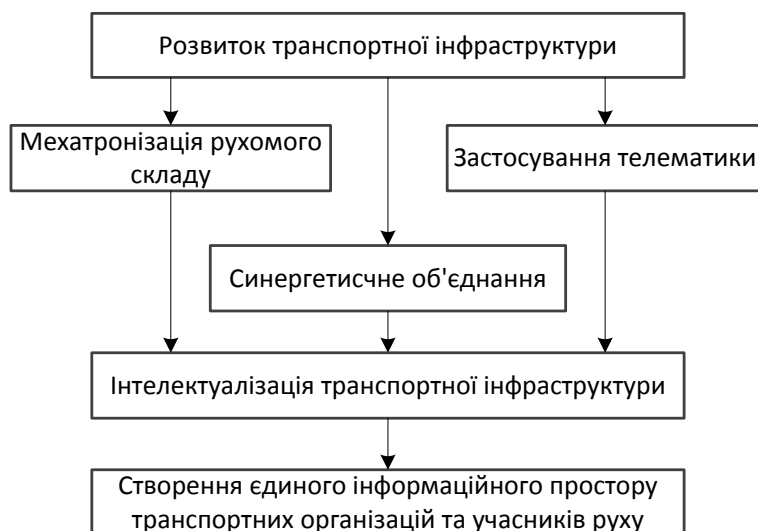


Рис. 1.11. Схема синергетичного об'єднання інформаційних ресурсів

Зараз об'єктивно почалося формування такого об'єднання. Воно ґрунтується на нормативних засадах організації роботи загалом транспорту та окремо автотранспорту [3, 4, 126]. Теоретичні основи інформаційних ресурсів ґрунтуються на нових підходах до теорії та практики створення, експлуатації й розвитку ТС міст та регіонів. Для автомобільного транспорту країн СНД відповідні дослідження виконуються з початку 2000-х рр. у ХНАДУ [127, 1128], УТУ [129–131] та МАДІ [1,2]. Загальні проблеми розвитку автомобільних пасажирських перевезень розглянуто у дослідженнях, наприклад, Спіріна І.В. [132–134], а вантажних – у роботах Прокудіна Г.С. [135, 136].

Розвиток транспортних систем передбачає удосконалювання всіх видів транспортних засобів та процесів, створення автоматизованих транспортних систем, оптимізацію ТП [137–140], що пов'язано з їх моделюванням та узагальненням у відповідних роботах Четверухіна Б.М., Єресова В.І. та ін. [141, 142]. Сьогодні актуальними є дослідження у яких особливу увагу приділяють співвідношенню розвитку транспортних систем та екології [143–145]. Створення інформаційних систем знайшло своє відбиття у зарубіжних дослідженнях [41, 146, 147].

Можна висловити, що саме інформаційні системи на транспорті поєднують властивості комп'ютерних моделей та універсальних інструментальних засобів створення й подальшого керування транспортними машинами, системами, комунікаціями (керування ІІС транспортних інфраструктур міст та регіонів) [42]. Використання автомобільної електроніки та мікропроцесорної техніки у ТМ розглядається у роботах з електронного обладнання як автомобілів [148], так і загалом транспортних машин і рухомого складу [149]. Можна стверджувати, що застосування мехатроніки на транспорті тісно пов'язано з двома відомими законами розвитку: Г. Мура, що сформульований у 1965 році та принципом, який зветься «хвилі» Макімото [150]. Згідно відповідним тенденціям розвитку складових мехатроніки слід визначати шляхи комп'ютеризації ТС [151–153].

Високий рівень інформаційного розвитку транспортних систем забезпечує телематика. Автомобільні пристрої та прилади, що можна визначити як системи внутрішньої та зовнішньої телематики вже знайшли своє застосування на транспорті у спеціальних системах моніторингу ІІС. Наприклад, сьогодні у ХНАДУ, МАДІ існує своє-

рідна індустрія розробки та експлуатації пересувних транспортних лабораторій. Серед цих лабораторій можна виділити прототипи інтелектуальних транспортних засобів: розробка УМТЛ – ХНАДУ [154, 155], система МАДІ для моніторингу транспортних потоків та вулиць «МУДРЕЦ» [156–158]. Телематика міцно пов’язана із мехатронікою та інтелектуалізацією, що знайшло своє відбиття у роботах Теленіка С.Ф. [159–161].

Практика використання інтелектуального моніторингу підсистем та ланок транспортного комплексу протягом останніх років була висвітлена у результатах виконання фундаментальних та прикладних досліджень ХНАДУ з мехатронізації транспортних машин та систем і створення інтелектуальних технологій [162–165]. Ці результати відповідають ДСТУ, що визначають сучасний стан транспортної інфраструктури [166, 167] та базуються на окремих рішеннях оцінки експлуатаційних властивостей автомобільних ШС, що пройшли відповідну метрологічну експертизу [168–171]. Виконання цих досліджень було науково-технічною базою для розробки корисних моделей [155, 172–174].

Слід відносити транспортний комплекс та його інфраструктуру до класу складних організаційно-технічних систем. Склад таких систем є різномірним за фізичними якостями та властивостями. У фундаментальних дослідженнях Хакена Г. [174–177] та роботах по самоорганізації складних систем Івахненко А.Г. [178] й праксеології Зеленовського Я. [179] визначено відповідний підхід. Він оснований на синергетиці, яка передбачає наявність в таких системах механізму самоорганізації. Особливу важливість має синергетичний підхід для вирішення проблем інформатизації та комп’ютеризації у складних технічних, організаційно-технічних та соціальних розподілених системах. Саме він покладений в основу цього дослідження [180, 181].

Синергетичний підхід базується не тільки на механізмах самоорганізації складних систем, але й на методі аналогій у сенсі, що визначено, наприклад, у роботі Батароева К.Б. [182]. Аналогія, перш за все виявляється у застосуванні математичних методів та логічного узагальнення, що прийняті у теорії ШНМ. Їх порівняно універсальний характер дозволяє вирішувати транспортні задачі. У дослідженнях Бодянського Є.В., Руденко О.Г., Михалева О.І. розглянуто теоретичні питання використання НШМ [183–185], практика викла-

дена у роботах [186, 187]. Зв'язок з нечітким керуванням та генетичними алгоритмами досліджено Рутковською Д. [188]. Тому важливим є ефективне сполучення апаратних та програмних складових ТС, визначення топології відповідної комп'ютерної мережі та визначення особливості роботи програмного забезпечення, операційних систем [189–191].

Завдання упорядкування та узагальнення комп'ютерного простору вирішуються за допомогою впровадження GRID-технологій [192] та концептуального обґрунтування їх застосувань [193]. Таке сполучення буде ефективним у разі застосування синергетичного підходу з урахуванням концепції самоорганізації комп'ютерних систем. Спільне використання комп'ютерних ресурсів повинно бути контрольованим. Група осіб або організацій, пов'язаних такими обмеженнями складає «віртуальну організацію». Тому можна визначити чітку аналогію багаторівневої архітектури GRID-систем із структурами перших потужних СУБД та інших складних програмних систем [194, 195].

Спільне використання комп'ютерних ресурсів для ТС базується на механізмі їх самоорганізації, який полягає у паралельних розподілених обчислюваннях та використанні GRID-технологій. Для рішення задач, що потребують створення паралельних процесів оптимальним зараз є застосування інтерфейсу передачі повідомлень (англ. Message Passing Interface) – MPI [196–199]. Впровадження визначених складних програмно-апаратних систем та комплексів потребує виконання моделювання та узагальнення їх уявлення за допомогою візуальної моделі [200–202]. Основою такого уявлення є формальна уніфікована мова моделювання складних організаційно-технічних систем і процесів (англ. Unified Modeling Language) – UML [203–206].

Таким чином, слід визначити, що проблема створення єдиного інформаційного простору транспортних систем тісно пов'язана із узагальненням, аналізом та синтезом різномірних гетерогенних складових частин, підсистем, ланок, об'єктів що є керованими, або керуючими та використовують відповідні комп'ютерні ресурси. Визначений огляд джерел розробки підтверджує це твердження.

1.2. Сучасні транспортні системи, технології та процеси

Транспортний комплекс складається із транспортних систем. До них належать автотранспорт, залізничний транспорт, водний, повітряний транспорт, трубопровідний та інші види транспорту, основною задачею яких є переміщення в просторі і часі різних об'єктів і систем. Кожна частина транспортного комплексу є системою з двома складовими: рухомі складові і транспортні комунікації. Таким чином, для будь-якого виду транспорту характерні дві взаємодіючі частини: множини транспортних засобів і транспортних комунікацій (або узагальнено для наземного транспорту – шляхи сполучення), що є мережею доріг.

В основі узагальнення оцінки транспортних машин, систем, ШС та транспортних процесів (ТП) покладено механізм взаємодії транспортного засобу (ТЗ) та ШС, який слід вважати керованим процесом. Кожен ТЗ характеризується своїм поточним напрямком пересування й маршрутом руху. Визначення режиму пересування такого ТЗ відбувається на основі аналізу ситуацій на відповідному ШС, прогнозу умов руху та супроводжується формуванням керуючих впливів.

Аналіз транспортних процесів передбачає їх уявлення як послідовності дій учасників руху ТС, яку формально визначимо як множину

$$T = Z \cup K,$$

де Z – засоби пересування;

K – шляхи сполучення (ШС). Логічним продовженням такого узагальнення є використання інформаційно-логічної моделі (ІЛМ) транспортно-експлуатаційних параметрів.

На перше місце у керуванні транспортними процесами виходе сукупність дій осіб, що приймають рішення (ОПР) про організацію руху. Пересування окремого АТЗ теж підпорядковується відповідним діям ОПР (рис. 1.12).

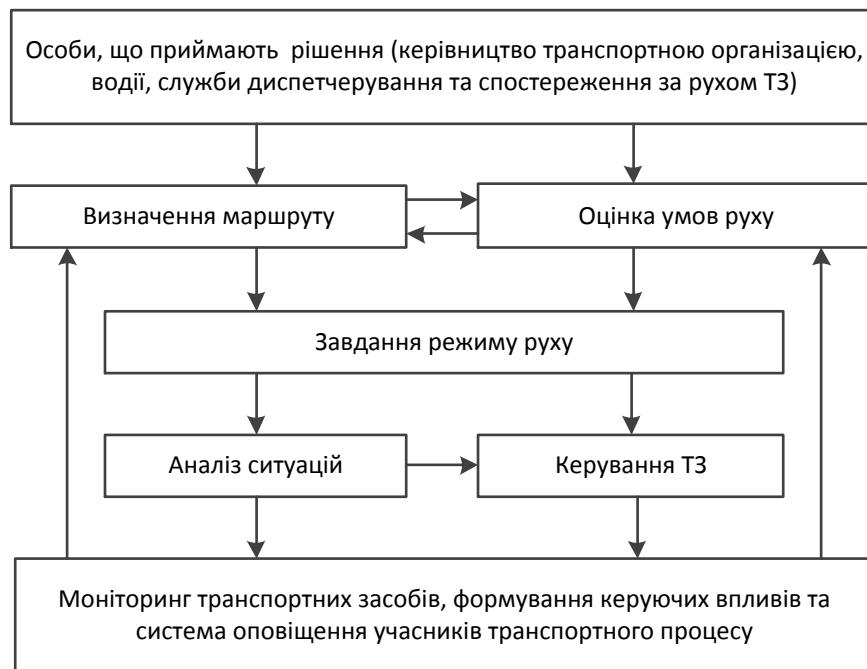


Рис. 1.12. Транспортний процес

Рух окремого транспортного засобу визначається за результатами оцінки ШС та моніторингу стану ТЗ (рис. 1.13). Йому відповідає множина транспортно-експлуатаційних параметрів, які так чи інакше впливають один на одного.

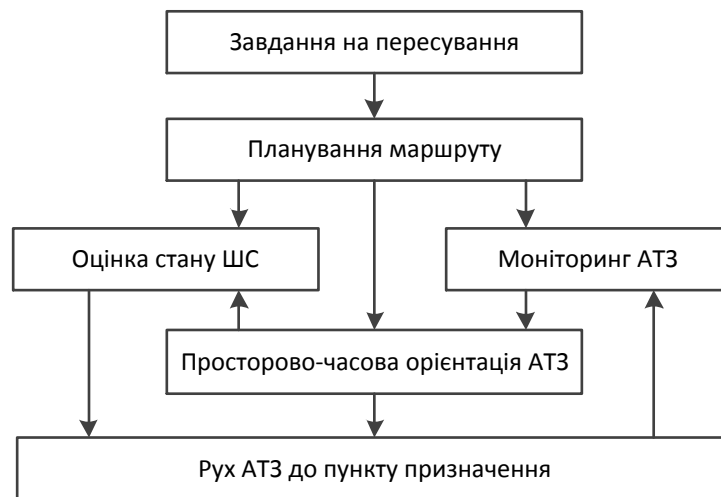


Рис. 1.13. Рух окремого транспортного засобу

Можна показати, що аналогічний висновок випливає із аналізу ІЛМ взаємозв'язку цих параметрів $\{d_i\}$. Відповідна матриця D відбиває змістовну складову моніторингу транспортного процесу. Як-

що розглядати граф, вузлам якого відповідають параметри $\{d_i\}$, використані для оцінки складної автоматизованої системи, а дугам – зв’язки між ними, то оцінку аналізованої множини об’єктів можна виконати за їх структурною складністю – D_i :

$$D_i = \sum_i b_{ij}, \quad (1.1)$$

де $b_{ij} = \{1, 0\}$;

1 – параметри зв’язані;

0 – параметри не зв’язані.

Наведена оцінка (1.1) відповідає табл. 1.1, в якій кількісно характеризується взаємозв’язок основних параметрів розглянутої системи. За результатами розрахунку складності задач можна стверджувати, що, у першу чергу, для прийняття рішень необхідно з первинних параметрів оцінювати швидкість руху, геометрію дороги, її рівність і зчепні якості.

Таблиця 1.1

ІЛМ оцінки стану ШС транспортної системи

Параметри i / j	1	2	3	4	5	6	7	8	9	D_{ij}
1. Безпека		1	1	1		1	1	1	1	7
2. Надійність	1		1	1		1	1	1	1	7
3. Видимість						1	1			2
4. Швидкість	1	1	1		1	1	1	1	1	8
5. Вартість, витрати							1	1	1	3
6. Пропускна здатність			1	1			1	1	1	5
7. Геометрія	1	1	1	1	1	1		1		7
8. Рівність	1	1		1		1	1		1	6
9. Зчеплення	1	1		1	1	1	1	1		7

При взаємодії всіх учасників руху увага приділяється більше за все керуванню не одиночним транспортним засобом, а транспортним потоком (особливо в АСУ рухом). З іншого боку, індивідуальний характер руху й інтереси конкретного водія (особливо для легкових автомобілів) вимагають наявності індивідуальних засобів організації руху, що допускають прийняття раціональних рішень на вибір оптимального за певними критеріями маршруту руху.

Поняття стану транспортної системи необхідно розглядати як фундаментальне поняття, що має як математичний, так і логічний та

фізичний зміст. Воно дозволяє обґрунтувати кількісну оцінку варіанта руху, маршруту, швидкості одиничного транспортного засобу і транспортного потоку. Математично його можна представити у вигляді деякої точки в області визначення значень параметрів досліджуваної системи. Таким чином, формально це найменший набір чисел, які необхідно визначити в момент часу t_1 , що дозволяє «прогнозувати» аналогічний набір у момент часу $t_n \geq t_1$ за класичними роботами [65–69] та визначено у роботі [208].

Логічно і фізично цьому відповідає класичні визначення інформаційної теорії управління таких дослідників як У.Р. Ешбі: «Під станом системи слід розуміти точно визначену умову або властивість, яку буде визначено, якщо вона повториться знову». Визначаючи стан транспортної системи як складної системи, необхідно враховувати своєрідний «користувальницький», або прагматичний зміст такої оцінки. З точки зору учасника транспортного процесу вона повинна визначати маршрут, що найбільше підходить, і режим руху.

Для вибору раціонального маршруту слід задати початковий пункт і кінцевий пункт призначення як елемент матриці W (або вершину відповідного графа). Тоді для того, щоб вибрати відповідний маршрут, необхідно розв'язати задачу перебування такої послідовності елементів I , для якої сума $\sum_{k=1}^{k=n} L_k \rightarrow \min_k L_k$, а

$$L_k = \sum_{n_k} a_{n_k}, \quad (1.2)$$

де L_k – шлях k з початкового пункту в пункт призначення;

k – індекс, що відповідає одній із можливих послідовностей елементів-вершин I шляхи з $W(I, J) \neq 0$;

n_k – послідовність індексів вершин на k підмножині одного з можливих варіантів маршрутів з початкового пункту в пункт призначення;

a_{n_k} – відстань між суміжними елементами I, J на варіанті k відповідного маршруту.

Власне пошук раціонального маршруту зводиться до ітераційної процедури аналізу результату додавання-видалення відповідного пункту-вершини для відновлення варіантів маршруту. Найкоро-

тший шлях до даної вершини знаходять у явному вигляді, простежуючи шляхи по такому своєрідному графу дерева з кореня – початкового пункту до цікавої для нас вершини – пункту призначення.

Близькою до задачі знаходження найкоротшого шляху є відома задача комівояжера, що дозволяє вибрати найменший за витратами маршрут із послідовності не повторюваних пунктів призначення I . Для розв’язання будь-якої подібної задачі використовуються універсальні методи динамічного програмування, найбільш узагальнені методи галузей і границь, решета і пошуку з поверненням. В окремому випадку можливий пошук оптимального рішення методами лінійного програмування [209,210]. Узагальненням об’єкту, що підлягає оптимізації є математичне уявлення ШС:

$$\begin{cases} T = \bigcup_i A_i; \\ A_i = \bigcup_j Q_{ij}; \\ Q_{ij} = \{q_{ijr}\}. \end{cases} \quad (1.3)$$

У виразі (1.3) T – ШС із A_i – автомобільних доріг, що складаються з Q_{ij} ділянок (найбільш прийнятна розбивка дороги на ділянки – пікети). Найменша за довжиною елементарна ділянка – елемент q_{ijr} . Індеси i, j, r визначають варіант маршруту, включену до маршруту дорогу, номер елемента – відповідно. Тоді комплексна узагальнена оцінка K_i стану частини транспортної магістралі або варіанта i маршруту руху АТЗ є середньозваженим коефіцієнтом:

$$K_i = \frac{1}{n} \cdot \sum_j \sum_r \sum_l b_{ijr}^k \cdot l_{ijr} / L_{ij}, \quad (1.4)$$

де b_{ijr}^k – обмірюване (розраховане і нормоване, приведене до єдиної системи відліку) значення параметра k по r ділянці дороги j , що входить в i -й маршрут;

L_{ij} – довжина дороги j на i -му маршруті;

n – кількість параметрів, за якими ведеться оцінка альтернативних маршрутів руху.

Знаючи значення K_i оцінки (1.4) множини альтернативних маршрутів, можна вибрати найбільш раціональний напрямок руху.

Розглянемо, як виконати оцінку варіанта маршруту. Для цього треба вирішити задачу оцінки стану ділянок доріг. Це задача моніторингу транспортної комунікації і руху АТЗ. Її рішення, насамперед, дозволяє підготувати дані для прийняття рішень. Така підготовка – формування динамічного банку даних для прийняття рішень. Аналогічні системи розглядалися раніше [194, 210, 211]. Динамічний банк даних відрізняється необхідністю постійного відновлення даних (відповідно проведення безперервного моніторингу), що, без сумніву, є одним із основних вимог з підготовки рішень на вибір раціонального маршруту.

Існуючі зараз промислові системи, що виготовляються відомими міжнародними корпораціями, мають істотний недолік (база даних про різні маршрути руху, яка досить повільно корегується, і порівняно грубий механізм оцінювання стану відповідного варіанта маршруту (наприклад, система AutoRoute – www.microsoft.com/autoroute).

Таким чином, у ланцюгу транспортна система – транспортний процес – транспортна технологія основним стає не просте використання комп'ютерів, засобів телекомунікації та зв'язку, а «розумні» процеси інтелектуалізації транспортних технологій. Їх технічне забезпечення (рис. 1.14) – використання транспортної одиниці, наприклад, автомобілю, як інтелектуального транспортного засобу (ІТЗ).

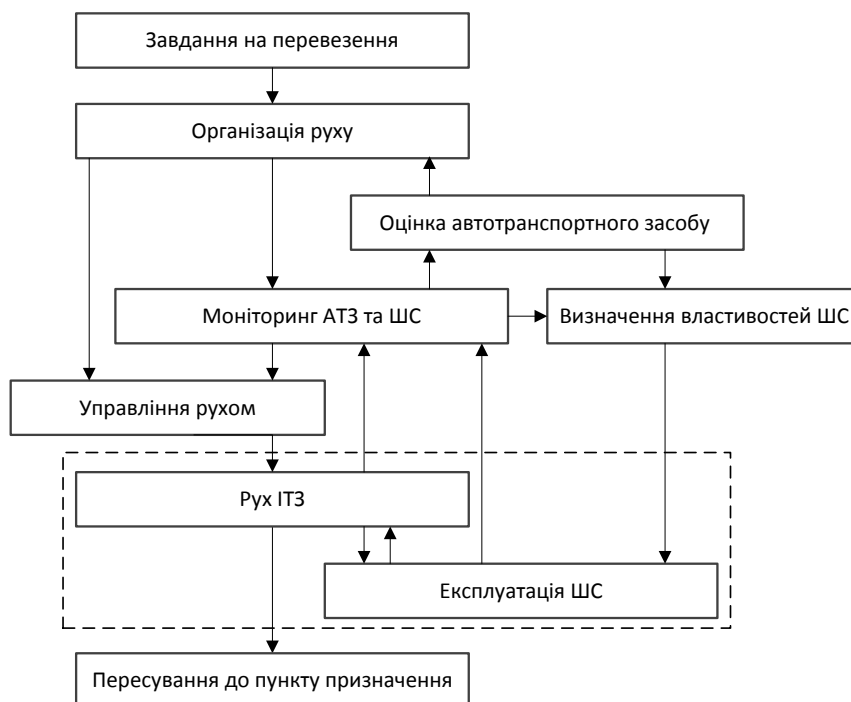


Рис. 1.14. Задачі, які вирішує ІТЗ

Інструментальний засіб рішення цих задач – узагальнення, ґрунтоване на системному підході й аналогіях. Якщо системний підхід – це чітке визначення мети, усіх шляхів її досягнення, формулювання критерію і вибір за ним найбільш раціонального шляху, то аналогія – це виявлення як подібних, так і різних властивостей моделей і реальних процесів. На рис. 1.15 наведено схему розв’язання визначених задач.



Рис. 1.15. Цільова настанова розвитку транспортної системи

Інтелектуалізація транспортних засобів і систем, створення спеціальної апаратури, що повинна забезпечувати рішення функціональних задач організації руху, нерозривно пов’язані зі схемотехнічними рішеннями в цій сфері і цифровій обробці даних. Очевидно, що за своїм значенням цифрові способи обробки сигналів вже перевищили аналогові методи реалізації комплексів технічних засобів у різних автоматизованих і автоматичних системах. Опис лінійної системи з постійними параметрами може бути представлений у схемотехнічному вигляді як співвідношення вхідної і вихідної послідовності $x(n)$ і $y(n)$ відповідно за аналогією із результатами досліджень [70,71]:

$$y(n) = Y[x(n), t], \quad (1.5)$$

де Y – оператор перетворення прообразу оператора $x(n)$ в образ оператора $y(n)$, визначені на множині n відкликів в області T поточного часу t .

Слід зазначити, що в даному випадку $Y:T \rightarrow T$, де T – числова вісь, у відповідність який ставиться час t . У загальному випадку T – простір, на якому існують свої множини тимчасових відкликів T_i зі своїм розрізненням у часі ξ_{T_i} , причому $\bigcup_i T_i = T$, але $\bigcap_i T_i = \emptyset$ (пуста множина).

Слід зазначити, що в реальних системах одномірні перетворення (1.5) трансформуються у двовимірні перетворення, а у загальному випадку – у багатомірні перетворення послідовностей сигналів, що реєструються. Це є співвідношенням типу згортки. За аналогією з [71] їх вигляд визначимо так:

$$y(n) = \sum_{m=-\infty}^{\infty} h(m)x(n-m), \quad (1.6)$$

де $h(m)$ – відгук на одиничний стрибок або імпульсну характеристику відповідної системи реєстрації даних.

Для двовимірної системи з вихідною послідовністю $y(n_1, n_2)$ і вхідною – $x(n_1, n_2)$:

$$y(n_1, n_2) = \sum_{m_1=-\infty}^{\infty} \sum_{m_2=-\infty}^{\infty} x(m_1, m_2)h(n_1-m_1, n_2-m_2), \quad (1.7)$$

де $h(n_1, n_2)$ – імпульсна характеристика двовимірної лінійної системи з постійними параметрами.

Продовжуючи використовувати аналогію, можна припустити, що для багатомірної лінійної системи з постійними параметрами справедливим є співвідношення

$$y(n_1, n_2, \dots, n_i, \dots, n_k) = \sum_{m_1=-\infty}^{\infty} \sum_{m_2=-\infty}^{\infty} \dots \sum_{m_i=-\infty}^{\infty} \dots \cdot (1.8)$$

$$\dots \sum_{m_k=-\infty}^{\infty} x(m_1, m_2, \dots, m_i, \dots, m_k) \cdot h(n_1-m_1, n_2-m_2, \dots, n_i-m_i, \dots, n_k-m_k)$$

У загальному випадку для задачі оцінки транспортної системи або її елементів операторні співвідношення будуть мати більш простий вигляд:

$$y(n_i) = Y_i \left[x(m_i), t \right], \quad (1.9)$$

де Y_i – оператор k -мірної лінійної системи цифрової реєстрації й обробки даних про стан транспортних засобів.

Для того щоб фізично реалізувати перетворення Y_i , необхідне виконання умов фізичної реалізації і стійкості створюваної системи моніторингу транспортного комплексу. Умова фізичної реалізації визначається такою умовою: $y(n_0)$ залежить тільки від $x(n_0)$, якщо $n \leq n_0$. Для відповідності системи вимогам стійкості необхідно передбачити, що $\sum_{m=-\infty}^{\infty} |h(n)| < \infty$.

Виконання перерахованих умов призводить до того, що при будь-якій обмеженій послідовності $x(n)$ відгук системи у вигляді послідовності $y(n)$ теж обмежений. Це справедливо для лінійних систем з постійними параметрами. Згідно з наведеними вище аналогіями, для того щоб система, яка проектується, була лінійною з постійними параметрами, у загальному випадку необхідне виконання такого рівняння: $\sum_{i=1}^k y(n_i) = \sum_{i=1}^k a_i x_i(n_i)$, де a_i – постійні, значення яких відповідають і визначаються видом оператора Y_i .

Розглянемо процеси створення підсистем та ланок мехатронних комплексів транспортних машин і систем. Як зазначено вище, транспортний комплекс у цілому складається з транспортних машин та транспортних комунікацій. В основі їх аналізу і синтезу покладено оцінку стану та моніторинг цих складових транспортних систем.

1.3. Транспортні мехатронних систем

Транспортна система складається з підсистем (транспортних комунікацій і транспортних засобів), що взаємодіють одна з одною, а зміна їхнього стану визначає динамічний процес, що спостерігається (СДП). Цьому відповідає $x(t)$ – функція дійсної змінної. Для опису процедур оцінки стану транспортних систем у ХНАДУ розроблено спеціальний математичний апарат, призначений для опису просторово-часової орієнтації транспортних засобів і моніторингу середовища руху в цілому. Він заснований на використанні фунда-

ментальних понять теорії операторів, інформаційної теорії керування і зокрема поняття СДП [213, 214, 215].

Для визначення відповідної метрики простору існування множини функцій, що реєструються, СДП $x(t)$ слід розглядати у вигляді сукупності точок x_i на числовій осі. Розглянемо, як система (підсистема – спостерігач) розрізняє ці точки, визначаючи процес зміни станів. Для будь-якої пари x_i і x_j ($i \neq j$) можна вказати такі величини ξ , для яких значення x_i стають невизначеними або втрачають свій фізичний зміст. Ця величина визначає поріг розрізнення станів, причому для конкретного елемента можна одержати безліч значень порогів розрізнення. Величина найменшого порога ξ визначить нижню межу надійного розходження двох значень СДП $x(t)$ або їх існування. Ця величина – поріг розрізнення – $\xi = \inf_{i \neq j} \sup p(x_i, x_j)$.

Слід відрізнити фізичне і споживче розрізнення. Точність перетворення даних характеризується «споживчим» порогом розрізнення ξ_Y , а $x(t)$ – «фізичним» порогом розрізнення ξ_x і характеризує чутливість системи. При цьому умова спостереження об'єкта $p(X_i, X_j) \geq \xi_Y$, тому що у протилежному випадку неможливо буде відмітити зміну стану процесу, що спостерігається.

Якщо певна область простору визначається множиною $\{x_i\}$ зі значенням порога розрізнення ξ , то можна вважати, що розрізнення СДП $x(t)$ визначається побудованою на просторі ξ -мережею. А початкова область, від якої відраховуються стани об'єкта, сама має невизначеність у вигляді порога розрізнення, що дозволяє побудувати необмежену кількість ξ -мереж, але, унаслідок того, що всі ξ -мережі визначають одну умову розрізнення, кількість різних станів буде однаковою.

Між поняттям порога розрізнення ξ і динамічними характеристиками існує тісний зв'язок. На основі цього визначимо залежність між збільшенням прообразу й образу оператора.

$$\max |X_i(t) - X_{i \neq j}(t)| = \xi_x, \quad \max |Y_i(t) - Y_{i \neq j}(t)| = \xi_Y. \quad (1.10)$$

Тоді

$$\xi_Y = \xi_x \int_{t_0}^{t_m} \left| \frac{\partial Y(t)}{S X(t_1)} \right| dt. \quad (1.11)$$

Пороги розрізнення образу і прообразу оператора співвідносяться як інтеграл по модулю функції, що характеризує швидкість або інтенсивність процесу перетворення:

$$\frac{\xi_Y}{\xi_X} = \int_{t_0}^{t_{пл}} |V_0(t)| dt. \quad (1.12)$$

Співвідношення (1.12) має велике значення для дослідження СДП прообразу оператора. Вихідний потік інформації обробляється такою послідовністю операторів Y_i , де i – номер рівня обробки інформації:

$$Y = \prod_{i=1}^n Y_i \quad (1.13)$$

Загальними для наземних шляхів сполучення є геометричні характеристики їхніх елементів: план, поздовжній і поперечний профіль. Виміри інших параметрів прив'язуються до цих геометричних елементів, їх розташування, що визначається за відстанню l від початку деякої фіксованої точки траси. Загалом відповідне спостереження за станом транспортної системи, можна визначити як послідовність обробки інформації на рівні транспортного засобу або моніторингу транспортної інфраструктури на рівні оцінки стану транспортної системи (рис. 1.16).

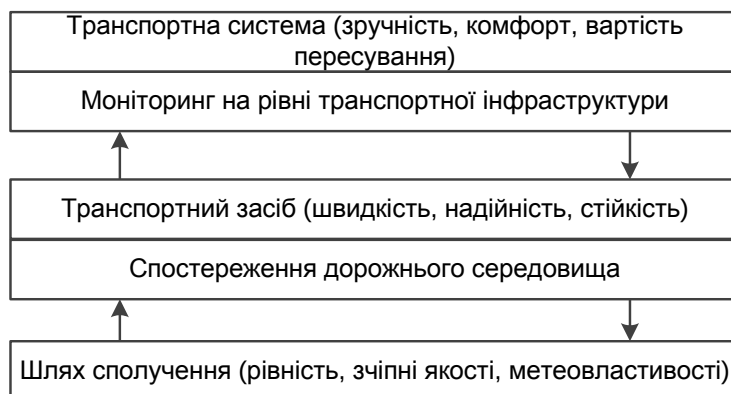


Рис. 1.16. Узагальнена схема оцінки стану транспортної системи

Якщо оператор Y визначений на множині X функцій $X(t)$ у метричному просторі M_X з областю значень Y функції $Y(t)$ метричного простору M_Y , то можна визначити точка $X_0(t)$ і $Y_0(t)$, так, що $X_0(t)$ –

точка безперервності оператора Y . Це гарантує досить малу зміну норми образу $Y(t)$ оператора при малій зміні норми прообразу $X(t)$.

Для оцінки стану транспортної системи в розглянутій інтерпретації слід досліджувати не загальний випадок перетворення $X(t) : M_X \rightarrow M_Y$, а окремий випадок, де $Y : T \rightarrow T$, а T – числова вісь, у відповідність якій ставиться час поточне $t \in T$. Причому аргумент прообразу $t \in T$. Таким чином, надалі для відмінності аргументів складної функції $Y(t)$ й аргументу прообразу будемо вважати, що $t \in T_\tau$, а $T \in T$.

Тоді справедливо

$$X_i, Y : T_{\tau_1} \cdot T_{\tau_2} \cdot \dots \cdot T_{\tau_i} \rightarrow T. \quad (1.14)$$

Слід зазначити, що в загальному випадку $T_{\tau i}$ можуть бути пересічними множинами. Однак справедливо, що

$$\bigcup_i T_{\tau i} = T. \quad (1.15)$$

Як уже згадувалося, рух транспортного засобу відбувається в просторово-часовій системі координат, де кожній точці пройденого шляху l_i ставляться у відповідність моменти часу $t_i \in T$, де T – часова вісь, яку також можна назвати діапазоном виміру часу. Кількість значень часових моментів n_t , який можна розрізнити на цьому діапазоні

$$n_t = \frac{T}{\xi_t}. \quad (1.16)$$

Аналогічно, якщо визначити оператором Q оцінку якості транспортної системи з діапазоном сприйняття D_Q , то кількість n помітних значень на цьому діапазоні

$$n_Q = \frac{D_Q}{\xi_Q}. \quad (1.17)$$

Мінімальні вимоги до пам'яті системи визначено як загальну кількість M необхідних значень показників оцінки стану ШС

$$M = n_Q \cdot n_t. \quad (1.18)$$

Тепер можемо визначити вимоги до каналів за пропускнуою здатністю

$$C_t \approx \frac{M}{T}, \quad (1.19)$$

де C_t – пропускна здатність каналів зв’язку, що є потенційною характеристикою системи. Кількісна оцінка значень координат відповідної області $\{X_i\}$, де область $\{X_i\}$ – підмножина метричного простору з метрикою $p(X_i, X_j)$: $p(X_i - X_j)$, де X_i і X_j – точки на речовинній числовій осі.

Розглянемо операторну модель моніторингу транспортної системи. Такий моніторинг необхідний для прийняття рішень щодо керування рухом транспортних коштів. Він визначає транспортно-експлуатаційні якості автотransпортних засобів (АТЗ) і транспортних комунікацій (ТК).

Для того щоб система моніторингу стала робочим інструментом прийняття практично всіх або більшості рішень з організації руху, необхідним є новий підхід, нова технологія обробки даних про стан транспортної системи. Ці дані являють собою систему понять досліджуваної предметної області і спосіб рішення прикладних задач організації руху. Це своєрідна модель керованого об’єкта. На рис. 1.17 наведено структуру такої моделі в рамках класифікації різних схем аналізу АТЗ і ШС. Це узагальнена операторна модель транспортної системи.

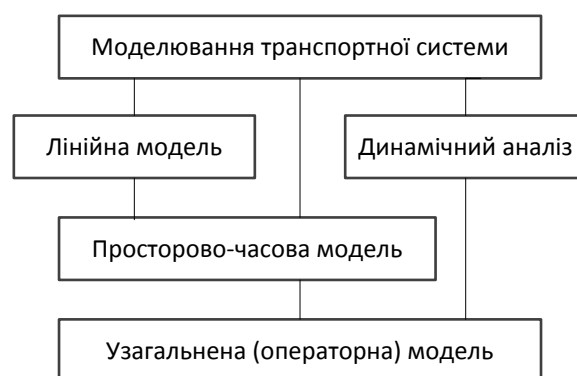


Рис. 1.17. Схема моделювання

ТК зокрема і транспортна система в цілому є об’єктами протяжного типу. До них належать такі об’єкти, для яких один із геомет-

ричних розмірів більше ніж на кілька порядків перевищує всі інші. Так, для автомобільної дороги (АД) довжина l значно перевищує ширину проїзної частини з координатою ζ . Лінійна схема описує лише характеристику l , об'ємна – усі три виміри (x, y, z) .

Динамічна схема припускає оцінку зміни оцінюваних параметрів руху АТЗ у часі t_i , де t_i – множина часових звітів, таких, що $t_i \in T$. Просторово-часова схема дозволяє відслідковувати геометрію ШС (план-профіль АД) у часі. Найбільш повним є опис у вигляді узагальненої схеми, якому відповідають такі операторні співвідношення:

$$\begin{aligned} h(l) &= H[x_\zeta(t), y_\zeta(t), z_\zeta(t), \zeta]; \\ t &= t_i, t_i \in T; \\ l &= l_i, l_i \in L. \end{aligned} \tag{1.20}$$

де $h(l)$ – інтегральна оцінка ШС у точці $l = l_i$, що визначає прив'язку параметрів руху АТЗ до визначеного місця оцінюваної ТК;

L – метричний простір визначення параметрів протяжного об'єкта;

T – метричний простір, на якому визначені відліки t_i поточного часу.

На часовому просторі T послідовності t_i можуть належати зонам з різним часовим розрізненням. Так, транспортний засіб зі своїм часом існує в зоні T_1 , водій і пасажир – T_2 , а транспортна комунікація – T_3 . Причому твердження $T_1 \cup T_2 \cup T_3 = T$ не завжди є справедливим. Можна визначити зону T_4 з T , для якої

$$\forall T_4 | \exists T_4 = T_1 \cap T_2 \cap T_3. \tag{1.21}$$

Геометрія ШС виявляється у взаємодії з транспортним засобом. Тому прообрази $x(t)$, $y(t)$, $z(t)$ – функції часу. Однак це відбувається на дорозі, що є хоча і протяжним об'єктом, але для якої, на відміну від лінійної схеми, разом із довжиною важливим є і поперечний зріз, зміна геометрії за шириною проїзної частини аргументу ζ .

Якщо образ оператора H – функція інтегральної оцінки стану АД в точці l_i і залежить від аргументу l , який ми визначили як довжину, то прообраз (прообрази) цього оператора – динамічні функції,

визначені за параметром ζ . Оцінка $q(t)$ транспортної системи в цілому (те, що ми називаємо результатом комплексного обстеження) визначається операторним співвідношенням

$$q(t) = Q[h(l), t], \quad (1.22)$$

де $h(l)$ – динамічна функція аргументу l , визначається в часі t у часовому просторі T_3 .

Тоді операторна схема моніторингу буде мати вигляд, як на рис. 1.18.

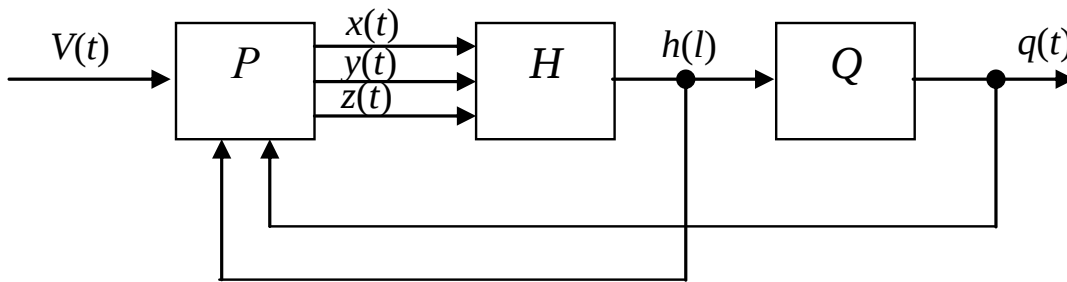


Рис. 1.18. Операторна схема

На операторній схемі P – оператор інформаційного перетворення сигналів (тестер), що забезпечує сканування в часовому просторі T за довжиною l , виходячи з впливу на геометрію S процесу взаємодії АТЗ із АД. P – є оператором з пам'яттю, тому що в зазначеній постановці важливі не прості визначення або оцінка $h(l)$ у точці $l = l_i$, що відповідає точці $s = s_i$ і момент часу $t_i \in T$, а аналіз ансамблю значень $\{x(t), y(t), z(t)\}$ на множині звітів x_j зі своєю «вагою» M_i або коефіцієнта (у загальному випадку функції) переваги таким, що відповідна процедура сканування АД для $l=l_i$ буде виглядати так

$$X_j = \frac{\sum_{j=i-1}^{j=i+n} M_i X_j}{\sum_{j=i-n}^{j=i+n} M_i}. \quad (1.23)$$

Тоді для процедури сканування й оцінки стану АТЗ і АД запишемо, що

$$\begin{aligned}x(t) &= Y_1[h(l), q(t), s]; \\y(t) &= Y_2[h(l), q(t), s]; \\z(t) &= Y_3[h(l), q(t), s].\end{aligned}\tag{1.24}$$

Зі схеми на рис. 1.18 і виразу (1.24) випливає, що P – складний оператор, якому відповідає рівнобіжне з’єднання трьох операторів P' , P'' , P''' (рис. 1.19).

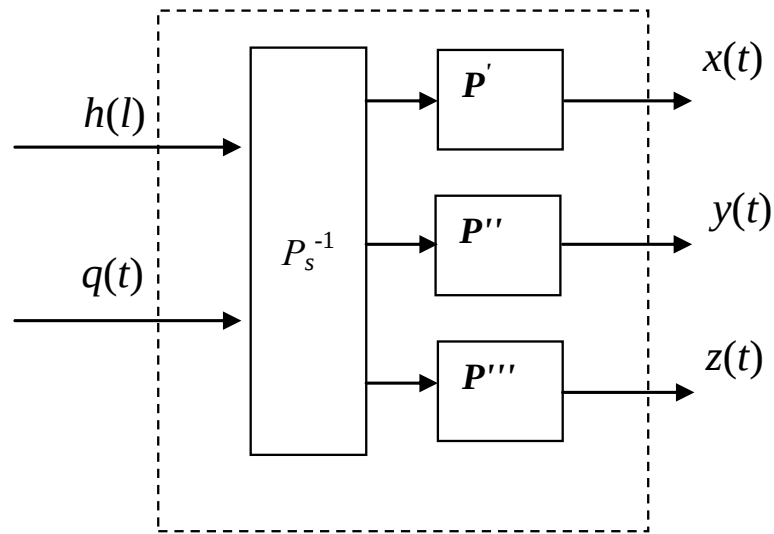


Рис. 1.19. Складний оператор P

Виходячи з наведених вище операторних співвідношень і схеми (рис. 1.15) складне обернене P перетворення P_s^{-1} визначає рекурсивну процедуру аналізу ансамблю значень $\{x(t), y(t), z(t)\}$.

Оскільки процесові спостереження відповідають оперативні співвідношення типу оператора з пам'яттю, кожний процес спостереження не обмежується оцінкою однієї точки ШС (плану – профілю АД). Необхідний вимір множини значень $\{x_i\}$ оцінюваних параметрів у часі і просторі, тобто за часом t_i довжини l_i і поперечному уклону s_i . Визначимо цю задачу як задачу відклику $h(n)$, де n – номер відклику. Фізично це припускає наявність спеціальної апаратури, вимірювальної системи, що здійснює сканування поверхні АД, як правило, на основі непрямих вимірів. Тому що таке сканування можливе лише в русі відповідного тестового базового транспортного засобу, де математично корисна складова відповідного

вимірювального сигналу буде мати вигляд безперервного повторюваного коливального процесу.

Визначимо, що відклики $h(n)$ являють собою відгук на одиничний тестовий імпульс (наприклад, фізичне уявлення у вигляді сигналу від пристрою типу «поштовхомір», що вимірює рівність АД [216]). У такій системі її імпульсна характеристика буде визначати властивості перетворення

$$y(n) = Y[x(n), l], \quad (1.25)$$

де $y(n)$ – вихідна послідовність;

$x(n)$ – вхідна послідовність;

l – параметр «прив'язки» значень, що реєструються, вхідної послідовності сигналів до визначеної точки АД.

Операторна залежність (2.25) відбиває результат сканування стану транспортної системи. Завдавши параметри цієї системи, можна виходити з твердження її лінійності і наявності значень параметрів. Для такої системи будуть досяжні умови її фізичної реалізованості та стійкості:

$$\begin{cases} h(n) = 0, & \text{якщо } n < 0; \\ \sum_{n=-\infty}^{\infty} |h(n)| < \infty. \end{cases} \quad (1.26)$$

Як стверджувалося вище, оператор Y є оператором з пам'яттю. Тому образ $y(n)$ від прообразу $x(n)$ слід розглядати не як залежність на просторі визначення значень цих функцій за довжиною АД, а як результат оцінки в точці, що відповідає виміру n з урахуванням послідовності m попередніх операторів, а власне процедура оцінювання $y(n)$ буде мати вигляд згортки

$$y(n) = \sum_{m=m_0}^{m=n-1} h(m) x(n-m), \quad (1.27)$$

де m_0 – параметр, що визначається, виходячи з аналізу значень $h(m)$ і класичного визначення відгуку на вхідну послідовність, для якої прийняті реальні межі m не від $-\infty$ до ∞ , а від певного фіксованого значення m_0 до $n-1$.

Таким чином, виконуючи сканування відповідної поверхні АД, одержуємо результати оцінки всього ансамблю значень $\{x\}$ на визначеному фізично реалізованому інтервалі значень відкликів

$$h(n), N_1 \leq n \leq N_2. \quad (1.28)$$

За аналогією з результатами, отриманими для моніторингу АД [15, 217–218], можна визначити реакцію $y(n)$ системи моніторингу з урахуванням дорожніх частот, дисперсії прискорень підресореної маси, невідресореної маси, їх відносних переміщень і конструкційних особливостей АТЗ.

Всі операторні перетворення (1.25), згорткові (1.27) й оцінки процесу безперервної реєстрації даних можна узагальнити простою функціональною залежністю (операторною моделлю безперервного моніторингу транспортної системи):

$$Q(l) = Q[y(n), t], \quad (1.29)$$

де $y(n)$ – реакція системи моніторингу на вхідну послідовність сигналів $x(n)$.

Таким чином, формально реалізація процесу моніторингу є процедурою визначення операторів Y , Q , H у просторово-часовій області множин параметрів оцінювання якості ТК як середовища руху АТЗ.

1.4. Інтелектуалізація та синергетика

Аналіз і синтез мехатронних систем пов'язані з узагальненням і розробкою єдиного математичного апарату алгоритмізації процесів взаємодії їхніх елементів. Такий апарат використовує теорію множин, з її динамічною складовою – теорією операторів, що описує перетворення елементів множин у метричних просторах.

Різні частини мехатронних систем є єдиним цілим і поєднуються на основі інформаційних процесів перетворення даних. Їх раціональний аналіз і синтез повинен ґрунтуватися на методології створення систем інформації для підготовки керуючих рішень у складних технічних системах. Взагалі термінологічний апарат мехатроніки пристосований для опису технологій, що виникли на стику

електротехніки, машинобудування і програмного забезпечення. Він включає проектування, виробництво, вивчення функціонування машин з «розумною» поведінкою, їх зв'язок з іншими об'єктами (штучний інтелект, вимірювальне устаткування, системи керування транспортним комплексом).

Згідно із цим мехатронні пристрої та прилади транспортних машин є складовими телематичної системи, яка дозволяє виконувати реєстрацію, обробку і збереження даних про дорожнє середовище з видачею рекомендацій, довідкової інформації водію [7, 8]. Практично за термінологією автоматизації керування [44, 76] така система є комплексом, що інформаційно радить [66]. Він працює в русі в режимі реального часу [219].

Проблема мехатронізації підсистем та ланок транспортного комплексу повинна вирішуватися шляхом об'єднання засобів механічного руху транспортних машин з інформаційними технологіями його організації та виконавчими пристроями. Математичний опис особливостей мехатронізації у транспортних додатках є першою спробою введення аксіоматики у нову теорію інформаційного аналізу та синтезу мехатронних систем відповідно щодо потреб удосконалення автомобілів, дорожньо-будівельних машин та загалом транспортних машин та систем.

З визначення мехатронізації транспортних машин та систем, їх інтелектуалізації і застосування X-by-Wire технології впливає, що транспортна машина (або РО – рухома одиниця) є своєрідною мережею – проект мережевий транспортний засіб (Network Vehicle). Відповідно транспортна система включно з транспортними комунікаціями або узагальнено ШС являють собою технічний аналог нейронної мережі, що доведено практикою безперервного моніторингу АД, виконанням польових та камеральних робіт. Тому доцільно для розробки алгоритмів підготовки керуючих рішень на різних рівнях транспортної системи застосувати математичний апарат штучних нейронних мереж [186, 219 – 221].

Головний інструмент підготовки рішень у транспортних системах – безперервний моніторинг стану транспортних машин, комунікацій та систем. Слід зазначити, що сьогодні це, аналогічно визначенню мехатроніки, є неологізмом. Завдяки його широкому застосуванню на побутовому рівні його технічний сенс став аналогом звичайного спостережень. Але сьогодні можна стверджувати, що

моніторинг та, особливо, інтелектуальний моніторинг є об'єднанням контролю та діагностики стану транспортних систем та їхніх складових частин: транспортних комунікацій, транспортних машин, систем та технологій їх керування.

Можна зазначити, що контроль та діагностика технічних об'єктів і процесів керування на сьогодні є предметом інтенсивного розвитку у зв'язку з підвищеними вимогами до надійності та безпеки. До цього слід у першу чергу віднести рухомі об'єкти та транспортні системи у цілому, керування якими потребує розробки алгоритмів визначення в них несправностей (розладнань). Тут під несправностями будемо розуміти неприпустимі зміни характеристик об'єкта та сигналів, що діють на нього (або зовнішніх, або тих, що генеруються системою керування), що веде до неможливості виконання системою поставлених цілей. Задача визначення розладів у загальному випадку має більш широкий зміст, ніж задача контролю технічних об'єктів. Можна висловити, що це і є задача моніторингу складних об'єктів та систем [187].

В умовах суттєвої невизначеності про транспортно-експлуатаційні властивості транспортних машин та комунікацій та природу можливих відхилень від нормативного, попередньо завданого значення найбільш широкого розповсюдження набули статистичні методи, основані на контролі фазових координат об'єкта і перш за все методи, основані на теорії статистичних рішень і аналізі часових рядів. Саме ці методи дозволяють забезпечити контроль за порушенням змінними об'єкта деяких заданих обмежень, що особливо важливо в задачах саме моніторингу та просто слідкування за рухомими об'єктами.

Альтернативою статистичним методам є адаптивні процедури діагностики, що дозволяють у реальному часі вирішувати задачі визначення розладнань або відхилень від нормованих значень в умовах суттєвого дефіциту апріорної інформації. Як базові процедури можуть бути використані методи адаптивного прогнозування часових рядів, при цьому ознакою можливих відхилень може бути значення від фактичних значень фазових змінних об'єкта [185–187]. Проте, підхід, що використовує адаптивне прогнозування, здатний лише зафіксувати факт розладу, не дозволяючи з'ясувати причини його виникнення та сформулювати дії щодо його усунення.

Тому слід більшу увагу приділяти визначенню причин, що впливають на досліджувані процеси. Транспортні технології керування перевізними процесами повинні бути здатними компенсувати зміни параметрів об'єкта (типу «стрибків» та повільних дрейфів) та існуючих завад. Для цього в системах керування транспортними машинами, станом ШС слід передбачити додатковий контур діагностики, що повинен контролювати як стан об'єкта, так і системи керування в цілому, а також корегувати структуру і параметри регулятора, якщо без такої корекції ліквідувати виникаюче розладнання не вдається (далі будемо використовувати визначення адаптивної системи, тому що транспортна технологія передбачає своєрідну адаптацію транспортних машин до умов руху).

В основу контуру діагностики полягають процедури послідовного оцінювання, моніторингу ТС. Властивість послідовного оцінювання є своєрідною інтерпретацією безперервного моніторингу транспортних машин та ШС. Для такої системи є властивим автономність процесів контролю – діагностики та моніторингу. Слід визначити, що завжди є така часова послідовність t_i , протягом якої вказівки «керуючого центру» $I(t)$ відсутні і керуючий вплив $U(t)$ формується автономно (на борту транспортного засобу) за оцінкою, для якої $Q(t): \exists t_i \forall t_i \in T | Q(t) = Q_i[I(t), U(t)], I(t_i) = 0$. Тому можна висловити твердження про те, що контроль вузлів, агрегатів та модулів транспортного засобу повинен виконуватися рівномірно лише в окремому випадку. Його слід проводити в той час, коли вплив цієї ланки на роботу системи є найбільш відчутним.

Аналогом механізму пуску процедури контролю є штучна нейронна мережа (ШНМ). Як правило, відомі діагностуючі нейронні мережі реалізують ідеї теорії класифікації, при цьому передбачається наявність навчальної вибірки, тобто поява непередбачених «вчителем» станів може бути не розпізнана мережею. Проте нейронні мережі здатні налаштовуватись як в режимі навчання, так і в режимі самонавчання. Це має велике значення для вирішення задач моніторингу в транспортних системах. Саме застосування для моніторингу методології нейронних мереж дозволяє визначити його як інтелектуальний моніторинг, у сенсі, що визначено у роботах [220–222].

Штучні нейронні мережі є самостійним спрямуванням з теорією інтелектуальних систем. Відмінність нейронних мереж полягає у

тому, що вони мають здатність до навчання по набору прикладів, їх запам'ятовуванню, формуванню асоціацій, відбудові та відтворенню даних і знань, стійкі до збоїв та перешкод, мають велику надійність.

На рис. 1.20 наведено схематичне зображення елементарних складових (штучних нейронів) відповідних штучних нейронних мереж.

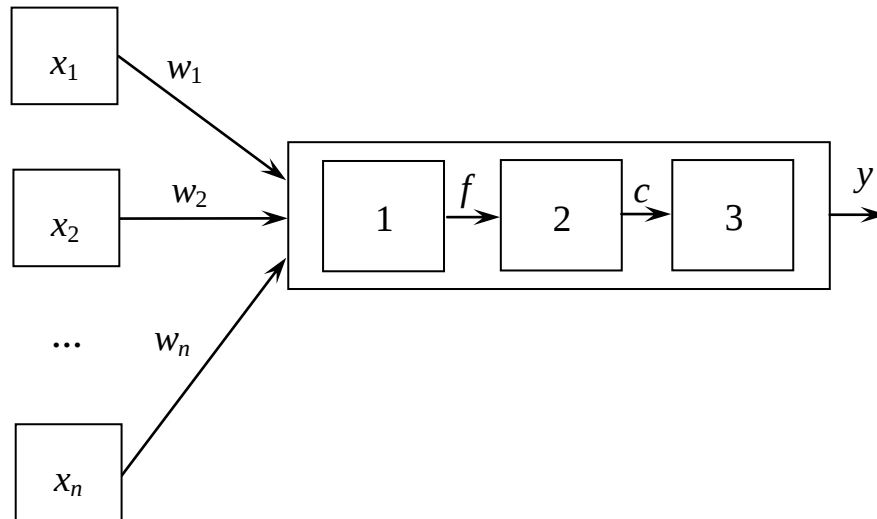


Рис. 1.20. Штучний нейрон (ШН):

1 – вхідний оператор; 2 – функція активації; 3 – вихідний оператор

Наведені вище формалізації відповідає така система позначень:

- x_i – вхідний сигнал $i = 1, 2, \dots, n$;
- w_i – вага для входу i ;
- y – вихідний сигнал ШН;
- f – результат активації, аналіз входу з урахуванням ваги;
- c – оцінка функції активації для представлення результату.

З інженерної точки зору штучні нейронні мережі – паралельно розподілені системи обробки інформації, утворені простими обчислювальними вузлами та мають властивість до накопичення експериментальних знань. Вони мають апарат представлення цих знань користувачам у формі, яка є зручною для інтерпретації і прийняття відповідних рішень.

Відмітною особливістю цих формувань є процедура навчання T . Це є послідовність таких кроків або наступного алгоритму T :

1. розрахунок результату;

2. порівняння з точним значенням;
3. вимірювання ваги;
4. оцінка результатів перетворювань до досягнення потрібного рівня точності, в іншому випадку повторення 1–3.

Формально процедури T відповідає система

$$\left. \begin{aligned} x_i &\rightarrow x(t), \\ w_i &\rightarrow w(t) = T[y(t), t], \\ f &\rightarrow f(t) = A[x(t), t], \\ c &\rightarrow c(t) = C[f(t), t], \\ y &\rightarrow y(t) = Y[c(t), t]. \end{aligned} \right\} \quad (1.30)$$

Що стосується створення штучної нейронної мережі, то вона буде, як правило, багатоваровою, що пояснює рис. 1.21.

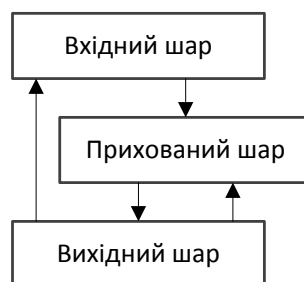


Рис. 1.21. Штучна нейронна мережа – ШНМ

Слід зазначити, що прихованих шарів може бути декілька. Розглянемо більш ретельно приклад ШНМ, що застосовується для моніторингу транспортних машин та комунікацій. Можна відмітити певну відповідність адаптивному характеру цього процесу загальної оцінки стану складних об'єктів та систем. Відповідний алгоритм має вигляд діагностуючої нейронної мережі, архітектура якої зображена на рис. 1.22 та відповідає сенсу, що визначено у роботах [191].

Таку архітектуру штучної нейронної мережі можна використовувати для розв'язання задач безперервного моніторингу транспортної системи. Послідовності $y(t)$ відповідає практично будь-якій змінній, яка визначає зміну стану дорожньої машини в просторі і часі. У загальному випадку це може бути взагалі ізольований часовий ряд будь-якої фізичної природи. Він подається на вхідний шар

мережі – ланцюжок елементів чистого запізнення $z^{-1} (z^{-1}y(t) = y(t-1))$.

У результаті на виході цього шару формується набір затриманих значень тимчасового ряду

$$y(t-1), y(t-2), \dots, y(t-d).$$

Наведений спрощений опис діагностуючої нейронної мережі є частковим випадком більш загального представлення інтелектуального моніторингу у вигляді нейронної метанемережі, в якій взаємодіють як шари не тільки окремі нейрони, а й відповідні діагностичні нейронні мережі. Так, у роботі [221] запропоновано створення саме такої складної ШНМ для моніторингу дорожніх машин.

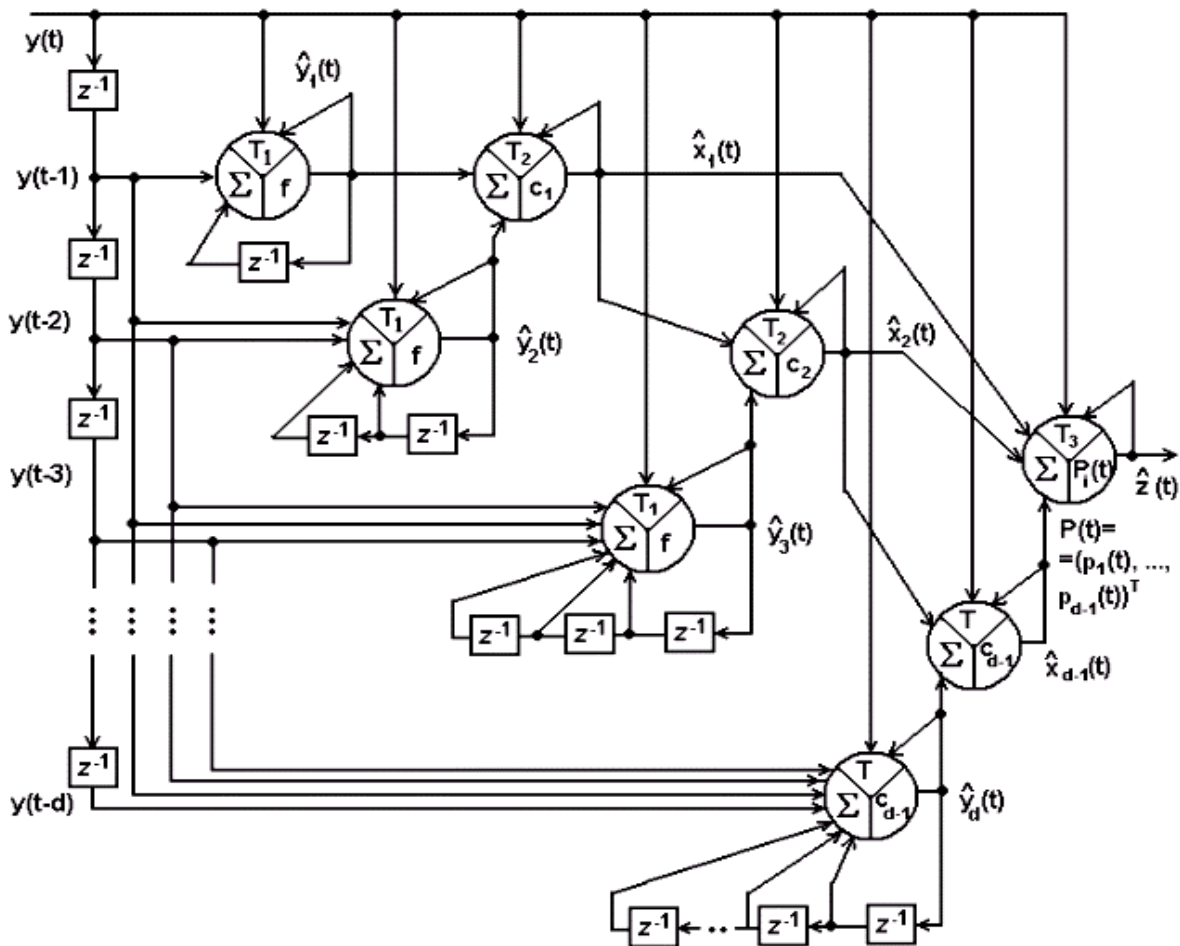


Рис. 1.22. Рекурентна діагностуюча нейронна мережа

Слід зазначити, що діагностуюча нейронна мережа є засобом моніторингу стану відповідної РО. Якщо розглянути інформаційно-

логічну модель (ІЛМ) транспортної системи у цілому та встановити у відповідність кожному параметру оцінки стану транспортної системи ШНМ, то ми отримаємо повнозв'язну мережу відповідно до її опису (рис. 1.23). Усі складові цієї графічної схеми m_i (вузли 1–9) є елементарними спрощеннями визначеннями елементів нейронної мережі Хопфільда. Вона є своєрідним аналогом елементів ІЛМ (табл. 1.1). Кожному параметру Можна стверджувати, що така інтерпретація ІЛМ ТС - своєрідна основа для побудови інтелектуальної моделі транспортної системи.

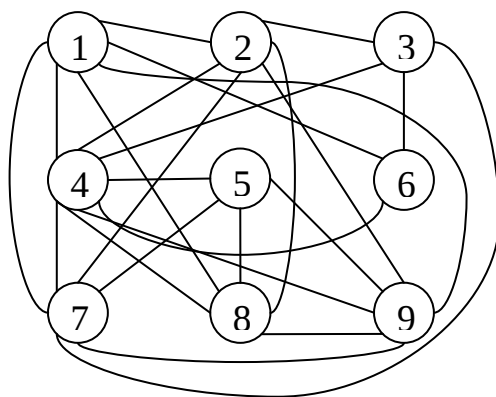


Рис. 1.23. Транспортна штучна нейронна мережа експлуатаційних параметрів

Автоматизація й інтелектуалізація як засіб розвитку транспортних систем, застосування підходу із застосування штучних нейронних мереж є наступним кроком вдосконалення методів управління транспортної системи. ШНМ є досить ефективним апаратом для моделювання складних процесів і мають універсальні апроксимуючі властивості, що робить доцільним їх застосування для вирішення як завдань моніторингу, діагностування, так і прогнозування. Їхньою особливістю є те, що вони відносяться до непараметричних моделей, а це викликає складнощі в інтерпретації параметрів у термінах реальних процесів. Перевагою таких ШНМ є їхня здатність до навчання, в процесі якого синапатичні ваги мережі настраюються за допомогою того або іншого адаптивного алгоритму.

Застосування ШНМ у транспортних системах пояснюється тим, що для таких порівняно існуючих у природі систем характерна врівноваженість, здатність до відбудови, можливість самоорганіза-

ції, росту, розвитку, узгодженості усіх складових частин та наявність механізмів компенсації зовнішніх впливів. Відповідні механізми мають і транспортні мехатронні системи. Вони повинні працювати надійно та стабільно незалежно від будь-яких змін, зовнішніх впливів або помилок, що можуть виникати в системі керування. Отже, необхідно використовувати досвід побудови організації, накопичений природою для створення відповідних складних систем. Для цього потрібно вирішити одну з основних задач синергетики – з'ясування законів побудови організації, виникнення упорядкованості [175–177]. Синергетика як метод стає інструментом пошукової діяльності. Вона може підказати, як зробити у дослідженнях наступний крок. Синергетика виходить далеко за межі вузької спеціалізації при застосуванні загальних теоретичних моделей складної поведінки. Самоорганізація – одне з ключових понять синергетики. В аспекті утворення це означає самоутворення. Найкраще керування – це самокерування.

Питання про оптимальну упорядкованість та організацію особливо гостро стоїть при дослідженнях глобальних проблем – енергетичних, екологічних, багатьох інших, що потребують залучення великих ресурсів до розвитку ТС. Тут немає можливості шукати відповідь методом проб та помилок, а «нав'язувати» системі необхідну поведінку дуже складно. Визначена властивість автономності процесів контролю – діагностики та моніторингу ТС потребує формування упорядкованості за рахунок застосування ШНМ за аналогією з фізичними, біологічними, природними системами.

Далі у теоретичному обґрунтуванні інформатизації транспортних організацій ця аналогія покладено в основу уявлення розвитку гетерогенній комп'ютерній системі транспортної організації як біологічної популяції із застосуванням математичного опису та формалізації згідно [224]. Особлива увага приділена графічній інтерпретації процесів передачі даних, візуальному моделюванню [201–205], застосуванню віртуалізації та математичному обґрунтуванню створення ефективних інформаційних систем [225–229]. Рішення щодо раціональної організації обчислювальних процесів розглянуто на основі досліджень з застосування різних програмних платформ та операційних систем [230–233].

Подальший розвиток транспортних машин, систем та технологій передбачає створення своєрідного ланцюга від окремої транспо-

ртної машини, ситуаційного центру до загального інформаційного ресурсу транспортного комплексу. Починаючи з створення телематичних приладів та пристроїв слід розглядати розробку нових транспортних технологій що спрямовані на синергетичне об'єднання комп'ютерних ресурсів усіх учасників дорожнього руху.

Основи створення таких автомобільних приладів та систем розглянуті у попередніх розробках і базуються на таких роботах [234–238]. Слідкуючим кроком створення інтелектуальної транспортної інформаційної системи є отримання додаткових інформаційних ресурсів для продуктивних обчислень транспортних задач. Ця проблема вирішується застосуванням в локальних обчислювальних мережах транспортних організацій новітньої GRID-технології для створення розвинутої транспортної інфраструктури. Створення GRID-систем у транспортних організаціях для отримання додаткових комп'ютерних ресурсів з метою одночасного (паралельного) рішення складних обчислювальних задач повинно виконуватися з урахуванням прозорості, віртуалізації, сумісного використання, масштабування та інших принципів раціонального функціонування розподілених систем.

Синергетичне об'єднання різних транспортних засобів, систем та комп'ютерних ресурсів ґрунтується на основних закономірностях розвитку інформаційних ресурсів, обчислювальної техніки та мікроелектроніки, що знайшло своє відбиття у наукових роботах фахівців з інформаційних технологій та досвіду створення продуктивних систем обробки даних на транспорті [239–244].

Практика інформатизації транспортного комплексу, створення та експлуатації ШС, розвитку інформаційних ресурсів ТС базується на досвіді та завдань удосконалення ТМ, ШС на базі новітніх мехатронних технологій, телематики та синергетиці [245–251]. Основні напрямки інформатизації транспортних організацій передбачають комплексне вирішення проблем, розв'язання протиріччя між існуючим рівнем інформаційного забезпечення учасників руху та можливостями комп'ютерної індустрії [251–257].

2. ІНФОРМАТИЗАЦІЯ ТРАНСПОРТНИХ ОРГАНІЗАЦІЙ

2.1. Транспортна інфраструктура

Сучасна транспортна інфраструктура міст та регіонів є сукупністю інтелектуальних систем планування та моделювання транспортних мереж, керування дорожнім рухом та телематичними комплексами, які надають оперативну інформацію про стан дорожнього середовища та дозволяють синергетично взаємодіяти із всіма учасниками дорожнього руху. Для розвитку та експлуатацію транспортної інфраструктури потрібні потужні комп'ютерні ресурси. Можливості їх удосконалювання гальмує брак коштів, що властиво практично усім місцевим органам самоврядування.

Розподілені комп'ютерні системи (GRID-системи) дають можливість вже сьогодні отримати такі ресурси за рахунок використання принципу розподілу апаратних, програмних складових мереж, паралельної роботи декількох користувачів. Кластерні рішення, віртуалізація програмно-апаратних засобів LAN, оптимізація навантаження вузлів мереж – напрямки отримання «додаткових» комп'ютерних ресурсів.

Розглянемо формальний опис архітектури такої системи. Вона складається з узагальненого інформаційного простору G , який є аналогом WAN. До цього простору входять N_i – локальні мережі LAN. Усі мережі є сукупністю логічних (логічно неподільних L_{ij}) та фізичних (фізично неподільних a_{ijl}) вузлів.

На рис. 2.1 наведено схему, що пояснює таку структуру. Фізичним вузлам системи відповідають окремі комп'ютери, маршрутизатори та шлюзи. Логічним – частини LAN, які можна оцінити по трьом змінним: $x(t)$ – навантаження вузла, $y(t)$ – ємність пам'яті, $z(t)$ – пропускна здатність.

На рис. 2.2 наведена схема, що пояснює висловлені поняття стосовно логічних та фізичних вузлів комп'ютерних мереж. Вирішення проблеми забезпечення комп'ютерними ресурсами можливо за рахунок отримання додаткових комп'ютерних ресурсів на базі існуючих великих комп'ютерних систем, корпоративних мереж за рахунок застосування новітніх GRID-технологій.

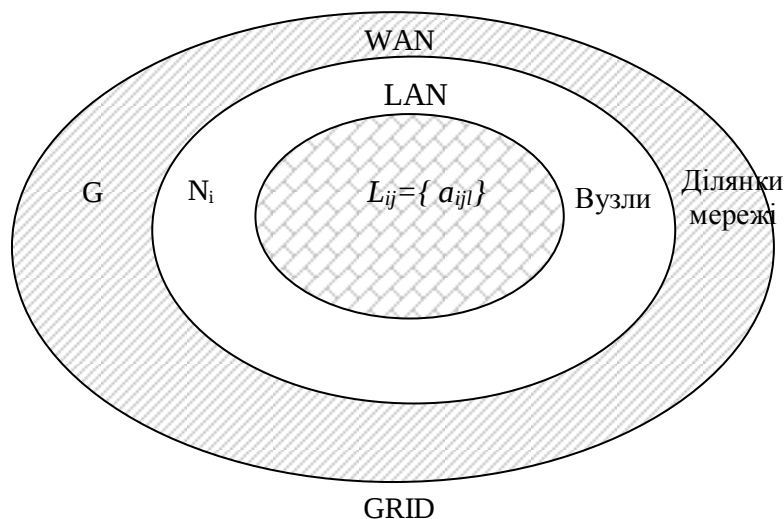


Рис. 2.1. Діаграма складових GRID-системи

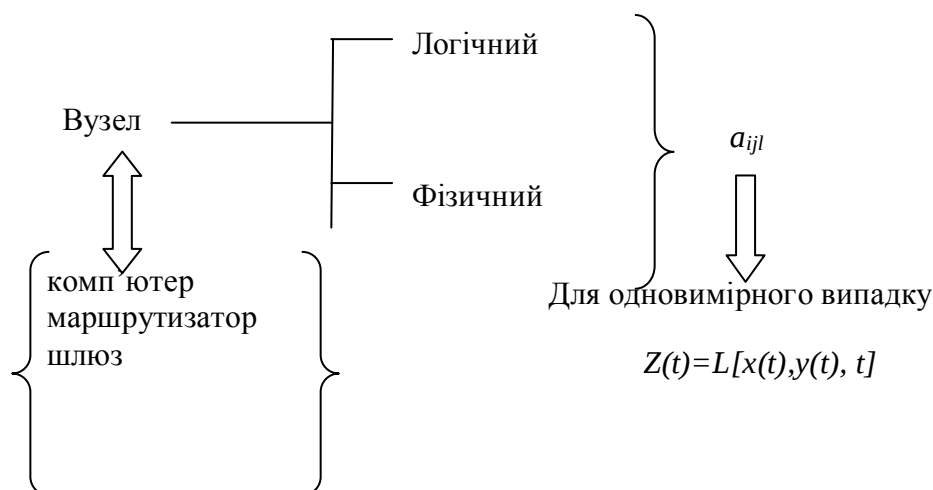


Рис. 2.2. Структурна схема вузла GRID-системи:

$x(t)$ – навантаження логічного (фізичного) вузлів LAN;

$y(t)$ – ємність пам'яті вузлів LAN; $z(t)$ – пропускна здатність вузлів LAN

Історично склалося, що у великих містах обчислювальні мережі будь-яких стабільно існуючих підприємств, організацій різних профілів будувалися по мірі фінансування та удосконалення можливостей придбання комп'ютерного обладнання. Практика впровадження нових технологій випереджувала науково-технічне обґрунтування, оцінку ефективності проектних рішень та узагальнення результатів, яких було досягнуто. Поступово такі мережі перетворювалися із простих обчислювальних комплексів до взаємно пов'язаних систем корпоративного рівня, які мають порівняно ве-

ликі резерви, що забезпечення рішення поточних завдань перетворення та подання користувачам необхідної інформації. Розглянемо концептуальне обґрунтування отримання додаткових комп'ютерних ресурсів для розвитку транспортної інфраструктури великого міста за рахунок доступу до таких комп'ютерних систем.

Важливим для упорядкування є завдання ефективного сполучення апаратних та програмних складових системи, визначення топології відповідної мережі, та особливості роботи програмного забезпечення, операційних систем, серверних додатків, концептуальних проблем сполучення програмно – апаратних засобів та логіки організації прикладних обчислювальних процесів [50, 10]. Таке завдання упорядкування обчислювальних мереж у межах однієї організації та узагальненого комп'ютерного простору з точки зору авторів повинно базуватися на результатах попередніх досліджень з визначення GRID-технологій [63] та концептуального обґрунтування їх застосувань згідно результатам, що викладені у роботі [199]. Розглянемо у цьому сенсі постановку задачі застосування синергетичного підходу на основі фундаментальних досліджень [182, 184] з урахуванням самоорганізації такої складної системи, а не простого отримання додаткового ефекту від відповідного об'єднання гетерогенних комп'ютерних ресурсів. В основі відповідного дослідження припустимо формалізацію цієї проблеми, згідно прикладу, що наведено у роботі [10, 198, 199].

Будь-які комп'ютерні ресурси організацій та підприємств, які стабільно розвиваються, мають і тенденції розвитку комп'ютерних ресурсів. У їх обчислювальному середовищі можливості координації використання гетерогенних розподілених ресурсів покладають на GRID- технології. Вони надають можливості застосування різноманітних ресурсів: обчислювальних, накопичення даних та комунікаційних. Слід зазначити, що надійність та продуктивність окремих систем може бути порівняно невеликою, але користувач такої розподіленої системи отримує єдину надійну та продуктивну платформу для обчислень, отримання доступу до баз даних та знань, а також може зберігати свої дані та користуватися різноманітними комунікаційними технологіями [2].

Як було визначено раніше, розвиток топології обчислювальних мереж практично проходить три рівня: Intragrid (внутрішні GRID) → Extragrid (зовнішній GRID, що об'єднують вже декілька організа-

цій) → Intergrid (глобальні системи, які об'єднують вже багато організацій, партнерів, кластерних рішень). Саме цей рівень GRID повинен відповідати за розвиток транспортної інфраструктури великого міста або регіону.

Звичайно таке об'єднання координується GRID-системою, а відповідна віртуальна мережа дозволяє технічно об'єднати розрізнені внутрішні мережі та кластери у єдиний інформаційний простір, що координується вже єдиною GRID-технологією, яка надається користувачу у вигляді єдиної віртуальної платформи. Відповідна топологія на нижньому рівні – це окрема обчислювальна лабораторія, у якій користувач застосовує механізм віртуальної ЕОМ і має доступ до Intergrid – ресурсів.

Своєрідне занурення автоматизованих робочих місць окремої транспортної лабораторії до комп'ютеризованого простору існуючих у великому місті окремих систем, що мають Intergrid – ресурси дозволяє отримати значний зиск від використання залучених таким чином додаткових комп'ютерних ресурсів. У цьому випадку не має необхідності створення великої корпоративної мережі для підтримки транспортної інфраструктури. Однак, для визначення можливості отримання такого зиску потрібно прогнозувати розвиток відповідної окремої комп'ютерної системи, визначити її програмну платформу, операційну систему. Якщо проаналізувати таку тенденцію використання в існуючих комп'ютерних мережах різних операційних систем, то можна стверджувати про перевагу Microsoft Windows (Windows XP). Інші версії цієї операційної системи використовуються менш частіше. Це обумовлено тим, що старі версії працюють на комп'ютерах, які мають невелику продуктивність обчислень.

Новітні версії операційних систем впроваджуються порівняно повільно, завдяки необхідності підвищення кваліфікації користувачів. Також можна затверджувати, що новітні операційні системи, як правило, встановлюються на нове обладнання, що теж опосередковано впливає на популярність їх застосування. Однак, більшість реалізацій розподілених додатків та GRID-систем зараз реалізовано для платформи Linux. Тому доцільним є розглянути ці системи у якості альтернативи чи додаткової операційної системи. Згідно досвіду попередніх етапів цього дослідження висловимо наступне.

У середовищі GRID-технологій з практичної точки зору найбільш зручним та багатофункціональним буде дистрибутив Instant-GRID (<http://www.Instant-grid.org>). Він базується на системі Knoppix (Live-CD) та системи Globus Toolkit (програмне забезпечення проміжного рівня – middleware, що забезпечує можливість застосування GRID-технологій). Система Instant-grid має зручний інтерфейс користувача, який оснований на використанні технологій подання даних web-браузером. Ця система поєднує як програми, що виконуються у консольному режимі, так і графічні додатки. У дистрибутиві реалізовано багато рішень Globus Toolkit, наприклад: компонент WS-GRAM для управління задачами, що вирішуються у системі, система GRIDFTP для обміну файлами та система віддаленого входу до машин-клієнтів по захищеному каналу.

Таким чином, можна визначити концепцію застосування програмного забезпечення для рівня LAN, що входить до складу розвинутої WAN мережі універсального призначення. Взагалі впровадження GRID-технологій потребує використання мережевої операційної системи. На робочих станціях можна виконати подвійну установку операційних систем. Одна – буде із родини Windows, а інша – на базі вільної операційної системи типу Linux.

Розвиток гетерогенних комп'ютерних ресурсів передбачає принцип конкуренції, що забезпечує «виживання» найбільш ефективних зв'язків згідно властивості самоорганізації. У такому випадку можливо, що в комп'ютерних мережах – подібно тому, як це відбувається в інших синергетичних системах, – виникнуть нові більш ефективні об'єднання комп'ютерів, та розподіл завдань між окремими комп'ютерами. Особливо це важливо для вирішення проблем комп'ютерного забезпечення розвитку транспортної інфраструктури міст та регіонів. Саме комп'ютерні ресурси у транспортних системах мають гетерогенний характер та потребують застосування GRID - технологій. Згідно методології організації єдиного інформаційного простору комп'ютерних ресурсів регіону, у якому працює транспортна організація та його локальна мережа LAN відповідно слід обирати і програмні модулі вузлів. На рис. 2.3 наведено узагальнене уявлення фізичної архітектури вузла, його програмно – апаратну реалізацію.

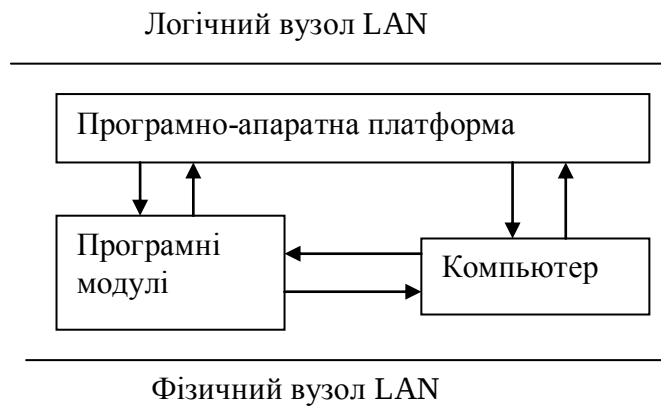


Рис. 2.3. Фізична реалізація вузла LAN рівня користувача

Навіть візуальний аналіз результатів моніторингу окремих вузлів будь-якої мережі доводить, що їх навантаження досить нерівномірне у розрізі доби, тижня, місяцю. Твердження про своєрідну рекуперацію резервів комп'ютерних потужностей, що полягає у одночасному використанні комп'ютерів для вирішення завдань різних користувачів, потребує паралельної обробки інформації, синергетики та самоорганізації вузла LAN. Такий вузол, включно з програмною платформою, є синергетичним комп'ютером логічного рівня мережевої системи, принцип роботи якого засновано як на розподілених обчисленнях, так і визначенні віртуального комп'ютерного середовища користувачів.

У цілому це організаційно-технічна система, яка повинна базуватися на принципах структурної стійкості, структурного збігу, автономності та ефективної реалізації у сенсі, який було визначено раніше у дослідженні.

В основі цієї системи полягає забезпечення такої інфраструктури комп'ютерного середовища існування GRID-технології, яка відповідає характеристикам типової (концептуальної) організації окремої комп'ютерної лабораторії, програмно-апаратним засобам відповідної обчислювальної мережі, яка складається з ланцюга Intragrid → Extragrid → Intergrid. Така система базується на створенні безперервного моніторингу усіх складових мережі, передбачає не тільки нормалізацію вимірювальної інформації, але і її структурний, змістовий (семантичний) та прагматичний аналіз з точки зору оцінки ефективності рішення відповідної задачі у залежності

від попереднього стану комп'ютерного комплексу та прогнозування його зміни, що оцінюється.

Із впровадженням GRID-технології ми одержуємо не просто інформаційну систему, а своєрідний інтелектуальний регулятор, що сполучує переваги систем програмного керування із адаптивними системами, що працюють на основі синтезу керуючого впливу. Такі властивості регулятора обумовлюють надання властивості аналога інтелекту програмно-апаратної системи забезпечення функціонування складових GRID-технології. Вона буде складовою частиною інтелектуальної технології управління рухом наземного транспорту великих міст та регіонів. З одного боку така система буде входити до простору WAN, LAN, а з іншого - в неї занурено LAN мережу транспортної організації.

Основною вимогою впровадження новітніх технологій є забезпечення цілісності програмного комплексу, що забезпечує виконання наукових розрахунків, моделювання та обробки експериментальних даних. У цьому комплексі обчислювальна мережа транспортної організації являє собою уніфіковане програмно-апаратне середовище, у якому паралельно виконуються програмні модулі: офісні додатки, програмні засоби Internet, системи автоматизації проектування, моделювання та спеціальні програмні комплекси. Однак, після більш ретельного аналізу багатьох задач, що вирішуються у транспортній організації слід висловити твердження про великі обсяги комп'ютерного навантаження каналів, перш-за все сполучень з Internet.

2.2. Математичний опис та формалізація

Інформація у транспортних системах існує у різному цифровому уявленні та графічному й мультимедійному вигляді. Цьому уявленню відповідає просторово-часове існування цифрового контенту. Інформаційна взаємодія користувачів відповідної IT-інфраструктури транспортних організацій основана на електронному документообігу на рівні локальної (LAN) або глобальної мережі (WAN) із виходом до Internet. Розгляд властивостей цієї взаємодії потребує врахувань як сукупної продуктивності вузлів відповідної мережі, так і фінансових витрат на забезпечення відповідних енергоресурсів та сервісного обслуговування. Тому застосування та ви-

користання єдиного інформаційного простору транспортних організацій потребує оптимізації багатокритеріальної мережевої системи. Найбільш привабливою для такої оптимізації є концепція web 2.0, що є логічним продовженням розвитку колективного користування ресурсами Internet. Застосування технологій web 2.0 знімає потреби у програмуванні як для виконання задач обробки інформації відповідного електронного документообігу, так і при створенні учасниками руху своїх особистих web-ресурсів. Однак обчислення та рішення задач для транспортних додатків потребують наявності потужних комп'ютерних систем.

Вирішення проблеми апаратного забезпечення продуктивних обчислень можливо за рахунок отримання «додаткових» ресурсів на базі існуючих великих комп'ютерних систем та корпоративних мереж за рахунок застосування новітніх GRID-технологій. Ці технології надають засоби для організації єдиного обчислювального середовища у гетерогенних розподілених системах. Особливість формування єдиного інформаційного простору з використанням GRID-технологій полягає не тільки у технічній організації розподілених обчислень гетерогенного середовища, але й у створенні певної соціальної структури, до якої залучаються користувачі цієї системи – учасники руху.

Тому GRID є організаційно-технічною системою, що має високий рівень автоматизації. Операторне уявлення вузла такої системи можна представити, як

$$h_i(\tau) = H[h_x(t), h_y(t), h_z(t), \tau], \quad (2.1)$$

де $h_i(\tau)$ – динамічна функція, що відповідає процесу функціонування i -го об'єкта в досліджуваній системі на часовому інтервалі τ .

Під об'єктом у (2.1) слід розуміти логічний i -вузол LAN. Реальна інтерпретація $h_i(t)$ – продуктивність (навантаження) або пропускна здатність вузла GRID, якій відповідає система змінних: $x(t)$ – навантаження логічних (фізичних) вузлів LAN; $y(t)$ – ємність пам'яті вузлів LAN; $z(t)$ – пропускна здатність вузлів LAN.

На рис. 2.4 наведено графічну інтерпретацію, що пояснює процеси перетворення даних, їх реєстрації та передачі.

Впровадження GRID-технологій надає не просто інформаційну систему, а своєрідний інтелектуальний регулятор, що поєднує переваги систем програмного керування із адаптивними системами, які

працюють на основі синтезу керуючого впливу. Така інтелектуальна технологія управління рухом наземного транспорту великих міст та регіонів буде входити до простору WAN транспортної корпорації. Поряд з цим у неї будуть «занурені» локальні мережі різних транспортних організацій, що входять до відповідної корпорації (об'єднання).

У силу того, що LAN та WAN, як правило, є гетерогенними системами, мають різномірну фізичну структуру, їхній опис виконується за допомогою узагальнених методів. Математично це вимагає застосування замість звичайних арифметико-логічних співвідношень, засобів функціонального аналізу: теорії операторів і операторні співвідношення.

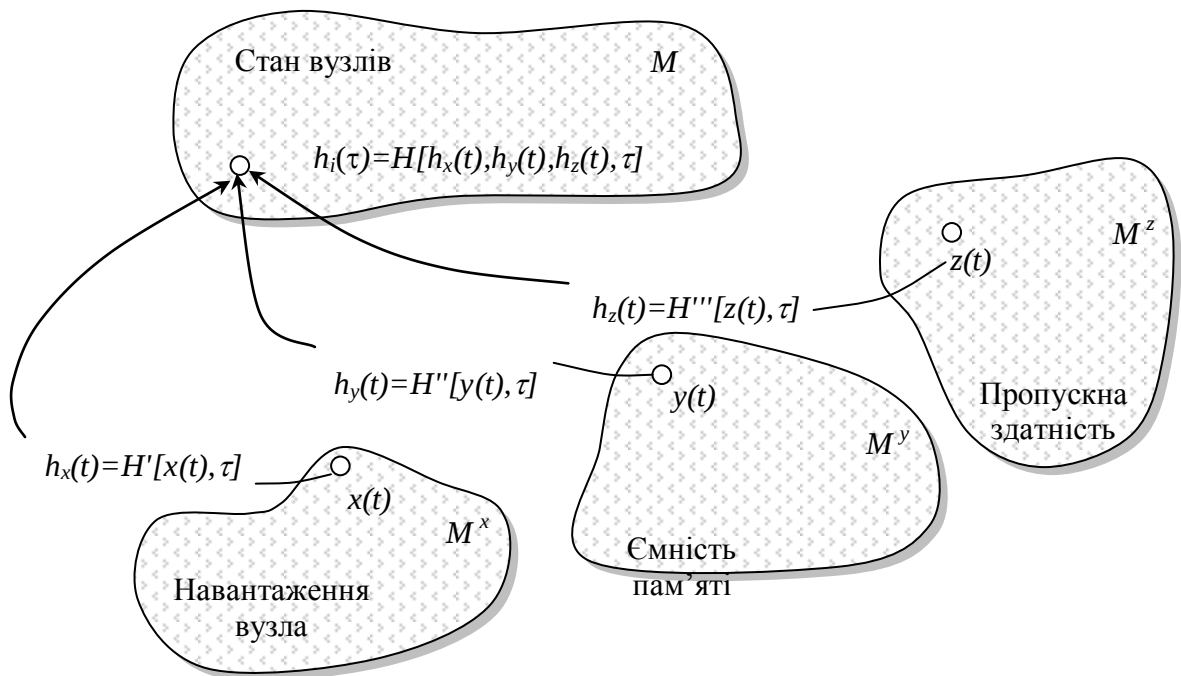


Рис. 2.4. Операторна схема перетворення даних вузлами LAN

Відповідний системний опис має вигляд

$$\begin{cases} G = \bigcup_i N_i; \\ N_i = \bigcup_j L_{ij}; \\ L_{ij} = \{a_{ijl}\}, \end{cases} \quad (2.2)$$

де G – інформаційний простір GRID-системи;

N_i – мережі LAN;

L_{ij} – логічні вузли LAN;

$\{a_{ijl}\}$ – фізичні елементи LAN (маршрутизатори, шлюзи), i, j, l – індекси для визначення мережі.

Система (2.2), що розглядається може знаходитися у таких станах: створення, налагодження, функціонування. Тоді для характеристики кожного вузлу LAN (підсистеми, ланки GRID-системи) можна запропонувати спеціальну індикаторну функцію $b_{ijl}(t)$

$$b_{ijl}(t) = \begin{cases} 0, & \text{Вузол} \cdot \text{налагоджується;} \\ 1, & \text{Вузол} \cdot \text{функціонує.} \end{cases} \quad (2.3)$$

У найпростішому випадку стан такої LAN визначимо, як система $S = \{S_0, S_1, \dots, S_e, \dots, S_k\}$, де S_0 відповідає ситуації, у якій усі вузли a_{ijl} не вимагають відновлення, $S_e, e \neq 0$ – e ділянок вимагають відновлення. Тоді щільність імовірності переходу від S_e у S_{e+1} , буде

$$\lambda_{e,e+1} = \lim_{\Delta t} \frac{P_{e,e+1}(\Delta t)}{\Delta t}, \quad (2.4)$$

а зворотне твердження відповідає співвідношенню:

$$l - p_{i,e+1}(\Delta t) = l - \lambda_{ij} \Delta t, \quad (2.5)$$

де P_{ij} – імовірність переходу системи S_i у S_j .

Слід зазначити, що перехід від S_e до S_{e+1} є процес двоспрямований. Стан можна представити у виді ланцюжка переходів, у якій сусідні стани зв'язані прямою і зворотним зв'язком та відповідають співвідношенням (2.3, 2.4).

На схемі (рис. 2.5) наведено розмічений граф станів розглянутої системи відновлення.

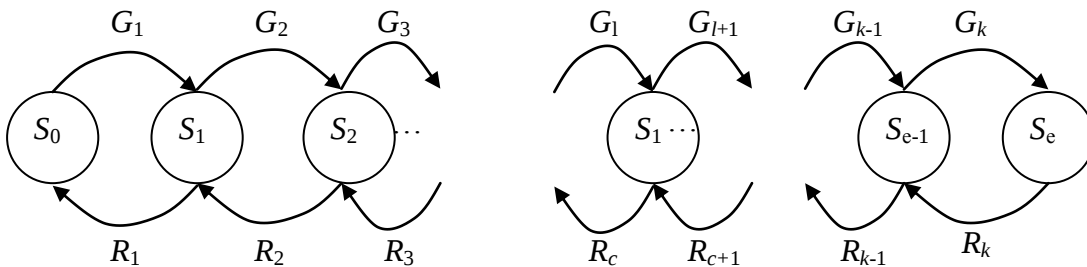


Рис. 2.5. Графічна інтерпретація системи налагодження (відбудови) LAN вузлів

Дугам цього графа відповідають щільності ймовірності G_e переходу системи в стан S_e зі стану S_{e-1} , а R_e зі стану S_e в стан S_{e-1} відповідно. За аналогією з «обслуговуванням верстатів» для графа (рис. 2.5) можна записати, що ймовірності P_e перебування системи S у стані S_e визначаються в такий спосіб [242]

$$\left. \begin{aligned} P_e &= \frac{G_e}{R_e} P_{e-1}; \\ \sum_{e=0}^k P_e &= 1 \end{aligned} \right\}, \quad (2.6)$$

де

$$\left. \begin{aligned} G_i &= \lambda(k+1-e); \\ R_e &= \begin{cases} \mu, & \text{якщо } e=1; \\ n \cdot \mu, & \text{якщо } e \geq n; \\ e \cdot \mu, & \text{якщо } e < n. \end{cases} \end{aligned} \right\} \quad (2.7)$$

Згідно (2.6, 2.7) одержимо, що завантаження LAN в системі характеризується співвідношенням

$$Z_{\text{cp}} = \sum_{i=1}^{n-1} P_e + \lambda \left(1 - P_0 - \sum_{i=1}^{n-1} P_e \right). \quad (2.8)$$

На підставі (2.8) можна визначити середнє число вузлів LAN, відновлюваних в одиницю часу, що відповідає абсолютної пропускної здатності розглянутої системи:

$$C = Z_{\text{cp}} \mu. \quad (2.9)$$

Крім цього, виходячи з наведеного опису, можна розрахувати і середнє число вузлів LAN, що або відновлюються, або знаходяться в стані очікування процесу відновлення, у такий спосіб:

$$A = \lambda \cdot k \cdot P_0. \quad (2.10)$$

Таким чином, на підставі отриманих практичних результатів (розрахункові формули (2.8)–(2.10)) відновлення властивостей LAN вузлів можна математично описати за допомогою теорії масового обслуговування, стан якого однозначно визначиться послідовністю

$\{b_{ijl}(t)\}$ і відносною імовірністю $\{p_{ijl}(t)\}$. Цим двом послідовностям відповідає граф станів (рис. 2.11), вершинам якого відповідають стану, а дуги – можливим переходам з одного стану в інший.

Розглянемо, як перейти від арифметико-логічних співвідношень, що визначають кількісні характеристики LAN-вузлів, до більш високого рівня узагальнення визначення функції у метричних просторах (рис. 2.6).

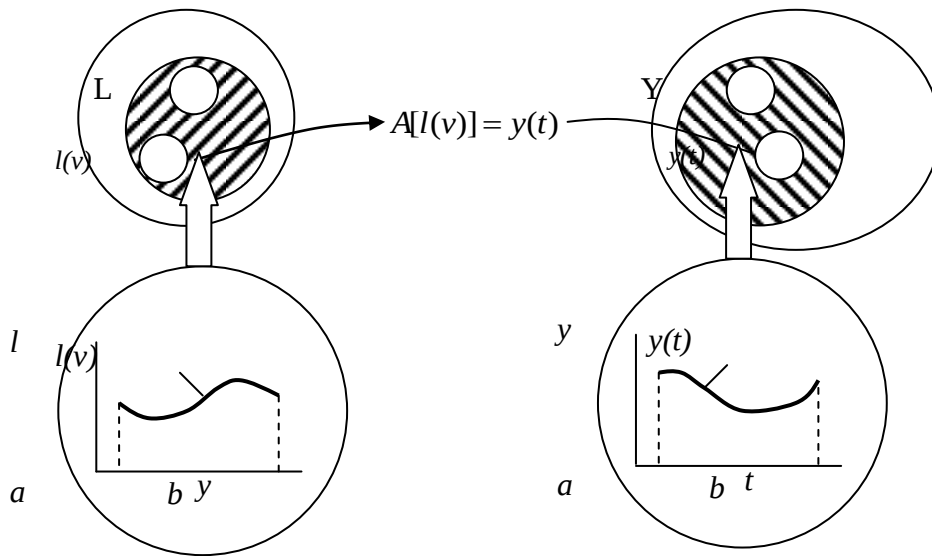


Рис. 2.6. Визначення функції в метричних просторах

Перенесемо поняття операторної залежності в довільний метричний простір. Якщо кожній крапці $l(v) \in L \subset M_l$ за визначеним правилом зіставлена деяка крапка $y(t) \in M_y$, те говорять, що на множини L завданий оператор зі значеннями в просторі M_y . Якщо цей закон перетворення позначити через A , те сказане вище прийнято аналітично записувати у вигляді: $y(t) = A[l(v)]$. Зручною виявляється також наступна форма запису оператора: $y(t) = y[l(v), t]$. Множина L називається областю визначення оператора A , а незалежна перемінна $l(v)$ - аргументом оператора чи прообразом оператора A .

Таким чином, оператор A здійснює відображення множини L у простір M_y . Якщо сукупність значень оператора A збігається з усім простором M_y , те говорять також, що встановлено відображення множини L на простір M_y .

Нехай $U \subset M_y$ - множина значень оператора A , якщо $l(v)$ приймає значення з області $L \subset M_l$. Тоді U називають образом множини L щодо оператора A и позначають $A[L] = U$.

Аналогічно, множина L називають прообразом множини U відносно оператора A и позначають $A^{-1}[U] = L$.

У загальному випадку образ $y(t)$ оператора і його прообраз $l(v)$ є функціями різних числових аргументів t і v , визначених на деяких відрізках $[c, d]$ і $[a, b]$ відповідно, тобто: $c \leq t \leq d$, $a \leq v \leq b$. Вид образу $y(t)$ деякого оператора як функції перемінної t визначається тільки реалізацією прообразу $l(v)$ і не залежить від аргументу v прообразу $l(v)$ оператора.

В окремому випадку образ і прообраз оператора є функціями того самого числового аргументу, як це було наведено вище у співвідношенні (2.1) та на схемі (рис. 2.12). Однак, щоб підкреслити незалежність аргументів образу і прообразу оператора, доцільно й у цьому випадку зазначені аргументи позначати різними, символами (рис. 2.7).

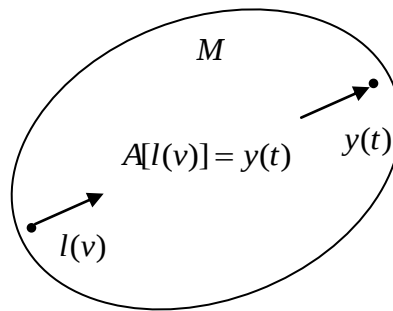


Рис. 2.7. Зображення просторів самих в собі

Оператор називається однозначним, якщо кожної реалізації прообразу $l(v)$ оператора відповідає єдина реалізація його образу $y(t)$.

Для однозначного оператора з рівності $l_1(v) = l_2(v)$ випливає $y[l_1(v), t] = y_1(t)$ $y_2(t) = y[l_2(v), t]$. Зворотне при цьому може і не виконуватися, тобто з рівності $y_1(t) = y_2(t)$, де $y_1(t) = y[l_1(v), t]$, $y_2(t) = y[l_2(v), t]$, узагалі говорячи, не випливає рівність $l_1(v) = l_2(v)$. Якщо ж ця рівність виконується, то оператор називається однозначним.

Очевидно, що функція числового аргументу, досліджувана в математичному аналізі, є часткою випадкового оператора. Принципова відмінність оператора від функції числового аргументу поля-

гає в тім, що для визначення значення образу $y(t)$ оператора при деякій значенні t_1 аргументу t необхідно задати прообраз $l(v)$ оператора як функцію перемінної v на всьому інтервалі його визначення. Тому іноді оператор називає перетворенням з пам'яттю.

Динамічні системи, які характеризуються зазначеними перетвореннями, називають системами з пам'яттю. На противагу перетворенням з пам'яттю можна привести приклади операторів, значення образу яких для деякого фіксованого значення аргументу образу визначається тільки значенням прообразу при деякій єдиному значенні його незалежної перемінної. Такі оператори називаються безінерційні, а відповідні їм технічні пристрої називаються безінерційними чи пристроями елементами без пам'яті. Очевидно, що безінерційний оператор з математичної точки зору є звичайною функцією числового аргументу.

Серед множини всіляких перетворень у метричних просторах виділимо одиничний оператор E , що містить функцію саму в собі $E[y(\tau)] = y(t)$ (рис. 2.8).

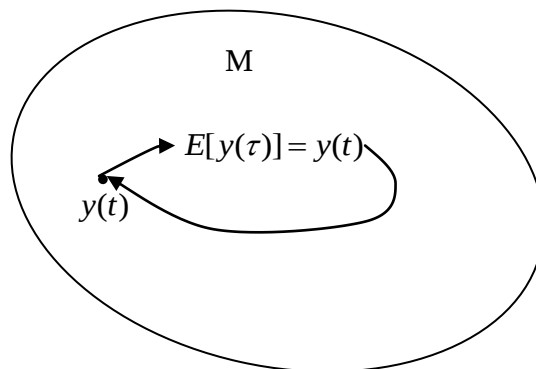


Рис. 2.8. Одиничний оператор в функціональному просторі

Одиничний оператор є безінерційним взаємно однозначним оператором, що впливає з визначення.

На основі вищезазначеного висловимо, що для математичного опису процесів, динаміки зміну стану вузлів LAN та WAN можна застосувати загальні операторні залежності, поняття метричного простору та визначення існування мережі у метричному просторі часових перетворень. Ймовірності зміни станів фізичних вузлів LAN, узагальнення поняття стану складної системи на вузли WAN та застосування основних положень теорії обслуговування за аналогією «обслуговування верстатів», індикаторні функції стану окремого вузла дозволяють оцінити основні характеристики GRID-

системи: пропускну здатність – $z(t)$, навантаження – $x(t)$, ємність пам'яті – $y(t)$, як динамічні функції.

Тому будемо рахувати, що попередня посилка про застосування для формального аналізу GRID-технологій основних положень теорії операторів є справедливою.

2.3. Гетерогенні комп'ютерні ресурси

Історично склалося, що великі обчислювальні мережі будь-яких стабільно існуючих підприємств, організацій будувалися по мірі фінансування та удосконалення технічних можливостей комп'ютерних ресурсів. Практика впровадження нових технологій випереджувала науково-технічне обґрунтування, оцінку ефективності проектних рішень та узагальнення результатів, яких було досягнуто. Поступово такі мережі перетворювалися із порівняно простих обчислювальних комплексів до взаємно пов'язаних систем корпоративного рівня. Розглянемо вирішення проблеми теоретичного обґрунтування шляхів розвитку цих систем, що перш-за-все має велике значення для розвитку транспортної інфраструктури міст та регіонів.

Подальший розвиток існуючих обчислювальних комплексів великих розмірів (100–1000 та більше комп'ютерів) залежить від логічного сполучення різних за своїми технічними характеристиками, особливостями застосування та терміном існування підсистем та ланок, що складені із різних комп'ютерів та мережевих додатків. Розглянемо новий підхід до удосконалювання таких гетерогенних систем виходячи з аналогії до розвитку живих організмів та популяцій, використання новітніх тенденцій становлення теорії і практики комп'ютингу, застосування синергетичного підходу до організації розподілених обчислювань.

Розвиток гетерогенних комп'ютерних ресурсів не можна аналізувати, та планувати без визначення чисельності комп'ютерів, одиниць мережевої апаратури, серверних додатків на близьке и подальше майбутнє. У цьому випадку прогнозування простежується аналогія удосконалювання складної технічної системи та динаміки біологічної популяції (співтовариство особин одного виду). Для відповідної інтерпретації задачі, що розглядається, використаємо

спрощену відому модель динаміки такої популяції у термінах організації – технічної комп'ютерної системи. В основі рішення полягає аналіз трьох процесів, які відповідають «природнім народжуваності, смерті та видовій конкуренції»: придбання нового обладнання; фізичне старіння; моральне старіння.

Однак, тільки визначення кількісних характеристик комп'ютерних ресурсів вирішують проблему їх розвитку лише частково. Не менш важливим є завдання ефективного сполучення апаратних та програмних складових системи, визначення топології відповідної мережі, та особливості роботи програмного забезпечення, операційних систем, серверних додатків, концептуальних проблем сполучення програмно – апаратних засобів та логіки організації прикладних обчислювальних процесів [10, 183]. Завдання упорядкування та узагальненого комп'ютерного простору визначено у GRID технологіях [63] та у концептуальному обґрунтуванні їх застосувань [199].

Розглянемо у цьому сенсі постановку задачі на застосування синергетичного підходу на основі фундаментальних досліджень [175–178] з урахуванням самоорганізації такої складної системи, а не простого отримання додаткового ефекту від відповідного об'єднання гетерогенних комп'ютерних ресурсів. В основі відповідного дослідження припустимо формалізації цієї проблеми, згідно прикладу.

Покладемо у відповідність складності великої обчислювальної системи кількість одиниць комп'ютерного обладнання в момент часу t через $x(t)$. У початковий момент відповідна кількість є відомою: $X(t_0) = x_0$. Припустимо, що придбання нового обладнання за проміжок часу від t до $t+\Delta t$ пропорційне величині Δt і кількості комп'ютерних одиниць обладнання в момент часу t , загалом число $B(t, t+\Delta t)$ відповідає придбаному обладнанню за проміжок часу $(t, t+\Delta t)$ таким чином, що $B(t, t+\Delta t) = \alpha \cdot x(t) \cdot \Delta t$, де α – коефіцієнт пропорційності. Фізичне старіння обладнання за проміжок часу від t до $t+\Delta t$ також пропорційне величині Δt і кількості одиниць обладнання в момент t , тобто число $M(t, t+\Delta t)$ фізично застарілих одиниць за проміжок часу $(t, t+\Delta t)$ дорівнює $M(t, t+\Delta t) = \beta \cdot x(t) \cdot \Delta t$, де β – коефіцієнт пропорційності.

Будемо припускати, що моральне старіння веде до додаткового фізичного старіння та вилучення відповідних одиниць обладнання з мережі. Дати формалізований опис цього процесу, з урахуванням

зазначеної вище аналогії, можна безліччю способів. Наприклад, згідно з запропонованою моделлю динаміки популяцій прийmemo, що моральне старіння та вилучення відповідних одиниць обладнання з мережі за проміжок часу від t до $t+\Delta t$ визначається формулою $M_1(t, t+\Delta t) = \gamma(x(t))^2 \cdot \Delta t$, де γ – коефіцієнт пропорційності морально-го старіння. Для визначених процесів розвитку гетерогенних комп'ютерних ресурсів можна формулювати:

$$x(t+\Delta t) = x(t) + \alpha \cdot x(t) \cdot \Delta t - \beta x(t) \cdot \Delta t - \gamma(x(t))^2 \cdot \Delta t. \quad (2.11)$$

Прийнявши $\alpha - \beta = k$, $k > 0$, $\gamma > 0$, $\Delta t \rightarrow 0$, $x(t_0) = x_0$, $\alpha = \frac{a}{x_1}$;

$\beta = \frac{b}{x_0}$; $\gamma = \frac{y}{x_0}$, одержуємо такий результат:

$$x(t) = \frac{kx_0 e^{kt}}{k - \gamma x_0 (1 - e^{kt})}, \quad (2.12)$$

де a – це кількість придбаних нових комп'ютерів;

b – кількість списаних комп'ютерів;

y – кількість морально застарілих комп'ютерів;

x_0 – загальна кількість комп'ютерів за поточний рік;

x_1 – кількість комп'ютерів за наступний рік, що прогнозується;

t – інтервал часу між наступним та поточним роками у місяцях.

Таким чином, можна визначити складність обчислювальної системи $x(t)$ у будь-який час у майбутньому з урахуванням умови того, що відповідні коефіцієнти α , β , k , γ мають не постійне значення, а є динамічними функціями на відповідному інтервалі часу. Таке ускладнення, збільшення масштабів та логічний розвиток комп'ютерної мережі є результатом логічного розвитку, синергетичної самоорганізації комп'ютерних ресурсів, що відповідає припущенню про «аналогію» та відповідність процесу розвитку гетерогенних комп'ютерних ресурсів динаміці біологічних популяцій. Обробка даних за співвідношенням (2.12) показала, що для розрахунку $x(t)$ на будь-який рік необхідні дані за два попередні роки. Так, у табл. 2.1 приведено дані розвитку гетерогенних комп'ютерних ресурсів.

Проведений статистичний кількісний аналіз обчислювальних мереж транспортних організацій (на прикладі ХНАДУ) показав аде-

кватність висловлених припущень розглянутої моделі згідно співвідношення (2.11)–(2.12), відповідності основному принципу синергетики - самоорганізації.

Будь-які комп'ютерні ресурси організацій та підприємств, що мають стабільні тенденції до розвитку, мають і тенденції розвитку комп'ютерних ресурсів. У ролі їх обчислювального середовища, можливості координації використання таких гетерогенних розподілених ресурсів покладають на GRID-технології.

Таблиця 2.1

Розвиток гетерогенних комп'ютерних систем

Параметр	Позначення	Хронологія розвитку, рік							
GRID	T	1996	1998	2000	2002	2004	2006	2008	2010
Кількість вузлів LAN (ПК)	x_0	50	120	300	700	900	1050	1400	–
Списання	B	10	25	30	40	50	50	50	–
Моральне старіння	Γ	4	10	60	110	110	140	160	–
Придбання нових	A	70	150	440	270	250	400	–	–
Помилка	E	–	–	–61	–280	–108	+30	–39	–
Прогноз	$x(t)$	–	–	239	420	792	1080	1361	1880

Обробка даних за співвідношенням (13)–(14) показало, що для розрахунку кількості комп'ютерів, на будь який рік, необхідні дані за два (чотири, як по таблиці) попередні роки. Наприклад, якщо ми бажаємо виконати розрахунок кількості комп'ютерів на 2010 рік, необхідно взяти повні дані за 2006 рік та загальну кількість у 2008 (рис. 2.9).

Вони надають можливості застосування різноманітних ресурсів: обчислювальних, накопичення даних та комунікаційних. Розвиток топології обчислювальних мереж практично проходить три рівня: Intragrid, Extragrid та Intergrid.

Розвиток гетерогенних комп'ютерних ресурсів передбачає принцип конкуренції, що забезпечує «виживання» найбільш ефективних зв'язків згідно властивості самоорганізації. Можлива поява нового об'єднання комп'ютерів, та інший розподіл завдань між окремими комп'ютерами. Особливо це важливо для вирішення про-

блем комп'ютерного забезпечення розвитку транспортної інфраструктури міст та регіонів. Саме комп'ютерні ресурси у транспортних системах мають гетерогенний характер та потребують застосування GRID-технологій.

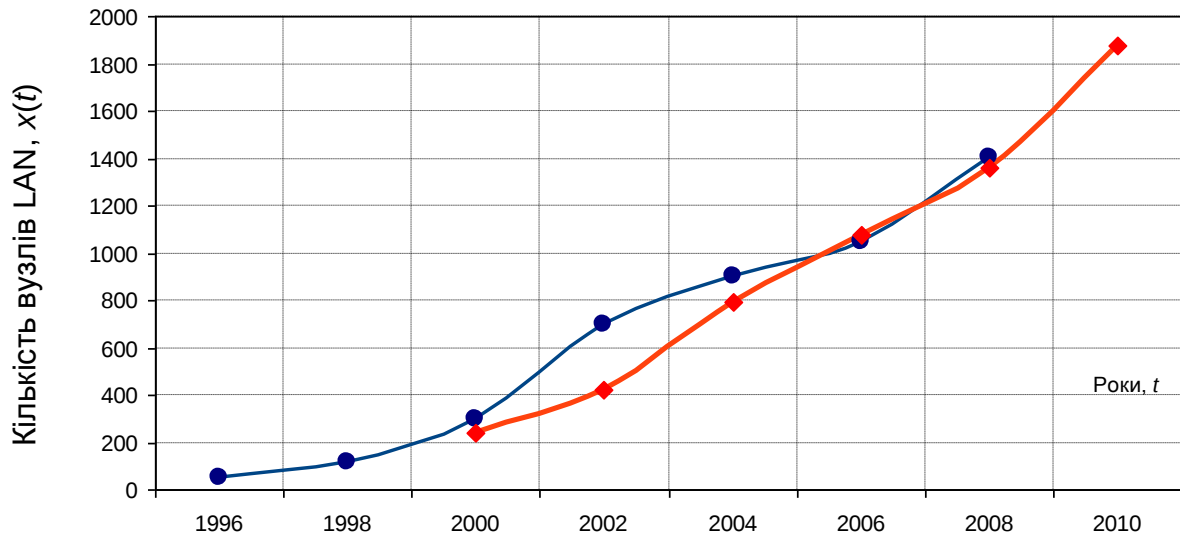


Рис. 2.9. Графік розвитку гетерогенних комп'ютерних систем:

● — реальні дані, ◆ — прогноз

Оцінка розвитку GRID-систем може виконуватися за аналогією із існуванням біологічної популяції. Цьому сприяє інтелектуальний механізм самоорганізації та синергетика динамічних процесів керування розподілом комп'ютерних ресурсів LAN та WAN. Загалом імітаційне моделювання та динамічний аналіз розвитку такої складної системи має аналогію з існуванням живих біологічних організмів. Такому аналітичному опису проблем розвитку комп'ютерних ресурсів у транспортних додатках відповідає його подальше візуальне моделювання.

2.4. Візуальне моделювання

Візуальне моделювання передбачає уявлення складних об'єктів та систем, розвиток комп'ютерних ресурсів як продовження імітаційного моделювання. Головні задачі цього етапу створення нової системи, або аналізу існуючої полягає у зручному для дослі-

дження відображенні структури системи її організації, поведінки або динаміки стану [201–207].

Візуалізація, специфікування, конструювання й документування об'єктно-орієнтованих систем є призначенням мови UML. У галузі розробки програмного забезпечення за допомогою діаграм можна зробити візуальну модель системи з різних точок зору. Одна з діаграм, наприклад, може описувати взаємодію користувача із системою, інша – зміну станів системи в процесі її роботи, третя – взаємодію між собою елементів системи і т.п. Складну систему можна представити у вигляді набору невеликих і майже незалежних моделей діаграм, причому жодна з них не є достатньою для опису системи й одержання повної уяви про неї, оскільки кожна з них опирається на певний аспект функціонування системи й виражає різний рівень абстракції.

Уніфікована мова моделювання (Unified Modeling Language, UML) – це графічна мова для візуалізації, конструювання й документування систем, у яких головна роль належить програмному забезпеченню. Ця мова була розроблена для моделювання програм, що ґрунтуються на об'єктно-орієнтованому підході. За допомогою UML можна розробити детальний план системи, що розроблюється, та яка містить не тільки її концептуальні елементи, такі як системні функції й бізнес-процеси, але й конкретні особливості, наприклад класи, написані на будь-якій мові програмування, схеми баз даних і програмні компоненти, що можуть бути повторно використовуватися.

Застосування технології UML для моделювання складних об'єктів та систем, наприклад, GRID-інфраструктури транспортної організації є рішенням, якому практично не має альтернатив. Так, UML надає спільне подання структури таких систем у вигляді, як графу, структурованого рисунку, так і забезпечує об'єктно-орієнтоване сприйняття систем.

Розвиток гетерогенних комп'ютерних ресурсів передбачає принцип «конкуренції» або «виживання» найбільш ефективних зв'язків згідно з властивостями самоорганізації. Слід зазначити, що можлива поява нового об'єднання комп'ютерів та інший розподіл завдань між окремими комп'ютерами. Особливо це важливо для вирішення проблем комп'ютерного забезпечення розвитку транспортної інфраструктури міст та регіонів. Такому аналітичному опису

проблем розвитку комп'ютерних ресурсів у транспортних додатках відповідає його подальше візуальне моделювання.

Фізично комп'ютерний ресурс транспортної системи це локальна мережа, що є сукупністю вузлів. Узагальнено кожний вузол формується на базі маршрутизатора. Його можна подати за допомогою візуальної моделі.

Найбільш гнучким та продуктивним вибором програмного забезпечення для створення маршрутизатору є використання сучасних мережових операційних систем. У разі потреб в отриманні рішення, що забезпечить просте налагодження системи та її подальше супроводження доцільним є вибір спеціалізованих систем. Наприклад: FREESCO, m0n0wall, pfSense, IPCor, SmoothWall, Endian чи інших. Серед дистрибутивів програмних маршрутизаторів на базі Linux можна виділити систему IPCor (<http://www.ipcor.org/>). Вона відрізняється багатими функціональними можливостями, які можна розширювати за допомогою сторонніх додатків. Зручний web-інтерфейс користувача повністю нагадує апаратні рішення маршрутизаторів, але відрізняється значною кількістю функцій та можливістю керування Linux-додатками, що складають систему.

У стандартній конфігурації IPCor вимагає наявності, як мінімум, одного мережевого адаптера (<http://www.thg.ru/network/ipcor/index.html>). Кількість мережових карт на маршрутизаторі залежить від завдань, які він буде виконувати. Мінімум, буде потрібно одна карта, а в класичному варіанті – дві: одна для роботи з внутрішньою ділянкою локальної мережі, а друга для доступу до Internet, наприклад за допомогою кабельного або DSL-маршрутизатора.

На рис. 2.10 зображено стандартну топологію мережі де застосовується маршрутизатор/брандмауер на базі IPCor.

У разі типового застосування IPCor звичайно використовують чотири мережеві карти, що забезпечують інтерфейс: Red – зовнішня мережа, Green – внутрішня локальна мережа, Blue – публічний доступ по бездротовому каналу зв'язку, Orange – захищена демілітаризована зона.

При комплексному використанні мережі Internet виникає необхідність у рішенні проблеми захисту інформації та локальної мережі в цілому. Особливо суттєво це питання встає коли організація має загальнодоступні (публічні) Internet-сервіси (web-сервери, ftp-

сервери, поштові сервіси, та інші), які розміщені в загальній локальній мережі. Підхід до створення захищених систем полягає в поділі локальної мережі та публічних серверів на окремі частини. Зона, у якій будуть розміщені публічні сервіси, називається демілітаризованою зоною – DMZ (Demilitarized Zone). Суть такої зони полягає в тому, що вона не входить безпосередньо ні у внутрішню, ні в зовнішню мережу, а доступ до неї може здійснюватися тільки по заздалегідь заданих правилах мережевого екрана.

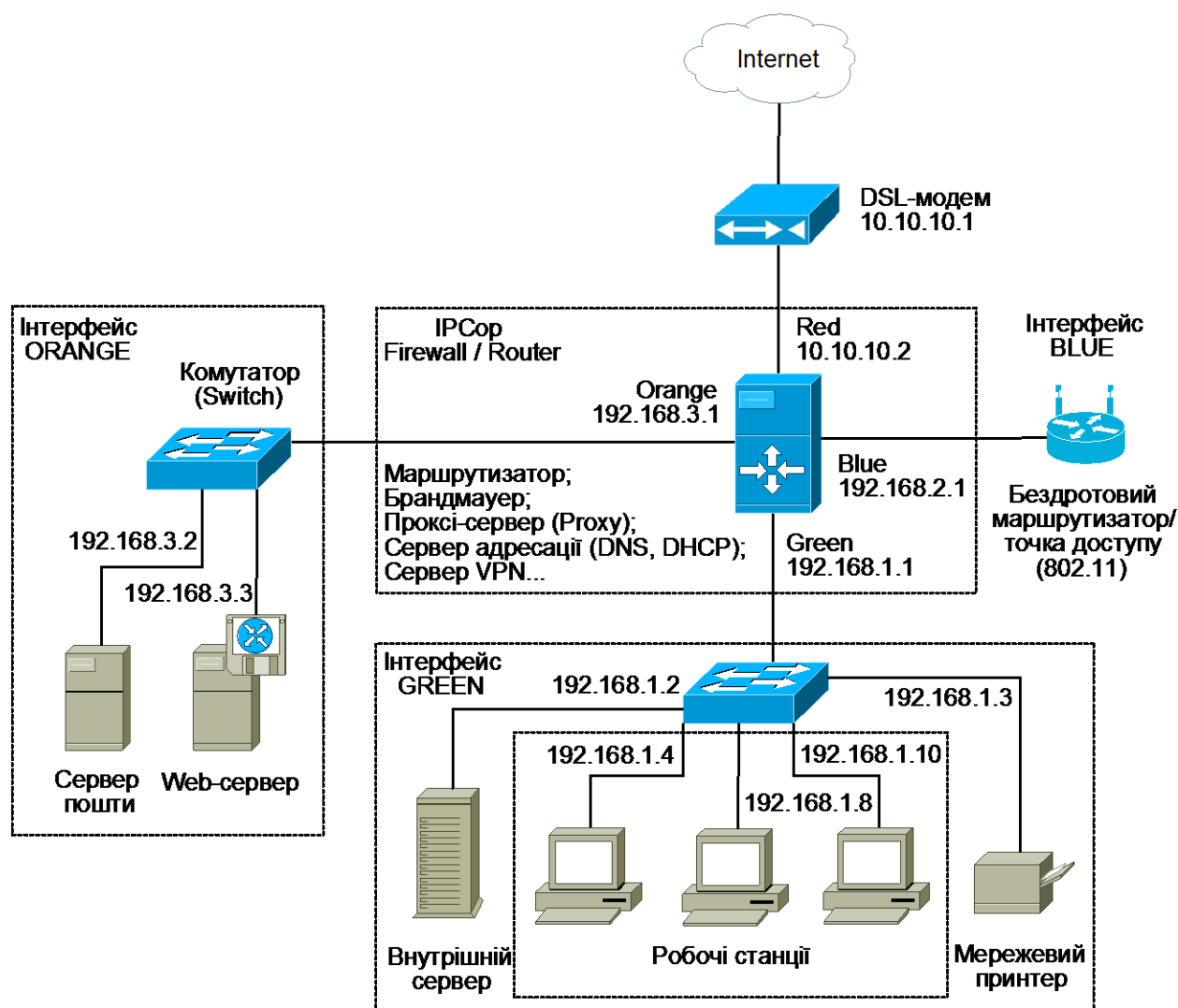


Рис. 2.10. Топологія мережі на базі рішення IPCop

Демілітаризована зона як правило служить для запобігання доступу із зовнішньої мережі до комп'ютерів внутрішньої мережі за рахунок виділення з локальної мережі в особливу зону всіх сервісів, що вимагають доступу із зовні. На серверах, розміщених в DMZ, не

повинна бути ніякої інформації про користувачів та іншої конфіденційної інформації, не повинне бути особистих поштових скриньок співробітників – ці данні повинні знаходитись у захищеній частині локальної мережі. (<http://hostinfo.ru/articles/487>).

Для роботи системи IPCor потрібно виділити x86-сумісний комп'ютер бажано із об'ємом оперативної пам'яті порядку 512 Мб. Наприклад, для проведення експерименту моделювання GRID-системи було обрано систему на базі Pentium-4 із 512 Мб – оперативної пам'яті та жорстким диском 80 Гб (рис. 2.11).

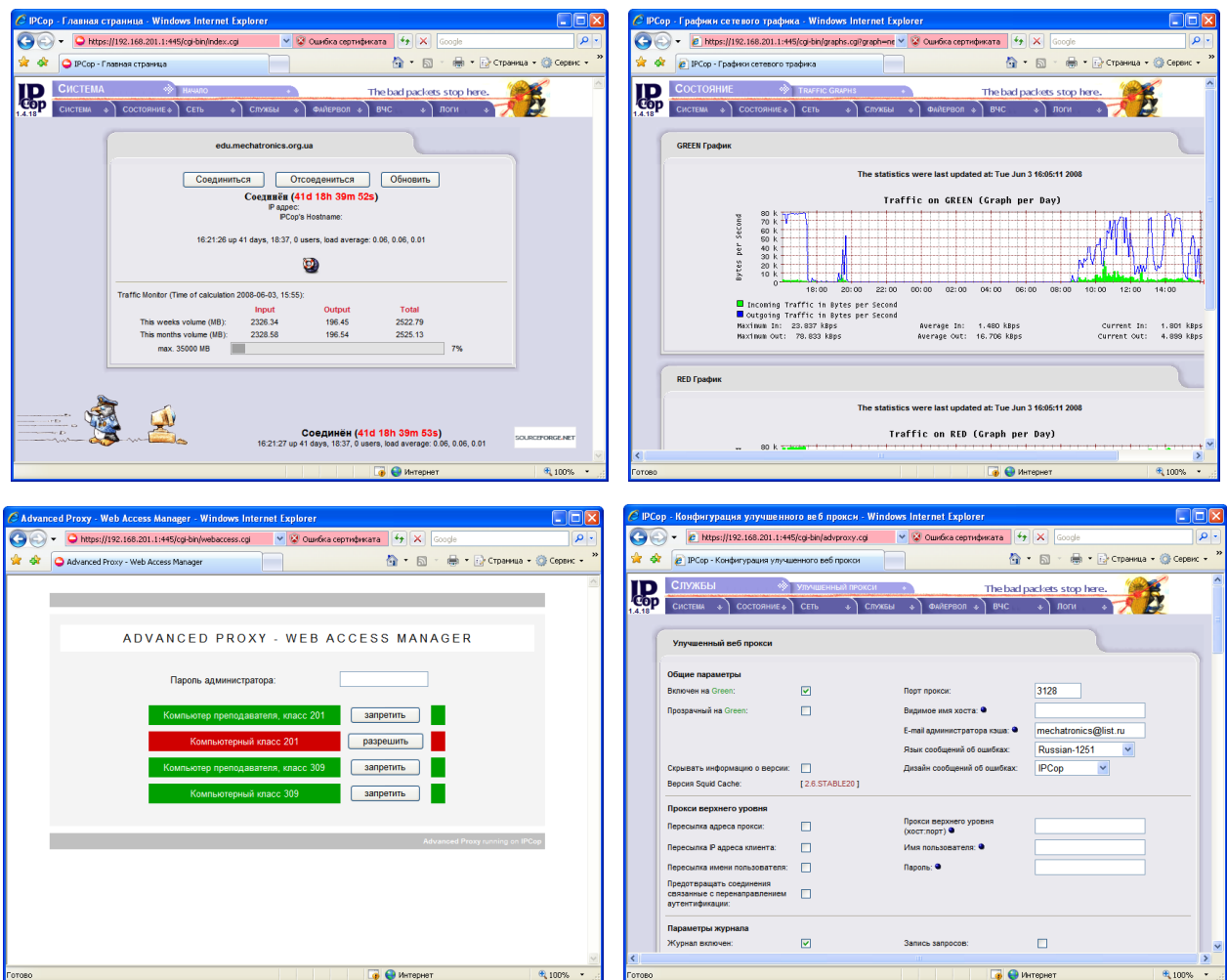


Рис. 2.11. Интерфейс маршрутизатора/брандмауера IPCor

Моделювання часу й простору – важливий елемент будь-якої розподіленої системи, що працює у реальному часі. Для візуалізації, конструювання й документування таких систем UML пропонує різні засоби, включаючи оцінки часу, часові діаграми, обмеження та позначені значення. Проектування систем реального часу й розподілених систем – складне завдання. Модель таких систем повинна

висвітити всі необхідні й достатні просторово-часові властивості системи.

Розподілені системи по своїй природі складаються з компонентів, фізично розташованих по різних вузлах. Дуже часте місце розташування (location) компонентів фіксується в момент установки системи. Але зустрічаються й такі системи, у яких компоненти мігрують із одного вузла на інший, наприклад у разі модернізації устаткування локальної обчислювальної мережі або введення нового сегменту, що сприяє зміні топології іншого. Засобами UML вигляд системи, з погляду розміщення, моделюється за допомогою відповідних діаграм розміщення, що описують топологію процесорів і пристроїв, на яких функціонує система. Артефакти є модулі, що виконуються, бібліотеки, таблиці, які розміщаються в цих вузлах. Кожний екземпляр вузла володіє власними екземплярами тих або інших артефактів, а кожний екземпляр артефакту належить рівно одному екземпляру вузла (хоча різні екземпляри артефакту одного виду можуть перебувати на різних вузлах).

Компоненти й класи можуть бути матеріалізовані у вигляді артефактів. Так, на рис. 2.12 зображено діаграму розміщення системи на базі IPCor де присутні артефакти: «processor» – комп'ютери, що виконують завдання серверних систем або робочих станцій та «network» – мережеве устаткування.

При моделюванні топології розподіленої системи слід розглядати фізичне розташування як вузлів, так і артефактів. Якщо в центрі уваги перебуває керування конфігурацією системи, що розглядається, то моделювання розподілу вузлів є важливим для візуалізації, конструювання й документування розміщення таких фізичних суттєвостей, як модулі, що виконуються, бібліотеки та таблиці.

Якщо більш важлива функціональність, масштабованість і пропускну здатність системи, то важливішим стає моделювання розподілу об'єктів.

Моделювання розподілених систем засобами UML дозволяє ухвалити рішення щодо того, як розподілити об'єкти в системі. Питання розподілу об'єктів системи тісно пов'язані з питаннями паралелізму. Непродумане рішення та визначення напрямку потоків даних може стати причиною дуже низької продуктивності, але складна топологія може привести до нестабільності.

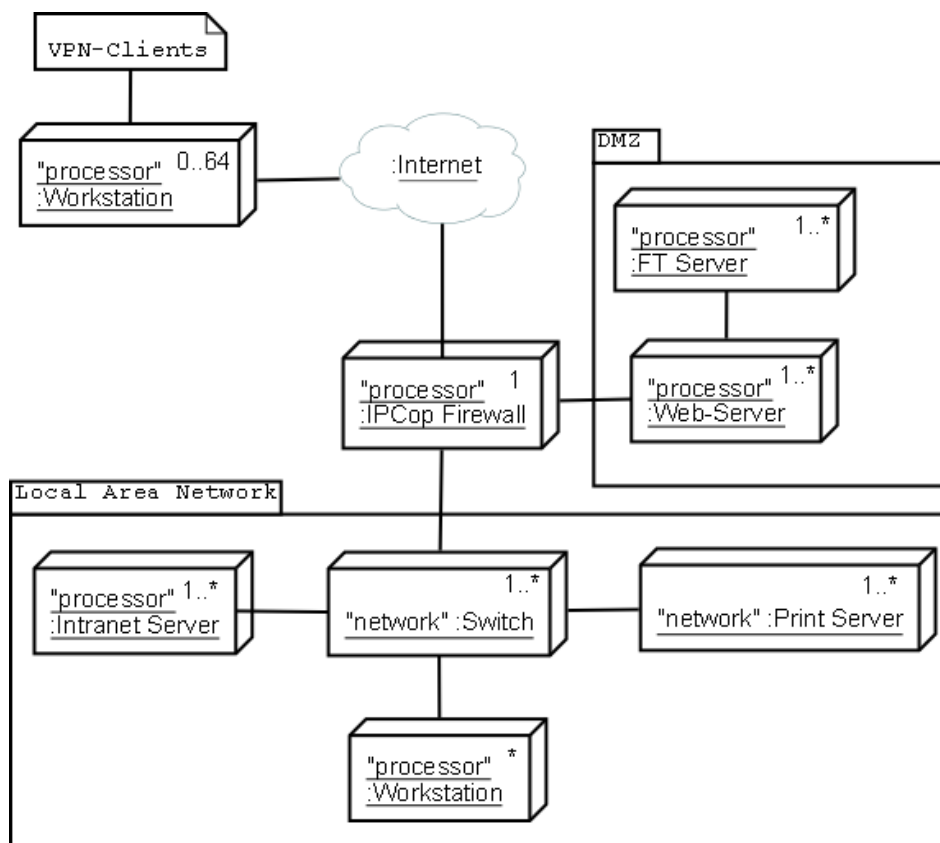


Рис. 2.12. Моделювання топології розподіленої системи

Слід зазначити, що мова UML призначена головним чином для моделювання програмних систем, хоча в комбінації з мовами моделювання апаратних засобів HDL (hardware description language) може виявитися досить корисною і при моделюванні апаратних систем. Крім того, UML має достатню потужність для моделювання топології автономних (stand-alone), вбудованих (embedded), клієнт-серверних (client-server) і безпосередньо розподілених (distributed) систем.

Таким чином на діаграмі розміщення наведені вузли системи. В мові UML вузол (node) – це фізичний елемент, що існує в час виконання і є обчислювальним ресурсом. Вузол зображується у вигляді куба. Для того, щоб вказати скільки однотипних елементів існує в мережі на діаграмі, використовується множина (multiplicity). Вона записується у вигляді виразу з мінімальним та максимальним значенням. Множина може визначена як одиниця (1), нуль чи один (0..1), багато (0..*), один чи декілька (1..*).

Для того, щоб підкреслити значення вузлу на схемі розподіленої системи, використаємо компонент UML-екземпляр. Екземпля-

ром (instance), зветься певне уособлення абстракції, до якого можна застосувати операції та котрому властиве певний стан, що зберігає результати цих операцій.

Візуалізація, конструювання та документування великих систем передбачає роботу з багатьма класами, інтерфейсами, вузлами, компонентами, діаграмами та іншими компонентами. У разі масштабування таких систем буде необхідно організувати ці сутності у великі блоки. В мові UML, для організації елементів моделі групи, використовують пакети. Графічно вони зображуються у вигляді папки. Пакет об'єднує семантично близькі елементи, що мають тенденцію сумісно змінюватися.

Діаграмі розміщення, прямими лініями зв'язку, зображені асоціації (association) – це структурний зв'язок між класами, що описує набір зв'язків, які утворюються між об'єктами – екземплярами класів. Також на цій діаграмі присутні сутності, що анотують. Графічно вони представлені прямокутником із загнутим кутом, в ньому розміщуються текстовий чи графічний коментар.

На рис. 2.13 зображено діаграма пакетів, що уособлює структурну сутність програмного маршрутизатору IPSop. На цій діаграмі розглянуто роботу маршрутизатора із трьома мережевими картами, що забезпечують зв'язок локальної обчислювальної мережі з Internet та виділення демілітаризованої зони. На цій діаграмі застосовано властивості атрибуту – доступність (visibility).

Засобами UML можна відокремлювати чотири рівня доступності: public (відкритий), protected (захищений), private (зачинений), package (пакетний). Засоби явного зазначення доступності тих чи інших компонентів системи підвищують візуальне сприйняття в моделі що розглядається. Для зв'язку пакетів між собою на діаграмі використано залежність (dependency) – зв'язок між двома елементами моделі в котрій зміна одного елементу (незалежного) можна привести до зміни семантики другого елементу (залежного). Графічно такий зв'язок відбивається пунктирною лінією з напрямом. Також на діаграмі використовується графічний елемент інтерфейсу, що зображується у вигляді круга. Інтерфейс – це набір операцій, що використовуються для специфікації сервісу класу, або компоненту.

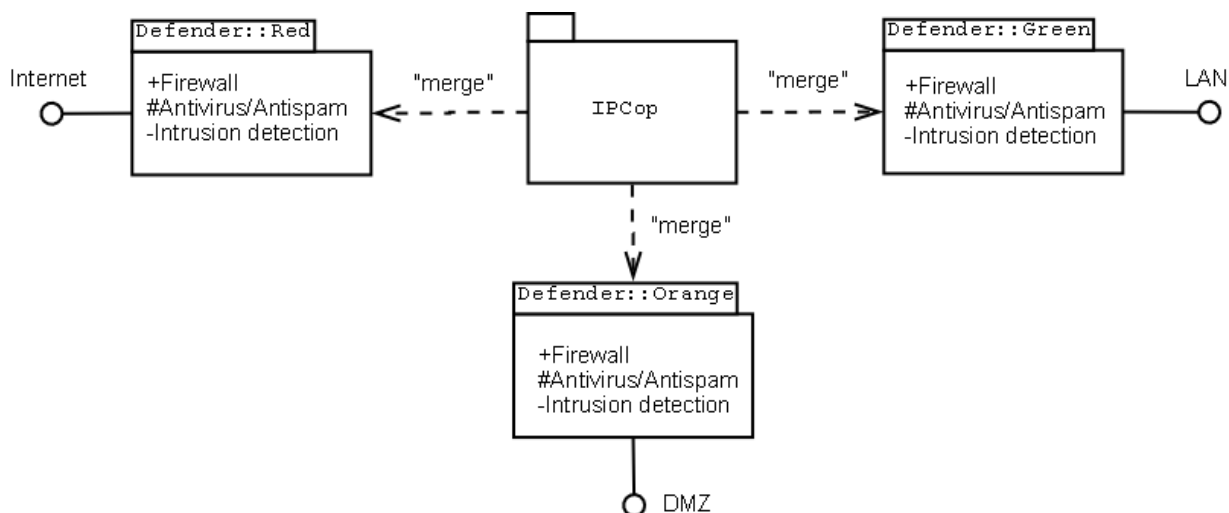


Рис. 2.13. Структурна схема маршрутизатора IPCop

На рис. 2.14 зображено структурну схему серверних компонентів, що складають систему IPCop. Ця схема зображена в термінах UML та дозволяє візуально спостерігати зв'язок між відповідними компонентами системи. Тому на структурній схемі в основному превалює зв'язки типу повідомлення, що зображується прямою лінією з напрямом та текстовим маркером, що свідчить про зміст повідомлення.

Система IPCop має модульну структуру і завдяки розширенням, що створюються спільною вільною розробниками може бути адаптована до рішення завдань будь-якої складності. Основою системи є пакетний фільтр (Firewall). Цей компонент захисту системи є стандартним рішенням для операційної системи Linux і базується на утиліті iptables. Завдяки цьому компоненту адміністратор системи може створювати та модифікувати правила, що управляють фільтрацією, перенаправленням (NAT - Network Address Translation) та модифікації пакетів (<http://wikipedia.org>). Хоча технологія NAT є порівняно швидким рішенням для надання доступу до ресурсів Internet користувачам локальної обчислювальної мережі, але за умови використання IPCop, більш зручним рішенням буде застосування Проху-серверу.

У системі IPCop використовується сервер Squid. Цей Проху-сервер (від англ. проху – представник, уповноважений) – служба в комп'ютерних мережах, що дозволяє клієнтам виконувати непрямі запити до інших мережеслужб. Спочатку клієнт з'єднується з проху-сервером і виконує запит певного ресурсу, що розташований

на іншому серверу. Потім проху-сервер або з'єднується із вказаним сервером та отримує у нього ресурс або повертає ресурс із власної кеш-пам'яті. У деяких випадках, запит клієнта чи відповідь сервера може бути модифікована проху-сервером для забезпечення конфіденційності клієнтів або у разі вирішення задач безпеки внутрішньої мережі.

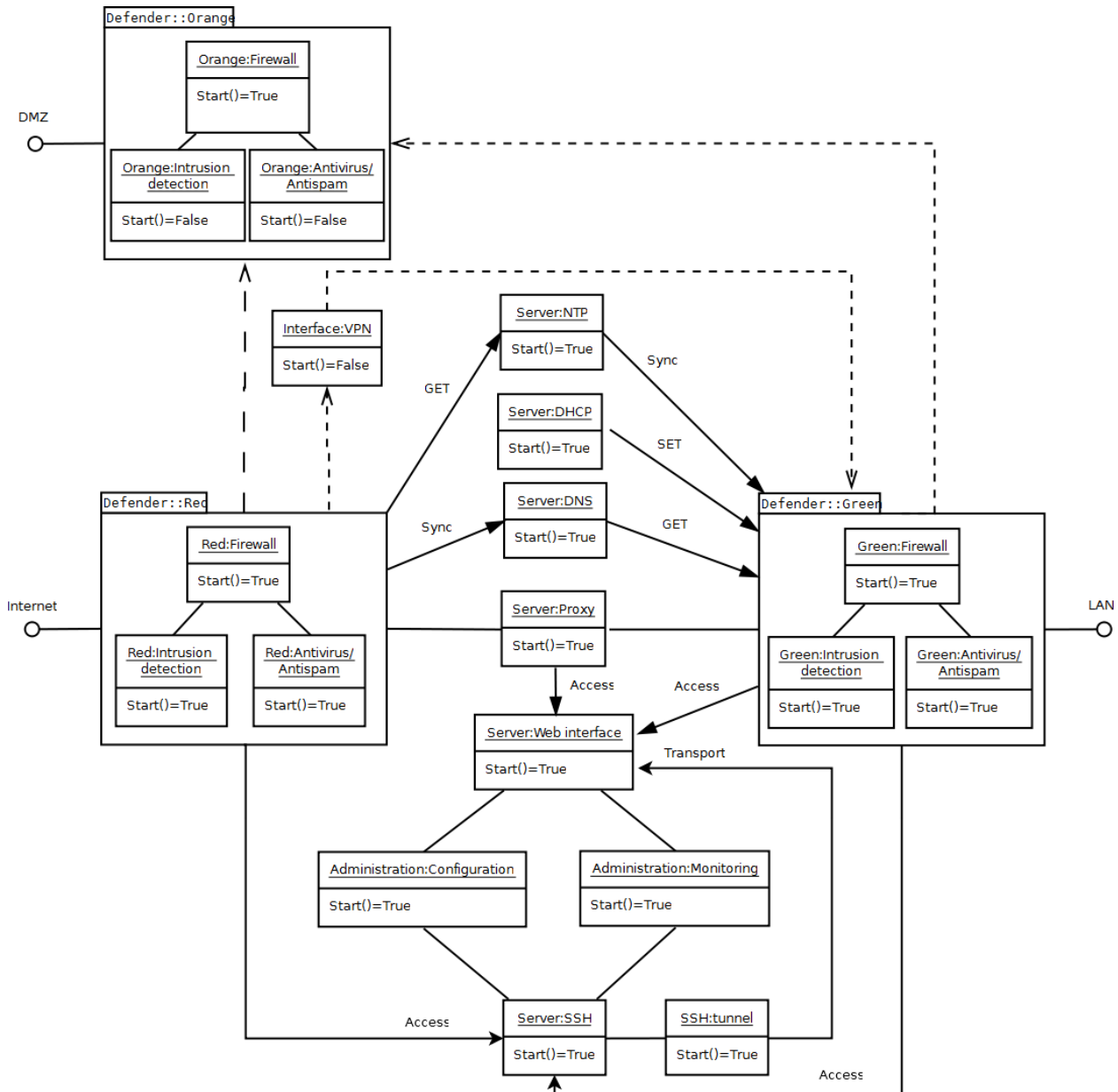


Рис. 2.14. UML-модель вузла

Для коректної роботи клієнтів локальної обчислювальної мережі в Internet використовується доменна система імен (англ. Domain Name System, DNS) – розподілена система перетворення

імені комп'ютера або іншого мережевого пристрою в IP-адресу. Сервер DNS входить до складу системи IPСор.

У разі впровадження розподіленої системи, наприклад, такою як GRID, важливим є синхронізація часу кожного комп'ютеру, що працює в цій мережі. IPСор забезпечує роботу серверу NTP. Мережевий протокол часу (англ. Network Time Protocol) – протокол синхронізації внутрішнього годинника комп'ютера з використанням мереж зі змінною латентністю, заснований на комутації пакетів.

Процес адміністрування великих локальних обчислювальних мереж можна значно спростити завдяки впровадженню технології DHCP. Цей протокол (англ. Dynamic Host Configuration Protocol – динамічна конфігурація вузла) дозволяє комп'ютерам автоматично одержувати IP-адресу та інші параметри, необхідні для роботи в мережі TCP/IP. Для цього комп'ютер звертається до спеціального серверу, під назвою сервер DHCP. Адміністратор мережі може задати діапазон адрес, що розподіляються серед комп'ютерів. Це дозволяє уникнути ручного налаштування комп'ютерів мережі й зменшує кількість помилок. Протокол DHCP використовується в більшості великих мереж TCP/IP.

Відмінною рисою системи IPСор є адміністрування засобами web-інтерфейсу. Для цього одним із сервісів системи є web-server, доступ до якого можна отримати через внутрішній інтерфейс локальної мережі. Для адміністрування системи із зовні використовується протокол SSH. Secure Shell, SSH – мережевий протокол, що дозволяє проводити віддалене управління комп'ютером і передачу файлів. Схожий за функціональністю з протоколом Telnet, проте використовує алгоритми шифрування інформації, що передається.

Криптографічний захист протоколу SSH не фіксований, можливий вибір різних алгоритмів шифрування. Клієнти і сервери, що підтримують цей протокол, доступні для різних платформ. Крім того, протокол дозволяє не тільки використовувати безпечний видалений shell на машині, але й створити тунель. Тобто SSH здатний передавати через безпечний канал (Port Forwarding) будь-який інший мережевий протокол, забезпечуючи (при належній конфігурації) можливість безпечної пересилки. Підтримка SSH реалізована у всіх UNIX системах, і на більшості з них в числі стандартних утиліт присутні клієнт і сервер SSH. Існує багато реалізацій SSH-клієнтів для Windows-рішень. Таким чином, у разі створення SSH тунелю,

віддалений користувач, що працює у Internet може отримати захищений доступ до web- панелі адміністрування системи IPSec.

При проектуванні GRID-системи основним є забезпечення групової роботи спільноти користувачів, які виступають у ролі віртуальної організації, тобто користувач такої системи незалежно від того, працює він у приміщенні організації чи знаходиться вдома, або в іншому місці з доступом до Internet, повинен отримати єдиний інтерфейс роботи у своєму віртуальному середовищі.

Таку проблему з легкістю вирішує впровадження VPN-сервісу. VPN (віртуальна приватна мережа, англ. Virtual Private Network) – це логічна мережа, створена поверх інших мереж, на базі загальнодоступних каналів приватних віртуальних мереж, які дозволяють об'єднати віддалені офіси в єдину захищену корпоративну мережу з повним спектром телекомунікаційних послуг та з гарантованим якісним обслуговуванням. Безпека передавання пакетів через загальнодоступні мережі реалізується за допомогою шифрування, в наслідок чого створюється закритий для інших користувачів канал обміну інформацією.

Мова UML є зручним та багатофункціональним засобом графічного моделювання, але розробка діаграм без застосування комп'ютерних засобів не надасть проекту динаміки та гнучкості. Зараз на ринку домінують CASE- програмні засоби. Термін CASE (Computer-Aided Software Engineering) сьогодні розуміється досить широко. Раніше значення терміна, обмежувалося питаннями автоматизації розробки програмного забезпечення, зараз набуло нового сенсу і охоплює процес розробки складних інформаційних систем у цілому. Тепер під терміном CASE-засіб розуміються програмні засоби, що підтримують процеси створення й супроводу таких систем, включаючи аналіз і формулювання вимог, проектування прикладних додатків та баз даних, генерування коду, тестування, документування, забезпечення якості, конфігураційне керування та керування проектом і т.п. CASE-засоби разом із системним програмним забезпеченням та технічними засобами утворюють повне середовище розробки (<http://www.citforum.ru/programming/case/gnatush/case/>).

Зараз існує багато програмних рішень CASE, що можуть підтримувати UML (http://en.wikipedia.org/wiki/List_of_UML_tools). Прикладом зручного та багатофункціонального пакету для розробки блок-схем, діаграм, структур та інших графічних схем є програм-

ний засіб Microsoft Visio. Однак, безпосередньо функціональність цього рішення не дозволяє генерувати код програми, або навпаки – за вихідним кодом створювати UML-модель проекту.

Visio допомагає перетворити технічні й бізнес-концепції у візуальну форму. Цей пакет із родини Microsoft Office призначений винятково для малювання діаграм. Visio має деякі додаткові можливості, але він є тільки засобом для ілюстрування документів MS Office.

Сучасні засоби розробки програмного забезпечення, як правило є об'єкт-орієнтованими. Тому, засоби UML, значно доповнюють та оптимізують процес розробки та супроводження програмних додатків. Наприклад, при впровадженні програмного маршрутизатору, на базі IРSor було потрібно вирішити задачу інвентаризації наявних комп'ютерних систем, що входять до локальної обчислювальної мережі. Для цього реєструвалася інформація про фізичні адреси мережових карт цих комп'ютерів. Ця інформація стала у нагоді для надання прав доступу до ресурсів Internet для певних груп, робочих станцій у локальній мережі.

Найпростішим засобом, отримання цих даних є команда «ipconfig /all» у операційній системі Windows та команда «ifconfig» у Unix-подібних операційних систем. Однак, отримані дані, було потрібно записувати в один файл, що складався адміністратором підрозділу, а вже потім передавався адміністратору серверу доступу. Оскільки більшість комп'ютерів зараз працює під керівництвом операційних систем родини Microsoft Windows, то розробка програмного забезпечення для рішення зазначеної проблеми буде порівняно нескладною задачею. Особливо при застосуванні платформи .Net фірми Microsoft.

Зараз, найбільш продуктивним засобом розробки програмного забезпечення фірми Microsoft є продукт Visual Studio Team Edition. Ця система в поєднанні з функціями пакету Visio надає змоги виконання зворотнього проектування, тобто на основі вихідного коду програми отримати UML модель проекту (рис. 2.15).

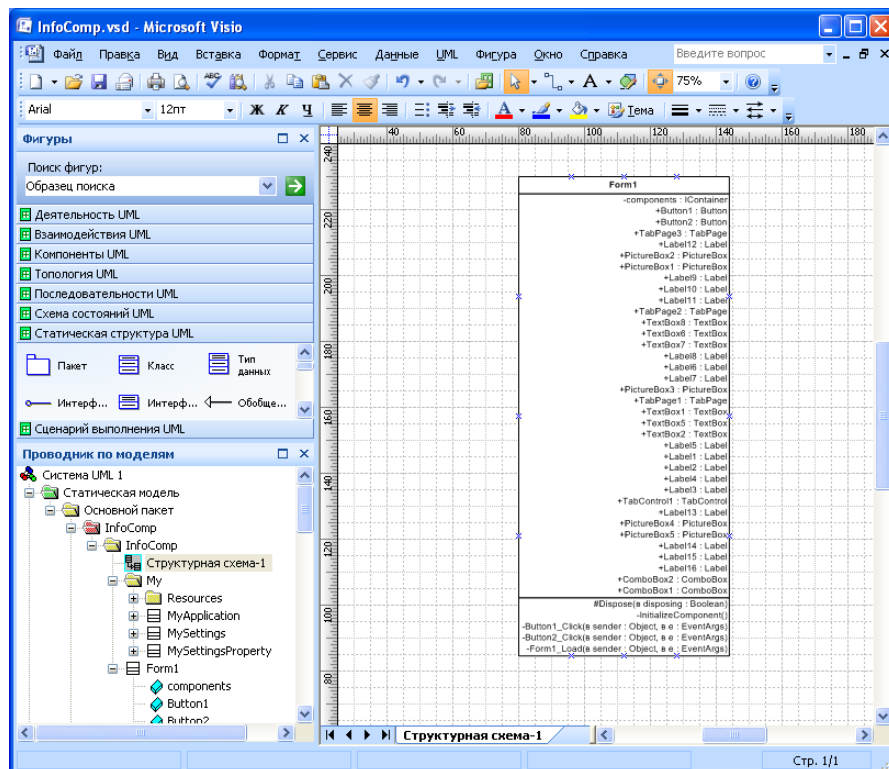
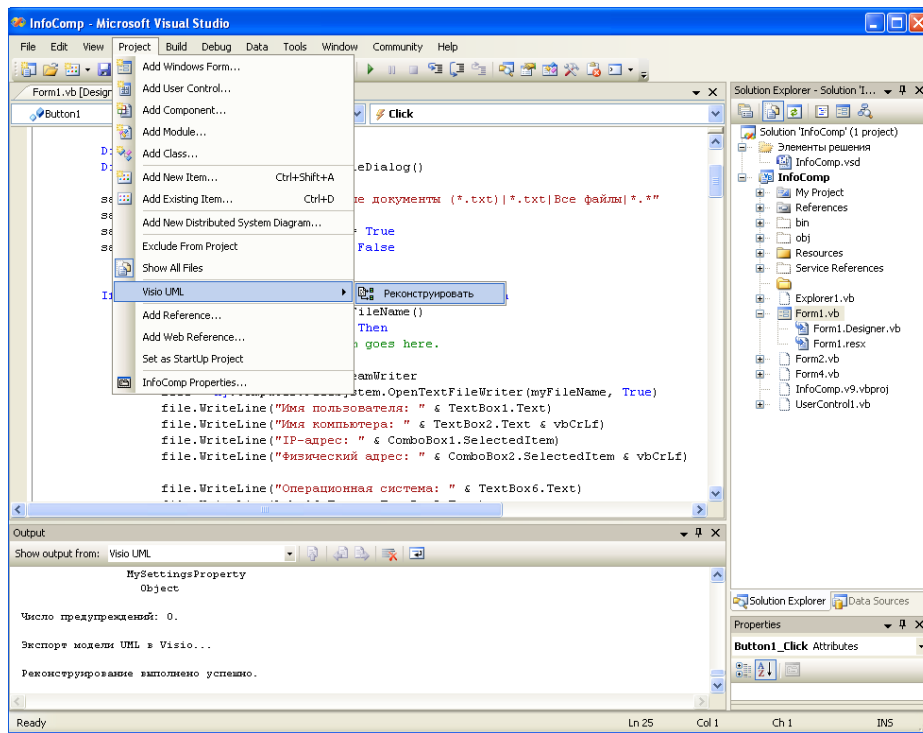


Рис. 2.15. Сумісна робота Microsoft Visual Studio 2005 Team Edition та Visio (зворотнє проектування- отримання моделі класів)

Розробка діаграм є популярною не тільки для наукових задач, але й у бізнесі (<http://www.computerra.ru/gid/raznosoft/316808/>). Незважаючи на Linux-основу, проект Dia випускається ще для

Windows-платформи (рис. 2.16). Додаток має вільна модель розробки. Система дозволяє до вже існуючих видів графіків та діаграм додавати та створювати будь-які інші варіанти розширень за допомогою власної XML-мови. Є багатий набір засобів експорту діаграм у різні формати, включаючи EPS, SVG, XFIG, WMF та PNG, а система підготовки даних до друку дозволить швидко перенести на папір графіки, що займають кілька аркушів. Для установки пакета потрібні бібліотеки GTK+ версії 2.6 або вище, завантажити які можна із сайту Dia. Основна ланка розробки цього пакету спрямована на застосування у графічному середовищі GNOME операційної системи Linux.

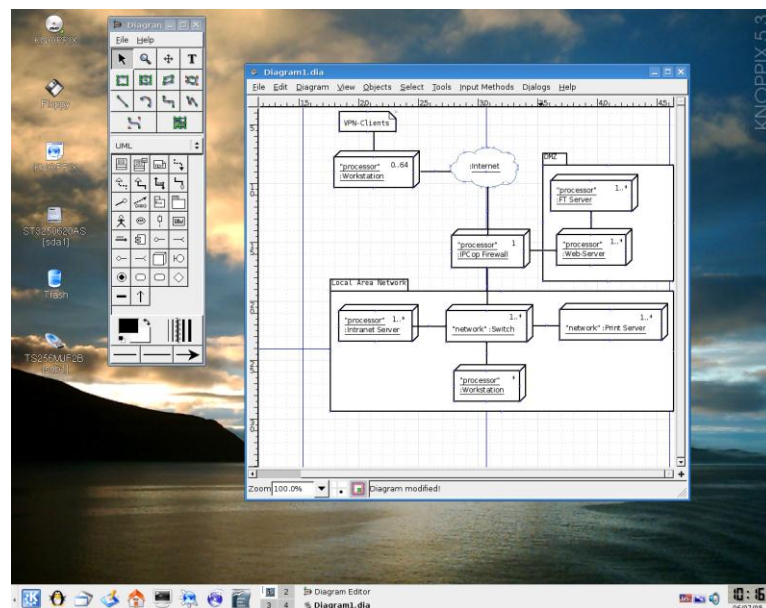


Рис. 2.16. Вікно проекту Dia у середовищі Linux KNOPPIX 5.3.1

Dia може бути використано для розробки різних видів діаграм: статичних структур UML, баз даних, діаграм сутності, зв'язку, радіоелектронних елементів, потокових діаграм, схем топології мережних діаграм і інших.

Таким чином, для вирішення певних задач розробки UML-моделей можна обрати різні програмні засоби. Вони можуть бути, як комерційними розробками, так і вільно поширюватися. Серед різноманітних засобів можна виділити комерційну систему Microsoft Visio та вільний кросплатформенний редактор Dia.

На рис. 2.17 наведено відповідне формальне уявлення проходження завдань на рівні вузла обчислювальної мережі транспортного ситуаційного центру (ТСЦ).

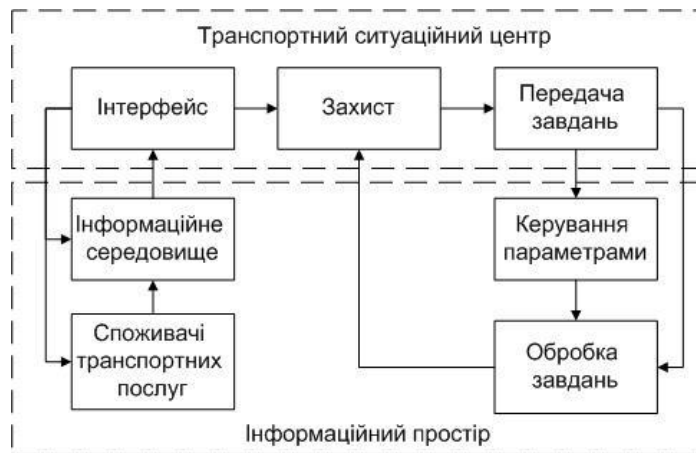


Рис. 2.17. Організаційно-технічна схема взаємодії споживачів транспортних послуг із ТСЦ

Стан реальної обчислювальної мережі ТСЦ може бути відмінним за статичну візуальну модель. Її поточні параметри визначаються реальним навантаженням та умовами експлуатації. Для цього поряд з візуальним моделюванням необхідно постійно виконувати моніторинг поточного стану комп'ютерного ресурсу. Основним принципом об'єднання UML-моделі та засобів моніторингу є їх спільна програмна реалізація. Результат моніторингу обчислювальних процесів у відповідному вузлі відбиває фізичне уявлення його навантаження (рис. 2.18).

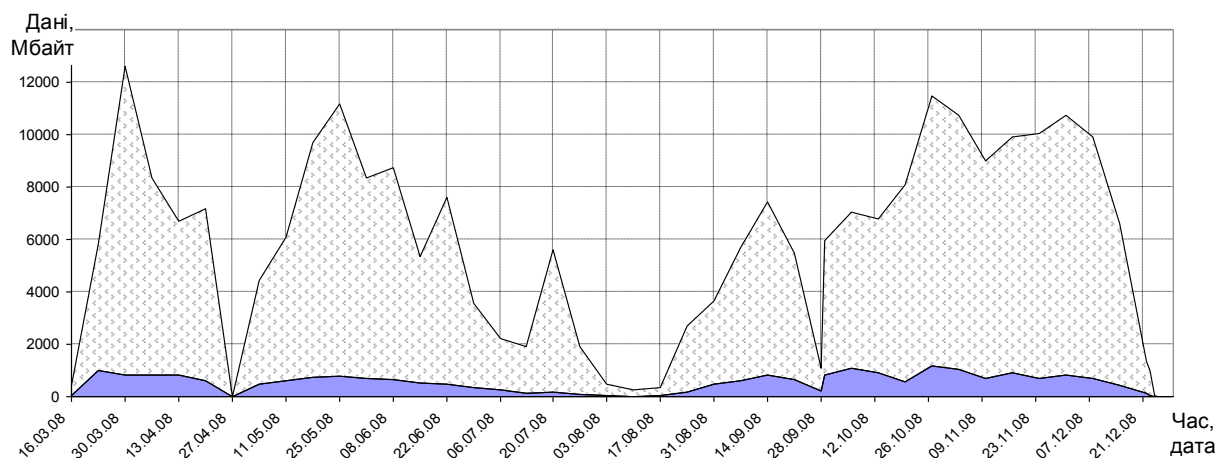


Рис. 2.18. Завантаження вузла протягом року:
■ – вихідна інформація, □ – вхідна

Будь-які комп'ютерні ресурси організацій та підприємств, що мають стабільні тенденції до розвитку, мають і тенденції розвитку комп'ютерних ресурсів. ТСЦ координує використання цих гетерогенних розподілених ресурсів на основі застосування GRID-технології. Така технологія надає можливість застосування різноманітних ресурсів: обчислювальних, накопичення даних та комунікаційних. Звичайно таке об'єднання координується GRID-системою, а відповідна віртуальна мережа дозволяє технічно об'єднати розрізнені внутрішні GRID та кластери у єдиний інформаційний простір, яка координується вже єдиною GRID-системою, що надається користувачу як єдина віртуальна платформа.

3. АВТОМОБІЛЬНА ТЕЛЕМАТИКА

3.1. Автомобільні комп'ютеризовані прилади та пристрої

Для удосконалення транспортних систем необхідно мати інформацію про технічні параметри рухомого складу. Обробка цієї інформації дозволяє опосередковано визначити поточний стан транспортних потоків та умов руху. Тому вимірювання динамічних характеристик транспортних засобів є основним завданням такого моніторингу (перш за все реальної швидкості та прискорень). Можна стверджувати, що реальна швидкість та прискорення містять відомості про практично усі параметри транспортного засобу від його енергоспоживання до справності вузлів та агрегатів. Таким чином, коли ми маємо на борту автомобіля або загалом в системі спостереження за його рухом та рухом транспортних потоків дані про динаміку транспортних засобів, можна аналізувати стан транспортної системи у цілому, вирішувати задачі просторово-часової орієнтації учасників дорожнього руху.

У ХНАДУ протягом останніх років було розроблено комп'ютеризовані системи для оцінки покриття автомобільних доріг [142], вибору раціональних шляхів сполучення [143], оцінки роботи гальмівних систем автомобіля [17], які дозволяють за їхньою швидкістю та прискоренням опосередковано оцінювати якість роботи транспортного засобу та відповідного середовища руху [144]. У свою чергу отримані дані використовувалися для рішення задач удосконалення транспортних систем міст та регіонів [145, 146]. Розглянемо існуючі та принципово нові комп'ютеризовані прилади та пристрої, що дозволяють отримати дійсно реальне значення швидкості транспортного засобу, виконати кількісну оцінку динамічних якостей автомобіля [9, 144, 147, 148].

Відомо, що інформація про швидкість використовується в багатьох системах сучасного автомобіля. Особлива увага визначенню цього параметра приділяється у вимірювальних системах автотransпортних пересувних дорожніх лабораторіях. Наприклад, на принципі оцінки реальної швидкості автомобіля [168–171] побудовані вимірювальні комплекси пересувних дорожніх лабораторій – ПДЛ, що були розроблені у ХНАДУ (ІОК 1–5 ХНАДУ). На цих же засадах були створені комп'ютеризовані системи моніторингу транспортних засобів

та транспортних комунікацій з використанням як інерціальної системи вимірювання динаміки автомобіля, так і супутникової технології визначення місця розташування наземних рухомих об'єктів [155, 172–174].

Порівняно новими є пристрої, в основі яких лежить вимірювання прискорення автомобіля у напрямку його повздовжньої осі, одержання значення дійсної швидкості автомобіля шляхом інтегрування результатів вимірювання прискорення та корекції результатів обчислень за інформацією з давача швидкості саме у той час, коли його похибка є найменшою.

У таких пристроях, крім давача швидкості, що встановлений на коробці передач, відповідно до винаходу у центрі мас автомобіля встановлюється давач прискорень з віссю чутливості, орієнтованою у напрямку повздовжньої осі автомобіля. Блок обробки інформації виконано у вигляді мікропроцесорного пристрою, що включає в себе інтегруючий обчислювальний блок, блок корекції, блок керування корекцією та блок відображення та реєстрації інформації.

На рис. 3.1 наведено схему пристрою для вимірювання дійсної швидкості автомобіля.

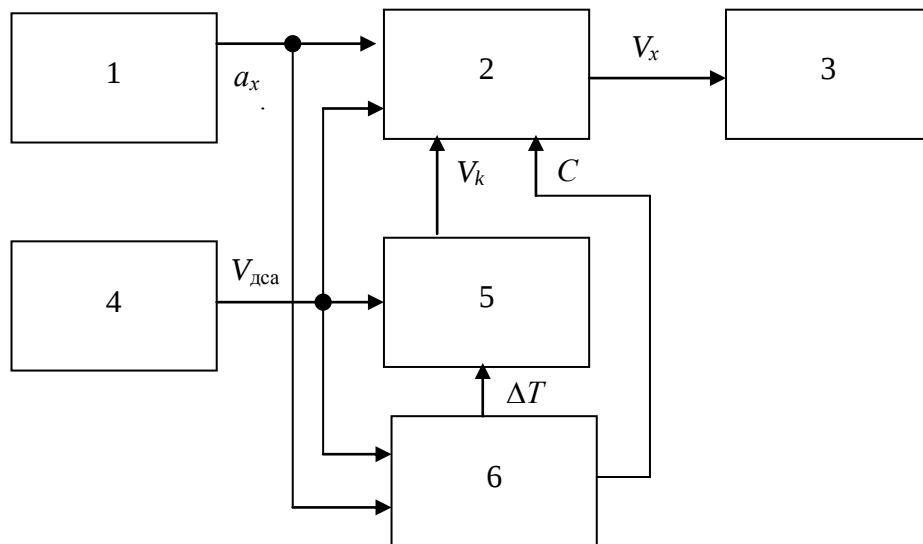


Рис. 3.1. Вимірювання дійсної швидкості:

- 1 – давач прискорення, 2 – інтегруючий обчислювальний блок,
 3 – блок відображення та реєстрації інформації, 4 – давач швидкості ДСА,
 5 – блок корекції, 6 – блок керування корекцією

На автомобіль як можна ближче до його центру мас (або у точці, у якій треба вимірювати реальну швидкість) встановлюється давач прискорень, наприклад, ADXL210AQC фірми Analog Devices (1) з віссю чутливості орієнтованою у напрямку повздовжньої осі автомобіля. Давач прискорень електрично зв'язаний з інтегруючим обчислювальним блоком (2) та блоком керування корекцією (6). Вихідні сигнали блоку керування корекцією надходять в блок корекції (5) та інтегруючий обчислювальний блок (2). Вихідний сигнал блоку корекції надходить на вхід інтегруючого обчислювального блоку. На входи блоку корекції, блоку керування корекцією та інтегруючого обчислювального блоку надходить сигнал з давача швидкості ДСА (4). З виходу інтегруючого обчислювального блоку сигнал подається до блоку відображення та реєстрації інформації.

Пристрій для вимірювання дійсної швидкості автомобіля працює так. За допомогою давача прискорень, що встановлений у центрі мас автомобіля, вимірюється прискорення автомобіля у напрямку його поздовжньої осі. Сигнал прискорення подається на вхід інтегруючого обчислювального блоку, де на його основі, шляхом інтегрування за часом, обчислюється швидкість автомобіля

$$V_X(t) = C \int_{t-\Delta T}^t a_X(t) dt + V_K \quad (3.1)$$

де C – постійна інтегрування;

a_X – вихідний сигнал з давача прискорення;

ΔT – період корекції швидкості;

V_K – вихідний сигнал з давача швидкості в момент корекції.

Обчислена швидкість автомобіля періодично корегується за інформацією від давача швидкості ДСА за допомогою блоку корекції. Момент здійснення корекції обирається блоком керування корекцією, який видає команду на здійснення корекції швидкості в інтегруючий обчислювальний блок та блок корекції у кожному випадку, коли за період часу ΔT зміна вихідного сигналу з давача швидкості автомобіля не перевищувала ΔV , а сигнал з давача прискорень автомобіля не перевищував величини Δa . Крім того, блок керування корекцією змінює постійну інтегрування C залежно від режиму руху, який визначається за сигналом, що надходять з давачів прискорення та швидкості автомобіля. Постійні ΔT , ΔV та Δa , а також діапазон змі-

нювання постійної інтегрування C визначається емпіричним шляхом для кожного типу автомобіля.

Поставлену задачу можна вирішити таким чином. Складові частини такого вимірювального комплексу виконані у вигляді давачів прискорення з можливістю вимірювання прискорення у трьох взаємно перпендикулярних осях та видачею інформації у вигляді сигналу з широтно-імпульсною модуляцією, що розташовані у чотирьох точках над колесами автомобіля, а також магніто-індукційних давачів обертання коліс, а блок обробки інформації виконано у вигляді мікропроцесорного пристрою, що включає в себе блок комутації, перетворення та нормалізації сигналів, блок первинної обробки інформації та інтерфейсний блок (рис. 3.2).

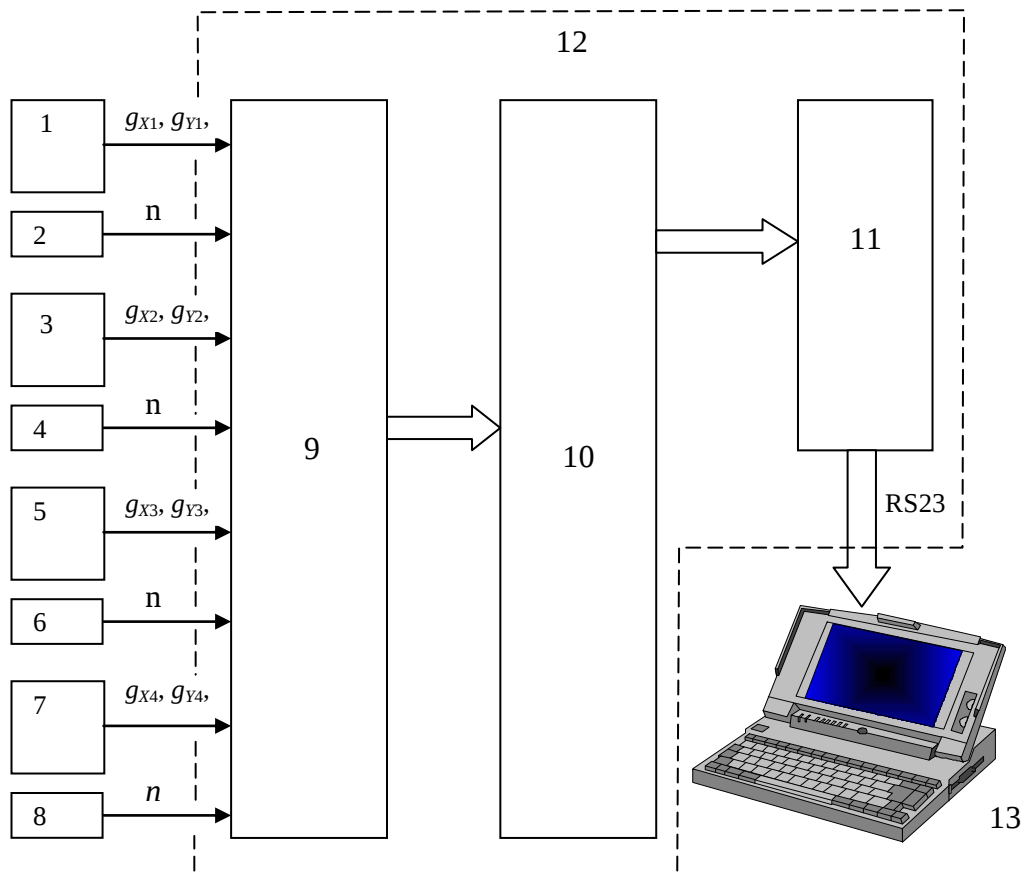


Рис. 3.2. Пристрій для моніторингу руху транспортних засобів:
 1, 3, 5, 7 – давачі прискорення; 2, 4, 6, 8 – давачі обертів; 9 – блок комутації перетворення та нормалізації сигналів; 10 – блок первинної обробки інформації; 11 – інтерфейсний блок; 12 – мікропроцесорний пристрій; 13 – ПЕОМ

На автомобіль в чотирьох точках над його колесами встановлюються давачі прискорень ADXL210AQC фірми Analog Devices (1, 3, 5, 7) в напрямку трьох взаємно перпендикулярних осей та магнітоіндукційні давачі обертання коліс (2, 4, 6, 8). Давачі електрично зв'язані з мікропроцесорним пристроєм (12), якій включає в себе блок комутації, перетворення та нормалізації сигналів (9), блок первинної обробки інформації (10) та інтерфейсний блок (11). З мікропроцесорного пристрою інформація передається до ПЕОМ (13) для заключної обробки, відображення та реєстрації.

Принципово новим є застосування пристроїв, які безпосередньо не пов'язані з механічною системою руху автомобіля та є порівняно автономними. Можна розрізняти два типи таких пристроїв: радіосистеми, що застосовують принципи пеленгування місця розташування транспортного засобу; супутникові навігаційні системи. Розглянемо простий мікропроцесорний пристрій, сполучений з портативною бортовою ЕОМ, яка має інтерфейс з електронним давачем швидкості, давачами прискорень та супутниковим приймачем GPS-сигналів.

Автомобільний комп'ютер – ядро такої автомобільної телематичної системи. У ролі такого комп'ютера може бути і просто комп'ютер notebook- класу, або персональний менеджер (КПК). У цій системі є можливість створення програмно-апаратного комплексу, який покращить технічні характеристики навігаційної системи завдяки вимірюванню динамічних характеристик автомобіля для коректування координат місцезнаходження. Так, вимірюючи швидкість та прискорення, можна з певною точністю визначити просторово-часову орієнтацію транспортного засобу [139]. Апаратна реалізація складається з двох контролерних модулів: перший виконує задачі реєстрації швидкості автомобіля за допомогою індукційних давачів швидкості обертання коліс для рішення задачі просторової орієнтації – за допомогою проведення обчислення даних давачів прискорень для визначення положення у просторі та вирішує задачі реалізації інтерфейсу з автомобільним комп'ютером; другий, який реалізовано на менш потужному мікроконтролері, – вирішує тільки задачу інтерфейсу з GPS-приймачем та вирішує комплексну задачу прив'язки швидкості та прискорень до координат середовища руху. Такий експериментальний комплекс є своєрідним прототипом уні-

версальної системи оцінки динамічних якостей автомобіля, що був практично реалізований у ХНАДУ.

Якщо телематична система оцінки динамічних якостей транспортного засобу буде складатися з окремих функціональних модулів, це надалі дасть можливість для розвитку системи та вдосконалення окремих модулів без втручання в інші. Ці функціональні модулі такі: контролер реєстрації даних датчиків та інтерфейсу з автомобільним комп'ютером; контролер зв'язку з GPS-приймачем; модуль електроживлення; модуль Flash-пам'яті (зберігання зареєстрованих даних на випадок зникнення напруги живлення та для подальшого аналізу стану транспортного засобу); датчик прискорень; датчик швидкості обертання коліс.

На рис. 3.3 наведено схему електричну принципову блоку контролеру на базі мікропроцесора AT89S8252, що буде реєструвати дані з датчиків та виконувати зв'язок з автомобільним комп'ютером. Цей контролер має інтерфейс з другим контролером системи (інтерфейсу з GPS). Вони з'єднані паралельною шиною – рознімання P1. Pull-up резистори (R0...R7) призначені для «підтягування» до напруги живлення портів контролера P0.x (це є особливістю роботи порту P0 сімейства МК 8051).

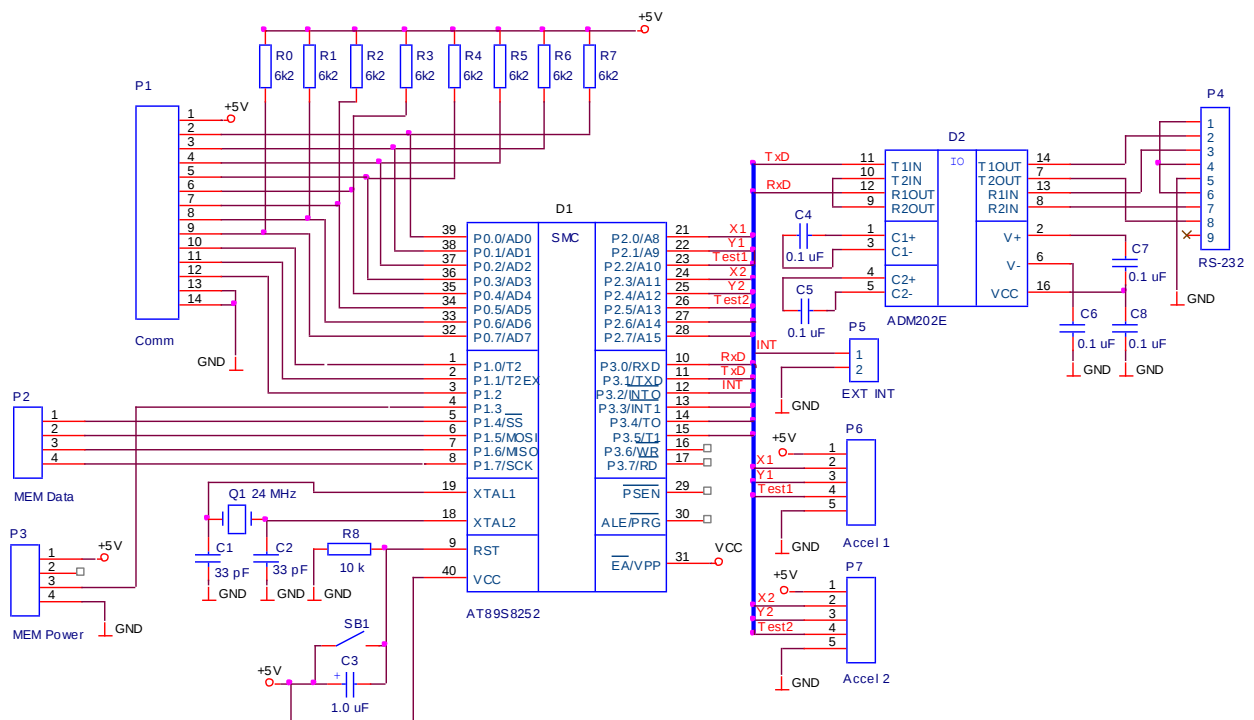


Рис. 3.3. Інтерфейс автомобільного комп'ютера з датчиками прискорень та швидкості

Рознімання P2, P3 призначені для приєднання до рознімань P8, P9 модулю Flash- пам'яті Мікросхема Flash-пам'яті AT45D041 фірми Atmel має 0,5 Мбайт енергонезалежної пам'яті з послідовним інтерфейсом програмування та два блоки по 264 байти оперативної пам'яті. Це дозволяє оптимізувати процес роботи з модулем за таким алгоритмом: коли записуємо дані в другий блок оперативної пам'яті, в енергонезалежну пам'ять можна заносити інформацію з першого блоку оперативної пам'яті, та навпаки.

Для реєстрації прискорень застосовано давачі фірми Analog Devices ADXL202 (рис. 3.4). Мікросхема ADXL202 реєструє у двох площинах прискорення у діапазоні $\pm 2g$, вона має низьку ціну та споживає малу потужність. ADXL202 може вимірювати динамічне прискорення (наприклад вібрація) та статичне прискорення (наприклад сила ваги). Виходи – 2 PWM-сигнали (широтно-імпульсної модуляції – ШІМ), за циклами, що пропорційні до прискорення. Ці виходи безпосередньо підключені до входів мікроконтролера, де за допомогою таймерів обчислюється часовий інтервал між циклами ШІМ (виміри тривалості T_1 та T_2 для обчислювання прискорення: $A(g) = 8 \cdot (T_1 / T_2 - 0.5)$).

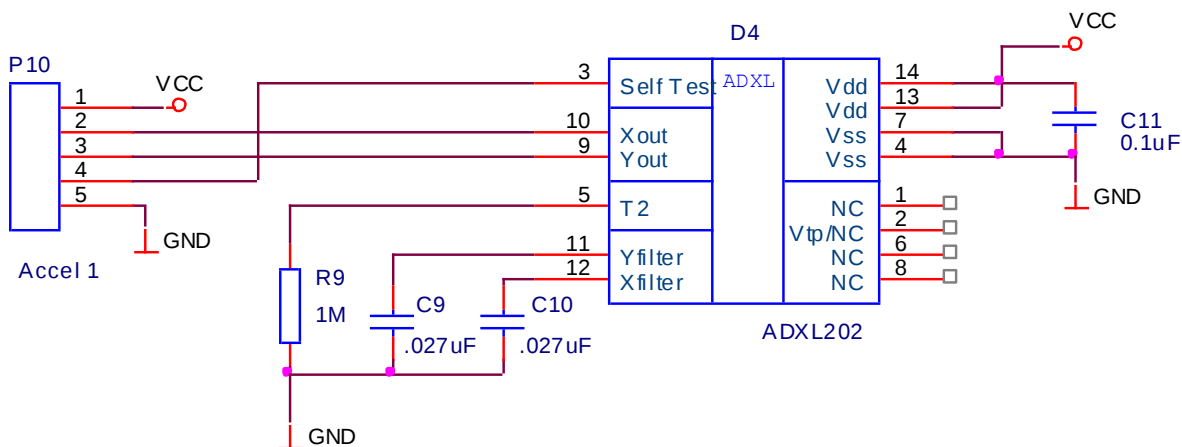


Рис. 3.4. Модуль давачів прискорень

Перевага цих давачів полягає у тому, що їх застосування не вимагає ніякого аналого-цифрового перетворювача чи логіки сполучення. Тривалість циклу ШІМ встановлює зовнішній резистор R_{set} . Вихід періоду ШІМ можна регулювати від 0,5 до 10 мс, резистор обрано з номіналом 1МОм, що забезпечує 8 мс період виходу. Ширина пропускнуої смуги ADXL202 може встановлюватися від 0,01

Гц до 5 кГц за допомогою конденсаторів C_x і C_y . Похибка вимірювань буде нижче 5 mg при частоті 60 Гц. Значення 027мкФ було обрано для номіналів C_x і C_y , що встановило ширину пропускання 200 Гц. Давач швидкості обертання колеса – індукційного типу. Схема інтерфейсу з давачем такого типу може бути розроблена на подвоєнному операційному підсилювачі, один із котрих буде підвищувати вихід з давача, а другий, включений за схемою компаратора, буде формувати імпульс переривання мікроконтролера.

Модуль зв'язку з GPS-приймачем оснований на апаратній реалізації послідовного інтерфейсу RS-232. Послідовна передача дозволяє скоротити кількість сигнальних ліній і збільшити дальність зв'язку.

При сполученні інтерфейсу RS-232 із входами послідовного інтерфейсу мікроконтролера типу МК 8051 необхідно забезпечити узгодження рівнів сигналів. Для цього використаємо трансивер RS-232 фірми Analog Devices ADM202E. Він містить перетворювач напруги +5В до напруги +10В (генератор та множник напруги), інвертор (перетворювач напруги +10В до –10В) і власне перетворювач рівня сигналів послідовного інтерфейсу. Швидкість прийому-передачі до 230 Кбіт/с.

Процес створення такого комп'ютерного мехатронного комплексу повинен відповідати основам наскрізного проектування і сумісного налагодження його апаратної і програмної складових у реальному часі. Важливою особливістю вимірювання динамічних характеристик транспортних засобів є гарантована реакція на зовнішні події протягом визначеного інтервалу часу, тобто робота системи в реальному масштабі часу. Загалом рішення задачі спільного налагодження апаратної та програмної частин такого комп'ютерного мехатронного комплексу у реальному масштабі часу є складною, дорогою і довгостроковою роботою.

Проектування такої системи здійснюється за два етапи. На першому створюються і випробовуюються самі модулі, розробляється програмне забезпечення для їх обслуговування. При цьому друкована плата проектується з повноцінною топологією друкованих провідників, що забезпечує узгодження по хвильовому опору екранування від наведень, але з додатковими елементами, що забезпечують налагодження. Кожний модуль налагоджується у взаємодії з персональним комп'ютером в обчислювальному середовищі системи віртуальних

приборів. Потім відбувається оптимізація коду програм, як за швидкістю, так і за розміром, що є немаловажним у мікроконтролерному пристрої. На другому етапі розробляється друкована плата навігаційного контролеру без використання зайвих роз'єднань та розроблюється програмне забезпечення інтерфейсу користувача автомобільного контролера вже за допомогою мов програмування, наприклад, C/C++.

Комплекс інструментальних засобів, необхідних для проектування і налагодження мікропроцесорних контролерів, включає:

- засоби розробки програмного забезпечення;
- засоби введення принципової схеми, її моделювання і проектування топології друкованої плати;
- засоби спільного налагодження апаратури і програмного забезпечення в реальному масштабі часу;
- засоби програмування мікросхем пам'яті програм.

Загальноприйнятим підходом даної логіки є використання як провідного процесора (host-processor) інструментальних засобів персональної ЕОМ типу IBM PC. Користувач при цьому одержує можливість, крім засобів проектування, користуватися широким набором прикладного програмного забезпечення.

Корисним є для розробки програмного забезпечення мікроконтролерів родини 8051 фірми Intel мовою C й Ассемблер є пакет ApBUILDER. Він функціонує в середовищі Microsoft Windows, результатом його роботи є вихідний текст програми, що далі повинен транслюватися з використанням традиційних засобів. Керувальна програма мікроконтролера створюється на основі модульного підходу. У вигляді окремих модулів оформляються не тільки драйвери блоків вводу-виводу, але і частини програми, не зв'язані з апаратурою, але виконуючі деякі самостійні чи функції використовувані в декількох програмах.

Таким чином, використовуючи пакет ApBUILDER, можна створити основні модулі програми керування бортовим контролером, такі як передача даних по послідовному каналу зв'язку, одержання інформації з давачів прискорень, одержання дискретних даних від давача коліс. Далі слід виконати компіляцію програми, наприклад у MetaLink 8051 cross assembler.

Після проведення компіляції програми звичайно виконують моделювання її роботи програмними засобами, наприклад, із застосуванням емулятору PDS-51 фірми «Фітон». Після перевірки роботи

програми у середовищі емулятора треба запрограмувати мікроконтролер та провести перевірку роботи апаратної частини бортової системи керування.

Для розробки загального програмного забезпечення автомобільного мехатронного комплексу доцільно використати найбільш простий програмний пакет (DASYLab). За ступенем популярності DASYLab часто ставлять на друге, після LabVIEW, місце серед графічних систем. Однак виконання розробок у пакеті LabVIEW відносно складне, тому що вбудовані блоки відповідають за виконання менші кількості операцій стосовно такого пакета, як DASYLab. Наприклад, якщо в DASYLab для обчислення за формулою необхідно просто ввести її у відповідному модулі, то у LabVIEW необхідно в розробці використати кілька модулів, що виконують елементарні операції (додавання, віднімання і т.п.).

У практиці розробки систем моніторингу транспортних засобів у ХНАДУ використання пакетів автоматизованого проектування електронних пристроїв OrCAD, розробки програмного забезпечення мікроконтролера ApBUILDER, емулятора його роботи PDS-51 та системи віртуальних приборів дозволило виконати цю роботу в найкоротший термін. Практично після постановки завдання на моніторинг транспортної системи до підготовки відповідного експериментального комп'ютеризованого комплексу за зазначеною вище схемою проходить не більше одного-двох місяців. Це підтверджує справедливості твердження про необхідність використання основних положень наскрізного проектування мехатронних автомобільних систем.

Важливим є простота реалізації визначеного програмного комплексу. Вона забезпечує як порівняно економічну розробку та його ефективну надійну роботу [164–167]. Надійність – властивість об'єкта виконувати задані функції, зберігаючи в часі значення встановлених експлуатаційних показників у заданих межах, що відповідають заданим режимам і умовам використання, технічного обслуговування, ремонтів, збереження і транспортування. Вважаємо, що в результаті проведення чергового технічного обслуговування (ТО) надійність мехатронного обладнання відновлюється до вихідного стану. Час відновлення цього об'єкта – T_B , порівняно з тривалістю очікуваного напрацювання на відмову, як зазвичай мало ($T_B \rightarrow 0$). Тому при оцінці надійності БОК як її показник може бути прийнято розмір імовірності безвідмовної роботи протягом визначеного проміжку ча-

су, що дорівнює числу годин роботи за рік (час до чергового ТО комплексу).

При цьому виходимо з того, що комп'ютеризований комплекс як об'єкт, працездатний, якщо в будь-який момент часу можливо оцінити місце розташування транспортного засобу. Дані про пройдено відстань, швидкість і місце розташування автомобіля повинні бути зареєстровані, попередньо оброблені бортовим контролером, передані в маршрутний комп'ютер, де вони будуть відображені на екрані монітора. Проаналізуємо вплив відмов складових частин досліджуваного об'єкта на працездатність усього комплексу в цілому.

При виході з ладу модуля, що дає інформацію про напрямок руху і план, профіль траси не буде визначене місце розташування транспортного засобу – система буде непрацездатна. Аналогічно відмови інших блоків приводять до відмови програмно-апаратного комплексу у цілому. Можна виділити сукупності блоків, що виконують подібні операції, далі іменовані вузлами системи.

З цього випливає, що вихід з ладу хоча б одного вузла призведе до відмови всього комплексу, тобто в досліджуваного об'єкта нема резервних елементів та вузлів. Таким чином, мінімізуювши апаратну складність відповідного комплексу, можна отримати якісну систему оцінки динамічних властивостей рухомих одиниць транспортної системи. Ефективність цієї системи ґрунтується на синергетичному об'єднанні методів та засобів оцінки динаміки руху автомобіля з можливостями інерційної системи вимірювання прискорень у просторі та часі із застосуванням автономної системи позиціонування наземних рухомих об'єктів (GPS). Саме об'єднання здійснюється за рахунок комп'ютеризації технології відповідних обчислювань та опосередкованих розрахунків відповідних параметрів транспортної системи. Розглянемо особливості створення не прототипу такої системи, а його промислового зразка.

3.2. Телематичний комплекс

Зараз актуальним є створення мехатронних транспортних засобів та систем згідно з концепцією інтелектуалізації керування їх підсистем та ланок, робочих процесів відповідних агрегатів і систем.

АТЗ, побудований на базі такої концепції, можна називати інтелектуальним транспортним засобом (ІТЗ).

На рис. 3.5 наведено структурну схему відповідного обладнання (автомобільний бортовий обчислювальний комплекс – БОК), розроблена у ХНАДУ для такого ІТЗ. Згідно з визначеннями, наведеними у постановочних роботах [11,22], такий БОК є основою внутрішньої телематики автомобіля.

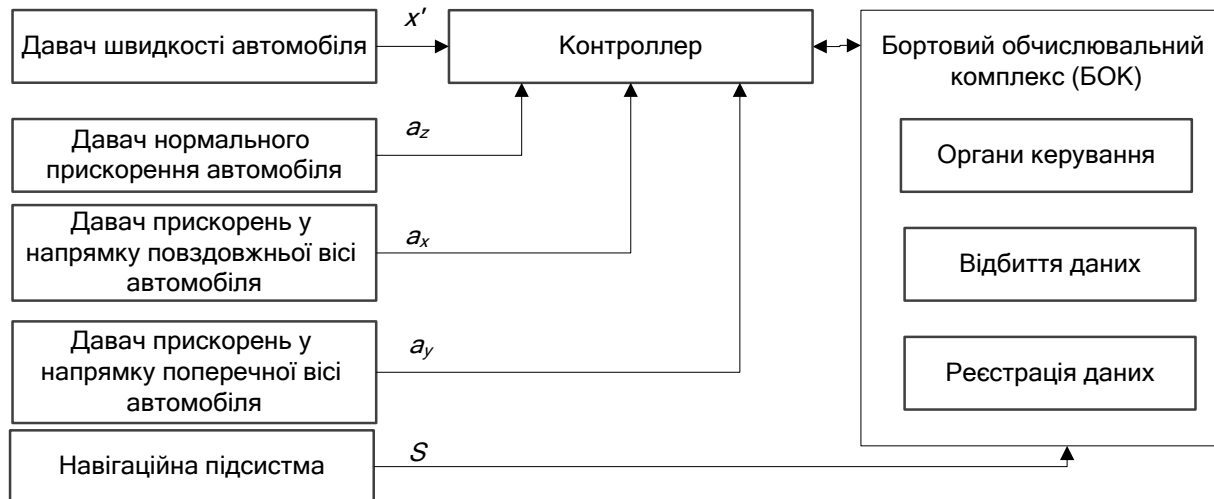


Рис. 3.5. Автомобільний БОК ІТЗ

Вимірюванню та реєстрації підлягають швидкість руху, прискорення та параметри, що визначають розташування відповідного рухомого об'єкта у просторі та часі. Загалом це визначення динаміки руху автомобіля. Пропоноване обладнання АТЗ є своєрідним підходом до інтелектуалізації транспортних систем і створення інтелектуальних транспортних засобів. Це є узагальненням різних модифікацій автомобільної апаратури.

Опосередковані оцінки первинних параметрів, що є предметом вимірювання БОК ІТЗ, дозволяють зробити оцінку як самого транспортного засобу, так і транспортної системи загалом. Відповідно це є розрахунок властивостей умов руху та транспортних потоків, характеристики яких можна визначити на основі аналізу стану ІТЗ. По суті, можна розглядати такий інтелектуальний автомобіль як своєрідну «пробну кулю» та вирішувати завдання безперервного моніторингу транспортної системи загалом. ІТЗ є джерелом значень первинних параметрів оцінки реальної швидкості та умов руху АТЗ. Це є підставою

для реалізації нової інтелектуальної технології організації руху, в якій рішення щодо вибору раціонального маршруту та режиму руху АТЗ виконується на підставі аналізу не тільки відстані від поточного розташування до пункту призначення, але й даних про рівність та зчепні якості відповідної транспортної комунікації (ТК).

Для цього автомобіль обладнано БОК, який дозволяє реєструвати та аналізувати дані про реальну швидкість за допомогою GPS-приймача Garmin, що сполучений з імітаційною системою AutoRoute й оригінальним мікропроцесорним комплексом на базі промислового комп'ютера у стандарті PC-104. Така гнучка комп'ютерна система забезпечує реєстрацію нерівностей покриттів автомобільних доріг з довжиною хвилі від 0,5 до 60 м та амплітудою, що перевищує 40 мм для довжини хвилі 0,5 м. При збільшенні довжини хвилі мінімальна амплітуда нерівностей, що реєструється, може збільшуватися.

Максимальна похибка вимірювання рівності покриттів не повинна перебільшувати $\pm 5 \%$. Система забезпечує вимірювання зчепних якостей покриттів автомобільних доріг у двох режимах: безперервний моніторинг зчепних якостей дороги під час руху автомобіля; точну оцінку зчепних якостей покриття ділянки дороги. Похибка вимірювань під час безперервного моніторингу не перевищує $\pm 10 \%$, а для точної оцінки – не перевищує $\pm 4 \%$.

Для забезпечення заданих показників точності під час проведення вимірювань рівності та зчепних якостей покриттів автомобільних доріг швидкість базового транспортного засобу необхідно підтримувати незмінною, наскільки це можливо, в діапазоні 30–70 км/год.

Безпосередньо перед проведенням вимірювань необхідно провести калібрування вимірювальної системи. Результати оцінки рівності та зчепних якостей покриттів автомобільних доріг приводяться до показань базового приладу – динамометричної установки ПКРС-2у.

Такий ІТЗ забезпечує вимірювання абсолютних та відносних координат місця, де виконується оцінка показників якості покриття автомобільної дороги.

Похибка вимірювання абсолютних координат не перевищує ± 15 м. Похибка вимірювання відносних координат не перевищує $\pm 1 \%$ від шляху, що пройдено. БОК ІТЗ забезпечує вимірювання дій-

сної швидкості руху базового автомобіля. Похибка вимірювання швидкості не перебільшує ± 1 км/год.

Обладнання ІТЗ до свого складу включає:

- давач швидкості автомобіля (ДША), що встановлюється у коробку перемикання передач. На нього накручується трос спідометра;
- два давачі прискорень на базі ADXL202, що встановлюються як можна ближче до центру мас автомобіля;
- приймач сигналів GPS – eMAP, що встановлюється на лобове скло автомобіля;
- системний блок ОВД (обчислювання та візуалізації даних), що встановлюється в салоні автомобіля;
- комплект кабелів;
- програматор мікроконтролера, аналог ByteBlaster MV.

До складу системного блоку ОВД входять:

- плата процесорна ICOP-6050;
- накопичувач Disk On Module;
- інтерфейсний модуль;
- пасивна плата 2ISA/PC104;
- блок живлення ICOP-0071;
- блок захисту від кондуктивних завад;
- система візуалізації даних.

БОК ІТЗ складається з вимірювальної частини, системи реєстрації даних та системи електроживлення. У вимірювальній частині (ВЧ) основними елементами є давачі прискорень: нормального, у напрямі поздовжньої осі та у напрямі поперечної осі.

Система реєстрації даних (СР) складається з промислового комп'ютера та інтерфейсного модуля, що розроблений для сполучення з основними давачами та керування системою візуалізації даних (СВД).

Промисловий комп'ютер, що входить до СР, виконано на базі процесорної плати за стандартом PC-104. Процесорна плата забезпечує зв'язок з накопичувачем інформації, що реєструється, на базі DiskOnModule (Flash-диск) зі стандартним інтерфейсом IDE для накопичувачів на жорсткому диску. Процесорна плата забезпечує також зв'язок з периферійними пристроями за допомогою портів COM 1 та COM 2 по інтерфейсу RS-232, а за допомогою порту LPT – зв'язок із зовнішнім комп'ютером, призначеним для ведення бази даних.

Керування системою реєстрації забезпечується за допомогою PC-AT клавіатури з інтерфейсом PS/2. Живлення системи забезпечується постійною напругою мінус 5 В, що надає блок електроживлення, який підключено до бортової електромережі (мінус 12 В) транспортного засобу. Блок живлення також забезпечує захист від можливих кондуктивних завад.

На рис. 3.6 наведено схему функціональну БОК ІТЗ, що пояснює створення такої автомобільної убудованої системи.

Слід зазначити, що автоматизований банк даних (АБД) не є складовою частиною ІТЗ. Однак БОК ІТЗ має комп'ютерну програму, що забезпечує отримання даних від інтерфейсного модуля та формування твердої копії результатів вимірювань.

На рис. 3.7 подано відповідну структурну схему АМК ІТЗ БОК. ІТЗ складається з вимірювальної частини, включаючи приймач GPS- сигналів, та промислового комп'ютера типу PC-104, з'єднаного з датчиками прискорень та швидкості. Об'єднує усі складові КС ОЯП спеціальний інтерфейсний модуль, розроблений згідно з ISA (Industrial Standart Arhitecture – стандартною шиною для персональних комп'ютерів типу IBM PC/AT). Саме промисловий комп'ютер типу PC-104 є основою архітектури системи.

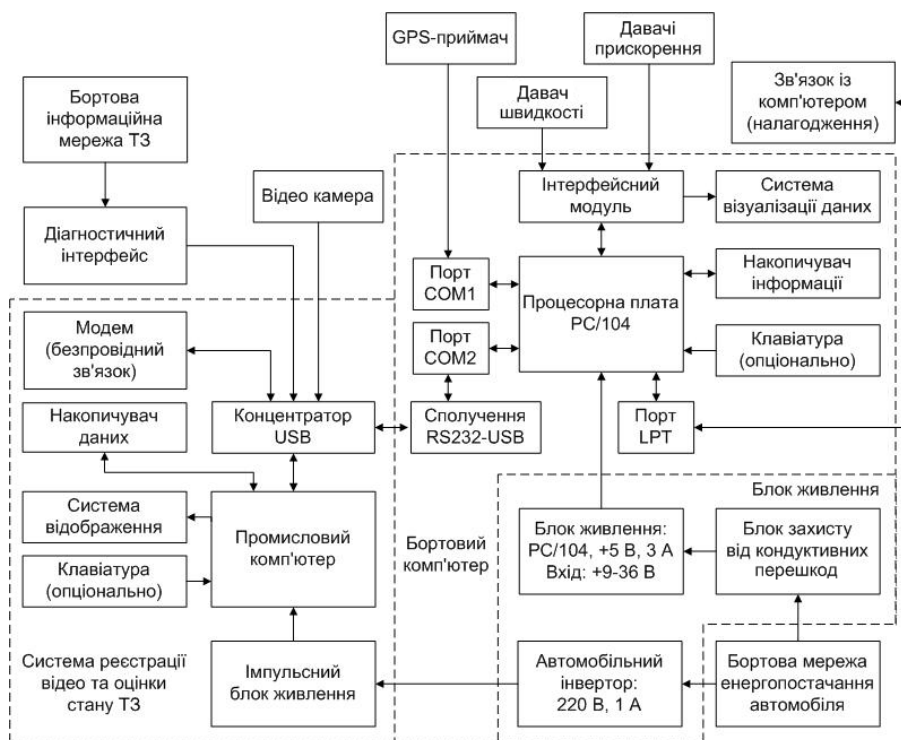


Рис. 3.7. Схема структурна автомобільна телематична система транспортного засобу

Промисловий комп'ютер, що умонтовано у ІТЗ, складається з процесорної плати і зовнішніх плат, які взаємодіють між собою, і ресурсами процесорної плати через шину PC-104, що є сумісною з ISA.

Усі пасивні пристрої (не здатні стати давачами) на шині можна розділити на дві групи: пам'ять і пристрої вводу/виводу (порти), яким і є інтерфейсний модуль. Система реєстрації БОК ІТЗ розроблена на базі одноплатного промислового комп'ютера типу PC-104. Для цього використано процесорну плату ICOP-6050 фірми ICOP Technology. Вона має процесор DM&P(ALi)M6117D, сумісний з процесором типу 386SX40 для систем, що вмонтовуються. Шина даних має розрядність 16-bit та швидкодію 8 MHz, у системі є годинник реального часу.

Використання стандарту на апаратну і програмну частини для широко розповсюдженої PC архітектури надає розроблювачу вмонтованих систем можливість зменшити вартість, ризик і час розробки, оскільки для PC-комп'ютерів розроблена велика кількість прикладного програмного забезпечення, та такі комп'ютери мають відкриту архітектуру. Швидка розробка програмного забезпечення і використання готових PC модулів дозволяє заощаджувати засоби при розробці систем та підвищити універсальність електронних виробів і забезпечити їхню швидку модернізацію, що є однією з основних технологічних вимог до БОК ІТЗ.

Жорсткі умови реєстрації даних на борту транспортного засобу, що рухається по дорозі з можливим руйнуванням поверхні, та вимоги надійності до бортової апаратури БОК ІТЗ визначають необхідність використання замість звичайного накопичувача на жорсткому магнітному диску портативного комп'ютера електронного твердотілого диску. В системі застосовано диск серії DiskOnModule фірми PQI – Power Quotient International. Об'єм накопичувача, що застосовано, – 16 МБ, витримує вібрації до 15 g, а також має напрацювання на відмову 300 000 год.

Для зв'язку промислового комп'ютера з давачами вимірювальної частини БОК та системою візуалізації даних розроблено спеціальний інтерфейсний модуль згідно з ISA (Industrial Standart Arhitecture), що є фактично стандартною шиною для персональних комп'ютерів типу IBM PC/AT і сумісних з ними обчислювальних комплексів. Відповідний інтерфейсний модуль розроблено на базі мікроконтролера AT89S8252, призначеного для отримання даних з

давачів (рис. 3.8). Для зв'язку з іншими модулями ІТЗ застосовано мікросхему паралельного інтерфейсу, що програмується, – 82C55.

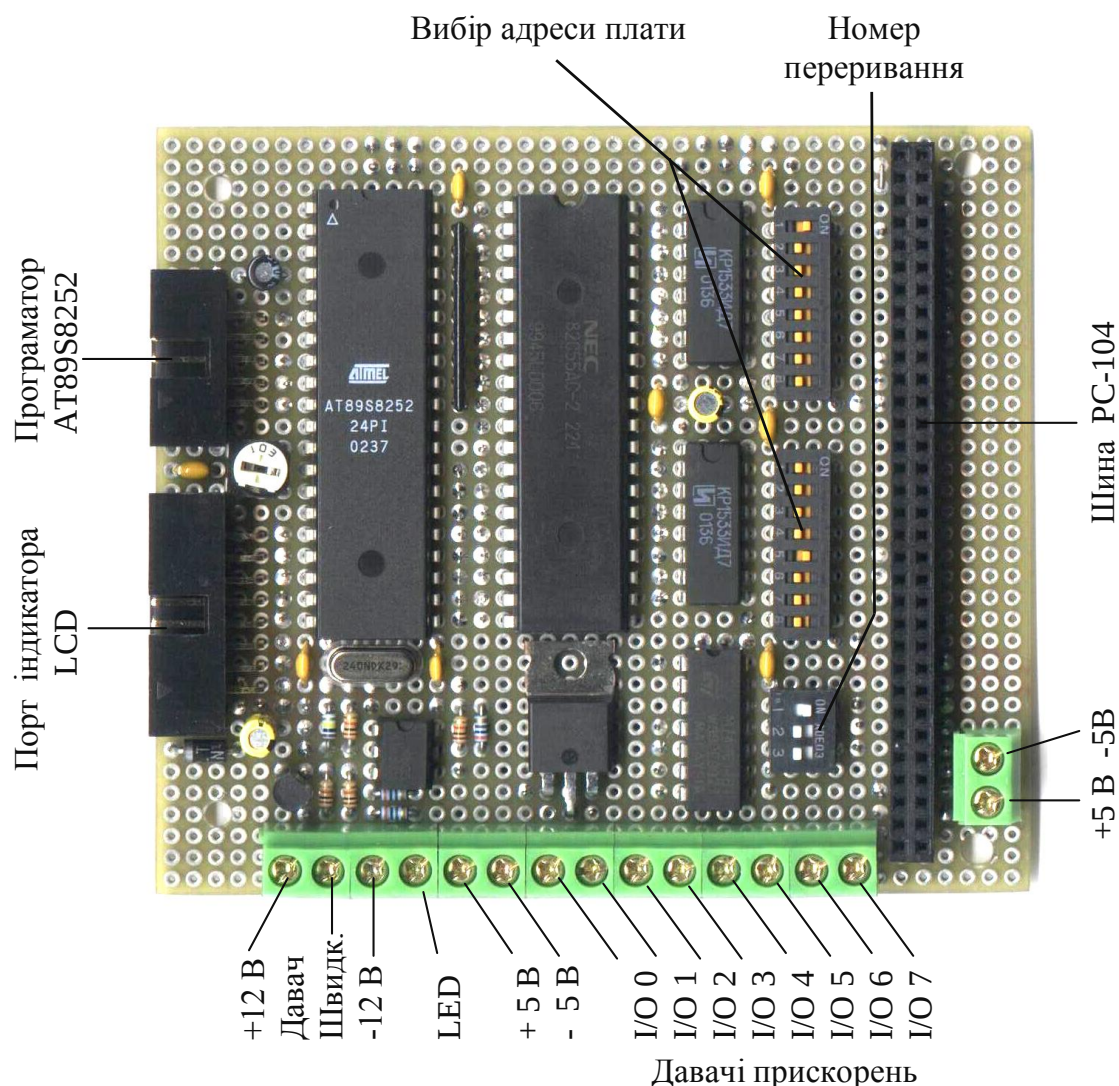


Рис. 3.8. Інтерфейсний модуль

Інтерфейсний модуль розроблено на базі мікроконтролера AT89S8252, що призначений для отримання даних з давачів. Для зв'язку з іншими модулями ІТЗ застосовано мікросхему паралельного інтерфейсу, що програмується, – 82C55. Система візуалізації даних складається з рідинно-кришталевого дисплею (LCD) та трьох індикаторів стану системи. Для програмування мікроконтролера AT89S8252 розроблено систему на базі схеми спеціального завантажувального кабеля, що аналогічен ByteBlaster MV та програмного забезпечення AT-Loader фірми Atmel. Таке рішення дозволяє програмувати мікроконтролер КС ОЯП безпосередньо в системі, ви-

ключаючи її демонтаж. Для цього використовується звичайний порт LPT промислового комп'ютера. На рис. 3.9 наведено узагальнену структурну схему модуля.

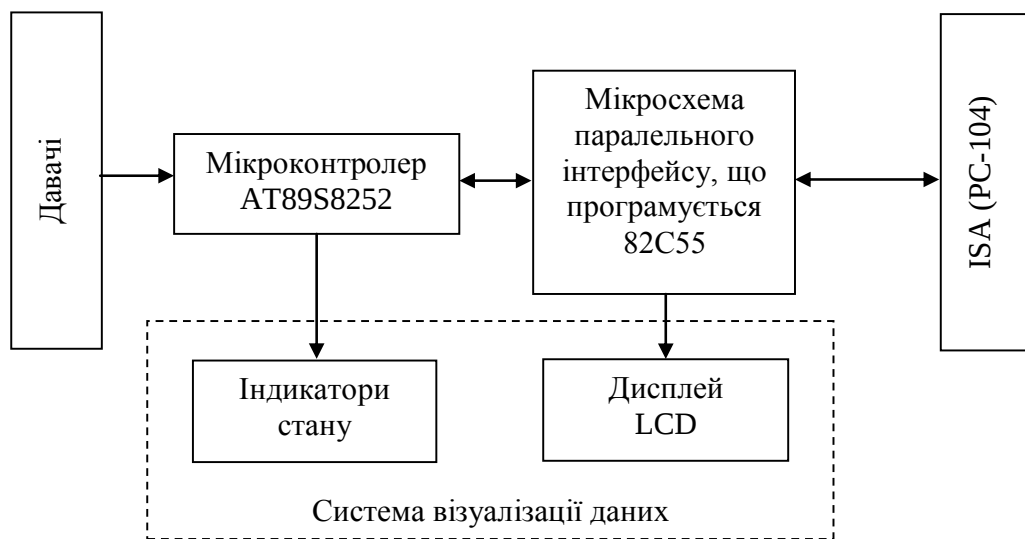


Рис. 3.9. Схема структурна інтерфейсного модуля

Для визначення координат та реальної швидкості транспортного засобу, в який умонтовано БОК, є можливість підключення приймача GPS-сигналів з протоколом обміну NMEA-0183 (з'єднання з портом COM 1 промислового комп'ютера, наприклад приймач Garmin e-Map.

Систему електроживлення БОК розроблено на базі DC/DC перетворювача ICOP-0071. Схема перетворювача дороблена елементами системи захисту від кондуктивних завад, що дозволяє її використання на борту автотранспортного засобу.

Вона була практично реалізована протягом виконання завдань обладнання дорожніх лабораторій, які були створені у ХНАДУ згідно з програмою виконання фундаментальних та прикладних досліджень з теорії функціонального аналізу та синтезу автомобільних мехатронних систем.

На рис. 3.10, 3.11 подано зовнішній вигляд обладнання однієї з реалізацій цього комплексу, що базувався на звичайному легковому автомобілі «Волга».



Рис. 3.10. Системний модуль



Рис. 3.11. Обладнання ІТЗ:

- 1 – експлуатація системи (місце оператора);
- 2 – детальна обробка оперативних даних

Проведені у ХНАДУ фундаментальні дослідження з теорії інформаційного аналізу та синтезу автомобільних мехатронних систем та [144], прикладні науково-дослідні розробки з моніторингу стану автомобільних доріг [146] та проектування автоматизованої системи диспетчерування громадського пасажирського транспорту [143] довели, що запропоновані рішення з розробки такого телематичного обладнання ІТЗ настільки універсальні, що можуть бути повторені в умовах будь-якого звичайного експериментального виробництва.

3.3. Оцінка стану автомобільних доріг

Діагностика та моніторинг автомобільних доріг є основою керування станом автомобільних доріг у транспортній системі міст та регіонів. Це основа як управління рухом транспортних засобів, так і рішення проблем планування, розподілу і використання ресурсів та засобів, що направляються на утримання, ремонт і реконструкцію транспортних комунікацій, оптимізацію програм дорожніх робіт. Мета діагностики й оцінки стану доріг полягає в одержанні повної, об'єктивної і достовірної інформації про транспортно-експлуатаційний стан доріг, умови їхньої роботи, а також ступінь відповідності фактичних споживчих властивостей дороги, їхніх параметрів і характеристик вимогам безпеки руху. Результати діагностики й оцінки стану доріг повинні служити надійною інформаційною базою для рішення управлінських задач двох рівнів:

- визначення й оцінка технічного рівня, транспортно-експлуатаційного стану, споживчих властивостей автомобільних доріг, ступеня відповідності фактичних споживчих властивостей, параметрів та характеристик вимогам безпеки руху;

- прийняття управлінських рішень щодо визначення першочергових заходів з удосконалення відповідних ділянок автомобільних доріг на підставі раціонального використання фінансових ресурсів і матеріально-технічних засобів.

Таким чином, метою моніторингу (діагностики й оцінки стану) є одержання повної й об'єктивної інформації про транспортно-експлуатаційні властивості автомобільних доріг, умови їхньої роботи і ступеня відповідності фактичних споживчих якостей вимогам автомобільного руху. Традиційна оцінка поверхні автомобільної дороги по рівності, або коефіцієнту зчеплення, практично повторюється у нових сучасних пристроях та приладах.

У табл. 3.1 наведено приклади оцінки цих параметрів порівняно з різними показниками, що відбивають транспортно-експлуатаційні показники якості автомобільних доріг.

На основі аналізу усіх даних можна вважати за доцільне визначення ідентичними практично усіх значень відповідних показників. Надійність покриття, рівність, інші показники, включаючи міцність, однозначно визначаються зовнішнім виглядом поверхні дороги. Тому саме людина-оператор, або експерт, може достатньо точно визначати стан відповідної ділянки дороги.

Таблиця 3.1

**Порівняна оцінка значень показників,
що визначають транспортно-експлуатаційні якості дороги**

Показники	Загальний вигляд дороги				
	Добре та задовільне	Тріщини	Окремі руйнування	Часті руйнування	Цілковиті руйнування
Відсоток руйнування, %	0–15	15–35	35–50	50–70	Більше 70
Рівність за поштовхоміром, см/км	Менш ніж 200	200–400	–	–	–
Швидкість потоку, км/год	80–55	55–35	35–25	25–20	–
Надійність покриття	1–0,85	0,85–0,65	0,65–0,5	0,5–0,3	–
Коефіцієнт міцності	1	1–0,85	0,85–0,8	Менше ніж 0,8	–

Таке визначення, яке поєднано із засобами технічного зору та системою супутникового спостереження за станом рухомих об'єктів, є основою інтерактивної технології, що реалізовано у цій роботі. Поряд із самоспостереженням людини паралельно працює технічна складова системи, використання якої підпорядковується звичайним правилам. Так, підготовка системи до роботи починається з оцінки зовнішнього вигляду усіх її складових частин. Розглянемо практичне використання розглянутого телематичного обладнання ІТЗ для вирішення практичних проблем діагностування транспортної системи у частині оцінки якості відповідних шляхів сполучень. Визначимо це обладнання ІТЗ з необхідними доробками як експериментальний обчислювальний комплекс для оцінки якості поверхні автомобільних доріг – КС ОЯП. Для надання йому властивостей виконувати реєстрацію даних у реальному часі та інтерактивного режиму роботи до складу КС ОЯП додається система відеоспостереження (комплектація обладнання портативною цифровою відеокамерою).

Що стосується системи відеоспостереження, то її підготовка до роботи полягає у вмиканні живлення відеокамери та переходу до її штатного використання. Використання КС ОЯП для оцінки якості по-

криттів автомобільних доріг починається з калібрування вимірювальних каналів системи.

Для калібрування системи необхідно підготувати ділянку дороги, для якої параметри рівності та зчеплення виміряні з точністю на порядок більше, ніж точність вимірювальних каналів КС ОЯП.

Калібрування полягає у кількаразовому проїзді по вказаній ділянці дороги та корегуванні відповідних коефіцієнтів у тому разі, коли результати оцінки не збігаються з відомими параметрами коефіцієнта зчеплення та рівності контрольної ділянки дороги. Корегування коефіцієнтів, налагодження системи та приведення діапазонів вимірювання до показників конкретного дорожнього вимірювального приладу (ПКРС, поштовхомір, ППК та інші) також є завданням калібрування системи. КС ОЯП налаштований на показання пристрою ТЕД-2м (оцінка рівності) і приладу ППК-ВНИИ БД МАДИ (оцінка коефіцієнта зчеплення).

Під час проведення вимірювань проводиться експрес-обробка даних, що надходять від вимірювальних каналів, та виконується індикація поточних результатів на екрані системного блоку. Результати вимірювань зберігаються у внутрішній пам'яті КС ОЯП. Завершення реєстрації даних виконується при зупинці автомобіля натисканням клавіші ENTER клавіатури КС ОЯП.

Для передачі результатів виконаних вимірювань у персональний комп'ютер для подальшої обробки та ведення бази даних необхідно вимкнути КС ОЯП, з'єднати кабель сполучення та обрати режим реєстрації даних.

Під час проведення технічного обслуговування немає необхідності проводити демонтаж системи КС ОЯП та відповідних давачів з базового транспортного засобу. Система не потребує спеціального технічного обслуговування. У разі відмов системи ремонт виконується шляхом заміни її модулів на працездатні.

Саме моніторинг складається з координованих дій оператора та водія-випробувача, які складаються з підтримання швидкісного режиму у межах 45–60 км на годину, відеозйомки та спостереження за роботою приладів КС ОЯП. Оператор та водій-випробувач сумісно коментують своє сприйняття дорожнього оточення, що підлягає синхронному аудіозапису за допомогою відеокамери. Результати такого відео- та аудіозапису підлягають подальшому перетворенню у цифровий вигляд стандартними комп'ютерними засобами.

Для завантаження даних, що були зареєстровані вимірювальним комплексом ІТЗ, до персонального комп'ютера раціональним є використання кабелю передачі даних по порту LPT (паралельний порт, до якого зазвичай підключають принтер). Програмним забезпеченням, що дозволяє виконати таку передачу даних, – є Total Commander.

Дані, що реєструються бортовою комп'ютерною системою, мають бінарний вигляд та не можуть бути прочитані у звичайному текстовому редакторі. Для трансформації у зручний для подальшої обробки вигляд є спеціально розроблена програма Converter.exe. Ця програма працює у середовищі операційної системи Microsoft Windows XP. Для коректування параметру, що впливає на розрахунок шляху та швидкість автомобіля, на котрому встановлено БОК, застосовано файл налаштувань Converter.ini. Це звичайний текстовий файл, доступний для редагування. Наприклад, параметр Distance=0,261 говорить про те, що за один імпульс давача швидкості автомобіль проходить 0,261 м.

Для відкриття бінарного файлу треба натиснути кнопку «Open» програми Converter.exe. Програма відтворить таблицю, де у зручній формі буде наведено зареєстровані параметри (рис. 3.12). Ці параметри можна редагувати.

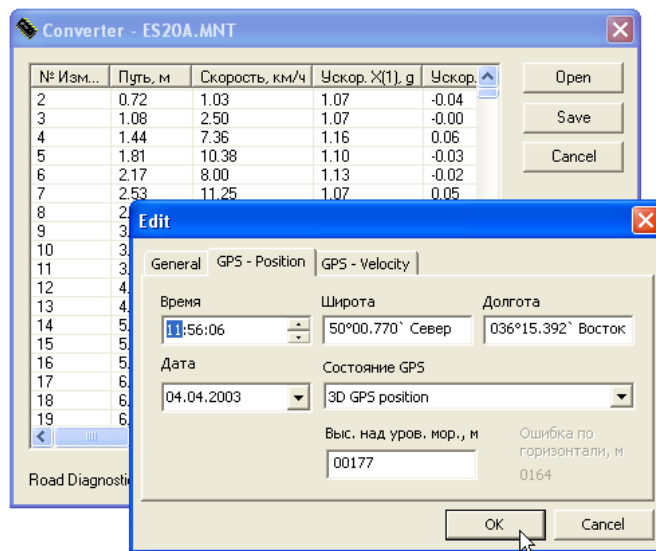


Рис. 3.12. Інтерфейс програми Converter.exe

Для запису даних використовується кнопка «Save». Дані можуть бути збережені у форматі електронної таблиці Microsoft Excel.

Програма Converter.exe може зберігати декілька ділянок, дані про котрі отримано БОК в одному файлі, але користувач повинен обирати для них різні імена. Дані зберігаються у скороченій формі для подальшого обчислення рівності та зчепних якостей доріг та у вигляді повного звіту, де наводяться всі зареєстровані параметри, наприклад: дата, час, координати, висота над рівнем моря і т.п.

В системі КС ОЯП основним засобом обробки даних, що зареєстровані є використання електронної таблиці Microsoft Excel. Це дозволяє формувати базу даних вимірювань, проводити дослідження з даними експериментів та формувати вихідні форми системи, а також виводити графіки результатів досліджень. Для цього розроблено макроси (програми мовою Visual Basic for Application, що умонтовано у Microsoft Office). Ця програма зберігається у файлі Converter.xls та повинна бути відкрита в електронній таблиці перед виконанням обробки даних (рис. 3.13). Converter.xls додає у панель інструментів Excel кнопку «Обробка даних». Після першого завантаження Converter.xls можна більше не викликати цей файл, тому що його буде автоматично завантажено після натискання на кнопку обробки даних.

Измерен	Дата	Расстоян	Скорость	Ускорени	Ускорени	Ускорени	Ускорени	Широта	Долгота	Состояни	Ошибка	Высота	Скорость
173	07.03.2003	45,8	38,66	1,1	-0,22	-0,942	0,0915	49°59'563"	036°14'6233D	GPS pi	161	115	5,8 E
174	07.03.2003	46,07	31,94	1,06	-0,18	-1	0,106	49°59'563"	036°14'6233D	GPS pi	161	115	5,8 E
175	07.03.2003	46,33	22,89	1,13	-0,13	-1,06	0,00609	49°59'563"	036°14'6233D	GPS pi	161	115	5,8 E
176	07.03.2003	46,6	21,75	1,06	-0,18	-1,01	0,104	49°59'563"	036°14'6233D	GPS pi	161	115	5,8 E
177	07.03.2003	46,86	20,02	1,06	-0,17	-0,977	0,0711	49°59'563"	036°14'6233D	GPS pi	161	115	5,8 E
178	07.03.2003	47,13	18,39	1,09	-0,1	-0,974	0,0752	49°59'563"	036°14'6233D	GPS pi	161	115	5,8 E
179	07.03.2003	47,39	38,6	1,08	-0,21	-0,99	0,059	49°59'563"	036°14'6233D	GPS pi	161	115	5,8 E
180	07.03.2003	47,65	31,56	1,1	-0,15	-1	0,0569	49°59'563"	036°14'6233D	GPS pi	161	115	5,8 E
181	07.03.2003	47,92	22,52	1,05	-0,19	-1,02	0,0732	49°59'563"	036°14'6233D	GPS pi	161	115	5,8 E
182	07.03.2003	48,18	21,74	1,01	-0,2	-1,01	0,061	49°59'563"	036°14'6233D	GPS pi	161	115	5,8 E
183	07.03.2003	48,45	19,92	1,14	-0,15	-1,02	0,063	49°59'563"	036°14'6233D	GPS pi	161	115	5,8 E
184	07.03.2003	48,71	18,16	1,01	-0,15	-0,973	0,0692	49°59'563"	036°14'6233D	GPS pi	161	115	5,8 E
185	07.03.2003	48,98	38,69	1,14	-0,08	-1,01	0,0711	49°59'563"	036°14'6233D	GPS pi	161	115	5,8 E
186	07.03.2003	49,24	31,28	1,14	-0,12	-0,993	0,0549	49°59'563"	036°14'6233D	GPS pi	161	115	5,8 E

Рис. 3.13. Розгорнута форма даних

Для розгорнутої форми даних Converter.xls формує зручний вигляд таблиці (рис. 3.14). Для скороченої форми вихідних даних макрос виконує обчислення рівності та зчепних якостей автомобільної дороги, після чого можна побудувати відповідні графіки (рис. 3.15).

Слід підкреслити перевагу використання макросів Excel у тому, що користувач може повністю змінити алгоритм обробки даних

та автоматизувати формування вихідної форми залежно від індивідуальних потреб. А використання драйверів доступу до баз даних, що входять до складу операційної системи – ODBC (англ. Open Database Connectivity), дозволяють розробити зручний механізм ведення розподіленої бази даних.

№ Измерения	Дата и время	Расстояние, м	Скорость, км/ч	Ускорение				Широта	Долгота	Состояние
				X1, g	Y1, g	X2, g	Y2, g			
173	07.03.03 13:03:23	45,8	38,66	1,1	-0,22	-0,942	0,0915	49°59'56,3" Север	036°14'6,23" Восток	3D GPS р
174	07.03.03 13:03:23	46,07	31,94	1,06	-0,18	-1	0,106	49°59'56,3" Север	036°14'6,23" Восток	3D GPS р
175	07.03.03 13:03:23	46,33	22,89	1,13	-0,13	-1,06	0,00609	49°59'56,3" Север	036°14'6,23" Восток	3D GPS р
176	07.03.03 13:03:23	46,6	21,75	1,06	-0,18	-1,01	0,104	49°59'56,3" Север	036°14'6,23" Восток	3D GPS р
177	07.03.03 13:03:23	46,86	20,02	1,06	-0,17	-0,977	0,0711	49°59'56,3" Север	036°14'6,23" Восток	3D GPS р
178	07.03.03 13:03:23	47,13	18,39	1,09	-0,1	-0,974	0,0752	49°59'56,3" Север	036°14'6,23" Восток	3D GPS р
179	07.03.03 13:03:23	47,39	38,6	1,08	-0,21	-0,99	0,059	49°59'56,3" Север	036°14'6,23" Восток	3D GPS р
180	07.03.03 13:03:23	47,65	31,56	1,1	-0,15	-1	0,0569	49°59'56,3" Север	036°14'6,23" Восток	3D GPS р
181	07.03.03 13:03:23	47,92	22,52	1,05	-0,19	-1,02	0,0732	49°59'56,3" Север	036°14'6,23" Восток	3D GPS р
182	07.03.03 13:03:23	48,18	21,74	1,01	-0,2	-1,01	0,061	49°59'56,3" Север	036°14'6,23" Восток	3D GPS р
183	07.03.03 13:03:23	48,45	19,92	1,14	-0,15	-1,02	0,063	49°59'56,3" Север	036°14'6,23" Восток	3D GPS р
184	07.03.03 13:03:23	48,71	18,16	1,01	-0,15	-0,973	0,0692	49°59'56,3" Север	036°14'6,23" Восток	3D GPS р

Рис. 3.14. Результат обработки разгорнутой формы данных

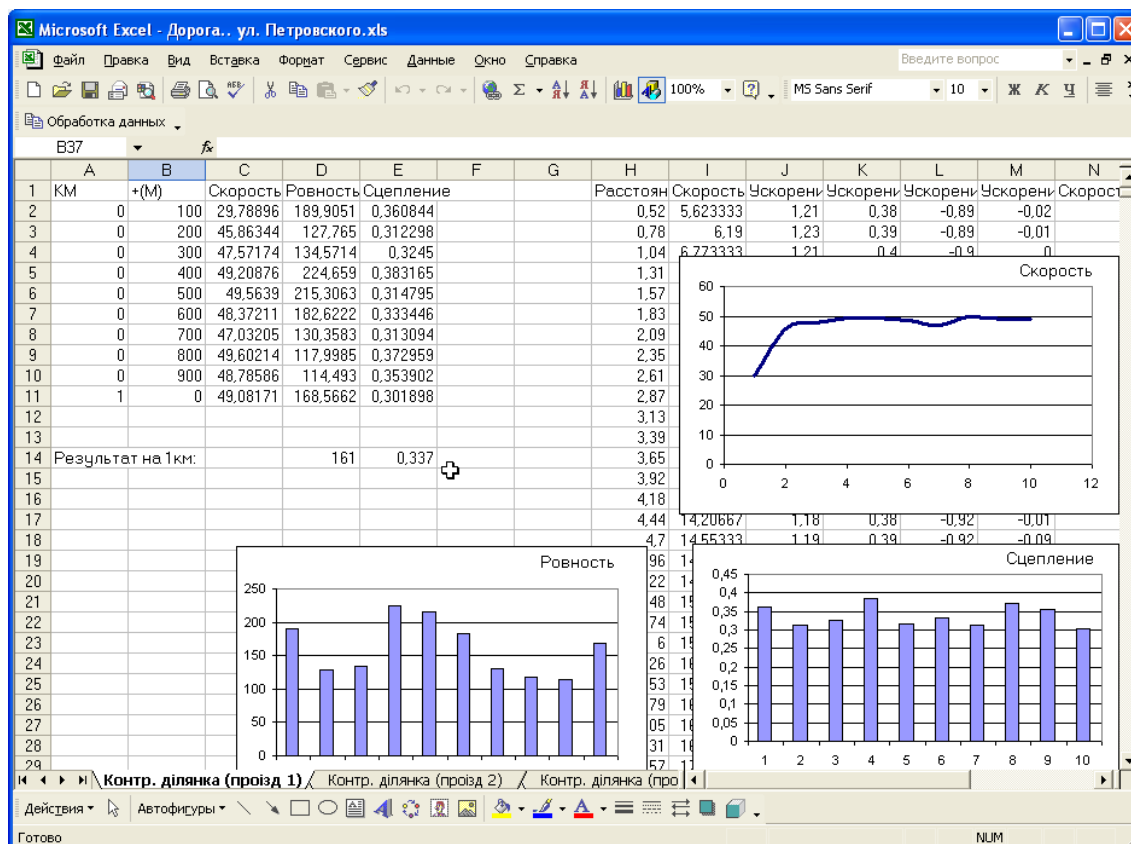


Рис. 3.15. Результуюча форма даних

Використання стандартних пакетів прикладних програм надає перевагу у тому, що для споживача не треба підвищувати кваліфікацію та вивчати інтерфейс незнайомих систем. З іншого боку, використання поширеної операційної системи Windows надає можливості уніфікувати інтерфейс спеціалізованих програмних продуктів, що розроблені для пересувної дорожньої лабораторії.

Програма Converter.exe дозволяє файл, що використовується програмою WinEP.exe – Engineering Plotter for Windows (<http://www.trucksim.com/winep.html>), яку розроблено Mechanical Simulation Corporation, The University of Michigan Transportation Research Institute (UMTRI). Для цього формується файл з розширенням – *.erd. Зазначимо, що WinEP, наприклад, входить до такої системи, як RoadRuf (аналіз профілю доріг), що також є розробкою The University of Michigan Transportation Research Institute (UMTRI). WinEP.exe можна використати безпосередньо для відбиття графіків, параметрів, що зареєстровано (рис. 3.16).

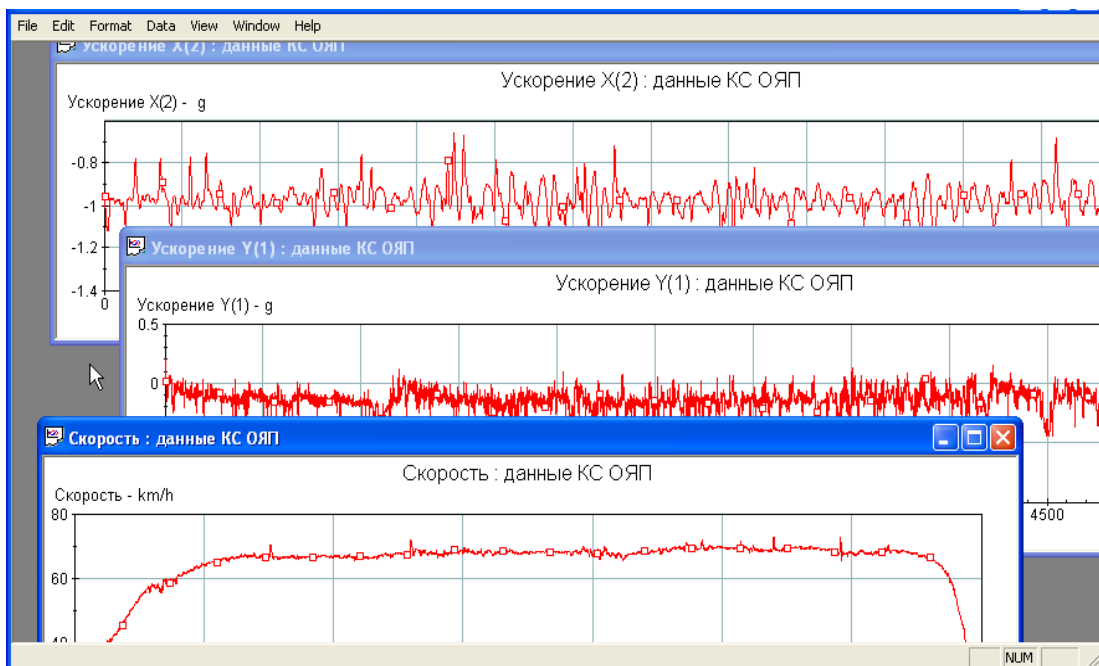


Рис. 3.16. Графічний інтерфейс для відбиття вихідних даних

Слід зазначити, що до складу експериментального зразка КС ОЯП не входить операційна система Windows фірми Microsoft та офісні додатки цієї фірми, а також інше програмне забезпечення, крім програм виконавця роботи: converter.exe, converter.xls, XADIAppN3.exe, програми mnt2002.exe, mnt51.hex. Операційна сис-

тема X-DOS та програмне забезпечення, що працює з апаратною частиною КС ОЯП на базі процесора DM&P Ali M6117D.

Поряд з роботою користувача системи з обробки даних безпосередньо підготовка КС ОЯП пов'язана з організацією інтерфейсу її складових: системи відеоспостереження, навігаційної системи визначення місця розташування або прив'язки базового транспортного засобу до конкретної точки траси автомобільної дороги. Відмінною особливістю комплексу є застосування промислових стандартних модулів супутникової системи визначення місця розташування рухомих об'єктів, відеоспостереження, що безпосередньо пов'язані з бортовими портативними комп'ютерами за інтерфейсом RS232. Для організації цього зв'язку застосовано стандартну термінальну програму, наприклад, RS232 Pro (рис. 3.17).

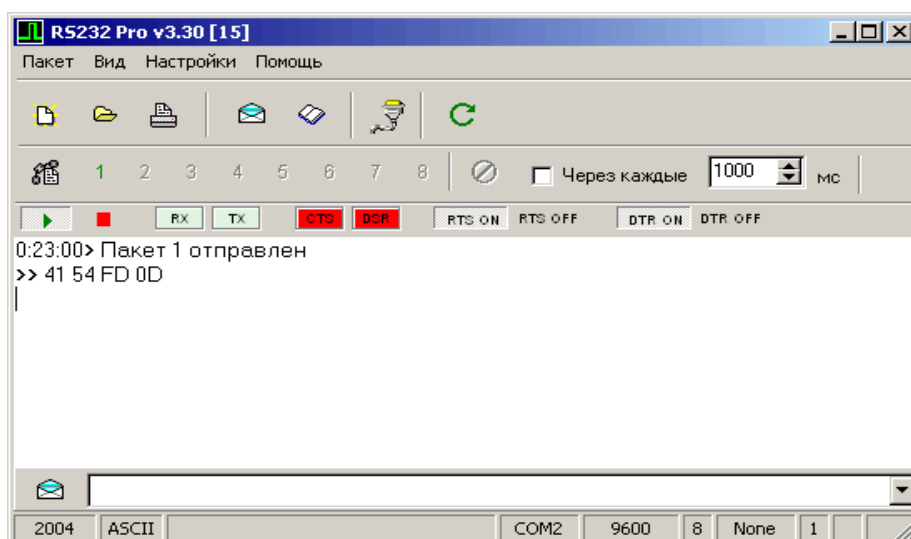


Рис. 3.17. Вікно програми RS232 Pro

Після освоєння КС ОЯП для виконання моніторингу відповідної роботи слід виконати калібрування приладів та пристроїв, а саме:

- підготовку бортової портативної ЕОМ для реєстрації та синхронізації процесом реєстрації даних про стан покриття автомобільної дороги в умовах регіону, якому належить відповідна транспортна комунікація;

- монтаж КС ОЯП, давача прискорень, інтерфейсної плати, давача швидкості та супутникової системи прийому GPS-сигналів Garmin;

- експериментальні дослідження (тестові проїзди), необхідні для калібрування вимірювальних каналів;

– визначення дійсних значень за точністю вимірювальних характеристик КС ОЯП.

Калібрування є повторенням метрологічної атестації системи, для котрої результати оцінки якостей покриттів автомобільних доріг повинні приводитися до кількісних показань базового приладу – динамометричної установки (ПКРС-2), відповідно до стандартів.

Як було визначено вище, система має вимірювальні канали (ВК) зі швидкості, пройденого шляху, рівності покриття дороги та коефіцієнта зчеплення коліс автомобілів з дорогою. Калібрування системи є своєрідним навчанням КС ОЯП. Це практична реалізація методології штучних нейронних мереж. Своєрідним тестом є показники якості покриття атестованої ділянки дороги. Настроювання системи на діагностування конкретної дороги повинно базуватися на таких положеннях: погодні умови; тип покриття; граничні значення показників рівності та коефіцієнта зчеплення згідно зі станом базового автомобіля.

Згідно з програмою метрологічної атестації комп'ютеризованої системи оцінки якості покриття автомобільних доріг – КС ОЯП, що є складовою частиною КС ОЯП, для її калібрування треба:

– по-перше, для визначення точності реєстрації даних обрати контрольну ділянку дороги, що атестована за допомогою сертифікованих приладів з вимірювання рівності та зчепних якостей автомобільної дороги. Довжина ділянки складає 1 км. Для її точного визначення призначаються репера початку та кінця ділянки та виконати багатократні (не менш ніж 10) контрольні проїзди;

– по-друге, після настроювання системи за даними контрольних проїздів виконати експериментальний моніторинг попередньо визначеної ділянки дороги, що мала протяжність не менше ніж 10 км.

У табл. 3.2, 3.3, 3.4 наведено приклади результатів атестації контрольної ділянки, яка використалася для калібрування КС ОЯП та відповідний машинний протокол. Саме калібрування вимірювальних каналів виконається в умовах, що відповідають умовам проведення моніторингу по таким показникам:

- температура оточуючого повітря;
- відносна вологість повітря;
- атмосферний тиск;
- напруга бортової мережі живлення (12 В).

Приклад атестованої ділянки дороги має таку оцінку поточного стану:

довжина ділянки (м) 1000 ± 1 ;
 коефіцієнт зчеплення $0,33 \pm 0,05$;
 рівність дороги (см/км) 167 ± 1 .

Таблиця 3.2

Атестація контрольної ділянки (рівність)

№ Пріоріду	Від		До		Рівність, см/км
	км	+(м)	км	+(м)	
1	0	0	1	0	167
2	0	0	1	0	167
3	0	0	1	0	166
4	0	0	1	0	166
5	0	0	1	0	168
6	0	0	1	0	167
7	0	0	1	0	168
8	0	0	1	0	168
9	0	0	1	0	166
10	0	0	1	0	167
Середнє значення оцінки					167

Таблиця 3.3

Атестація контрольної ділянки (зчеплення)

Від		До		Коефіцієнт зчеплення
км	+(м)	км	+(м)	
0	0	0	100	0,28
0	100	0	200	0,28
0	200	0	300	0,35
0	300	0	400	0,32
0	400	0	500	0,34
0	500	0	600	0,35
0	600	0	700	0,36
0	700	0	800	0,38
0	800	0	900	0,35
0	900	1	0	0,29
Середнє значення оцінки				0,33

Результати контрольних проїздів

Прізд по ділянці дороги	Швидкість проїзду ділянки (км/год)	Назва вимірювального каналу								
		коефіцієнт зчеплення			рівність дороги			швидкість		
		результати вимірювань	абсолютна похибка	відносна похибка	результати вимірювань	абсолютна похибка	відносна похибка	результати вимірювань	абсолютна похибка	відносна похибка
1	45	0,34	0,01	3	171	4	2	46	1	2
2	40	0,34	0,01	3	164	3	2	39	1	3
3	42	0,31	0,01	3	163	4	2	41	1	2
4	43	0,34	0,01	3	168	1	1	42	1	2
5	41	0,31	0,01	3	170	3	2	44	2	2
6	43	0,33	0,00	3	170	3	2	41	2	4
7	48	0,34	0,01	3	165	2	1	47	1	2
8	41	0,33	0,00	0	164	3	2	42	1	2
9	42	0,33	0,00	0	170	3	2	41	1	2
10	46	0,34	0,01	3	171	4	2	47	1	2
Основна звєдена похибка		3,6			2,8			4,8		

3.4. Інтелектуальна технологія моніторингу умов руху

Завдяки мехатронізації, створення комп'ютеризованого обладнання, що надає звичайному автомобілю властивості інтелектуального транспортного засобу порівняно простий набір пристроїв та приладів дозволяє виконувати безперервний моніторинг автомобільної дороги, записувати на електронні носії інформації дані про стан дорожнього середовища. У сучасній транспортній системі такий ІТЗ з КС ОЯП стає своєрідною лабораторією, бортовий комп'ютер якого виконує як запис даних, що реєструються, так і відповідну обробку сигналів. Особливо важливою функцією такого обчислювального

комплексу є можливість узгодження різних інформаційних каналів, які надходять від супутникового приймача GPS-сигналів, відбиваються за допомогою відео- та фотозйомки, аудіозапису коментарів оператора про стан покриття автомобільної дороги. На рис. 3.18, 3.19 відображено зовнішній вигляд такої мехатронної системи у складі автомобільного телематичного комплексу периферійної апаратури КС ОЯП.



Рис. 3.18. Салон автомобіля, обладнаний КС ОЯП

Моніторинг дороги виконується протягом реверсивного проїзду її ділянок. Для виконання саме моніторингу поряд з водієм працює оператор. Паралельно оператор та водій візуально аналізують стан покриття та умови руху у транспортній системі. Прив'язка реєстрованих даних до точки реєстрації здійснювалася шляхом заміру моменту часу і координат за приймачем GPS-сигналів.

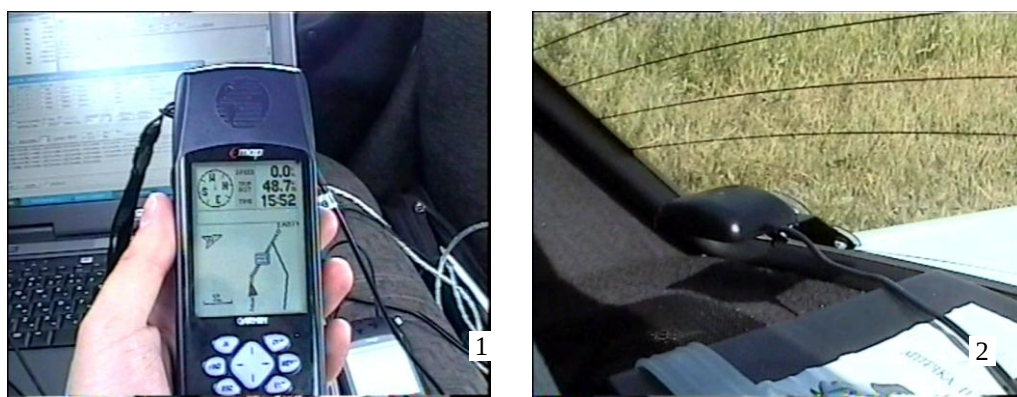


Рис. 3.19. Супутникова навігаційна система КС ОЯП:

- 1 – приймач GPS-сигналів;
- 2 – автомобільна супутникова антена

Реєстрація даних у прямому та зворотному напрямку виконується із середньою швидкістю до 85 км/год. Слід зазначити, що на ділянках, стан яких був або незадовільний, або близький до незадовільного, виконуються зупинки або зменшувалася швидкість руху для більш ретельного візуального аналізу стану дорожнього середовища. Практично така методика моніторингу відповідає принципу, що прийнятий у системах автоматичного управління – «керування по відхиленнях».

Результатом такої реєстрації є електронний аудіофайл даних, який був розшифрований та оцифрований шляхом введення до ЕОМ із застосуванням стандартної системи перетворення аналогових сигналів. Такий файл підлягає подальшій формалізації в табличному вигляді для визначення прив'язки: умовний кілометр, відстань, поточний час, швидкість та експертної оцінки: якісний аналіз й оцінка поверхні.

Основним у реєстрації даних, які надходять від супутникової системи GPS, є їх застосування для сполучення відео- та аудіоінформації, даних по динаміці руху випробувального транспортного засобу пересувної дорожньої лабораторії. Це завдання та задача визначення місця розташування та саме відповідній точці траси була вирішена шляхом використання таких програмних комплексів, як VisualGPS і GPS Map Explorer. Відмінною особливістю цих програм є орієнтація на приймач GPS-сигналів Garmin.

VisualGPS (програмне забезпечення, що вільно розповсюджується) включає множину потужних особливостей професійних програм. Ця система дозволяє представити в графічній формі дані у форматі NMEA 0183 та оцінювати точність даних, що реєструються за допомогою GPS-приймача.

На рис. 3.20 наведено вихідна форма програми, що відбиває напрям траси, висотні відмітки та умови реєстрації даних – кількість супутників.

Програма VisualGPS розшифровує такі NMEA 0183 повідомлення:

- GPGLA – Global Positioning System Fix Data;
- GPGSA – GNSS DOP and Active Satellites;
- GPGSV – GNSS Satellites in View.

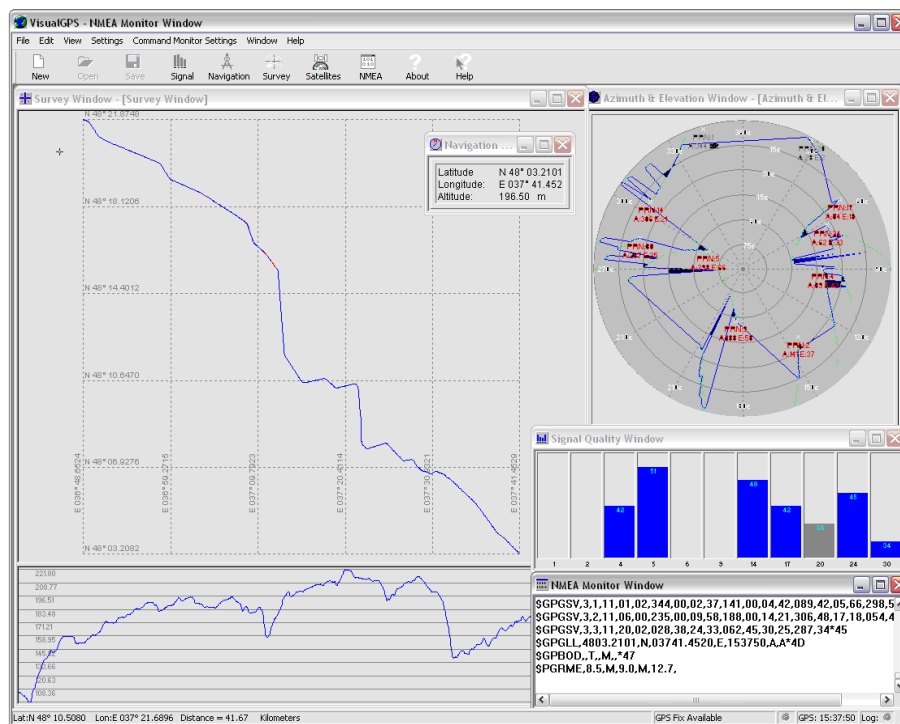


Рис. 3.20. Вихідна форма VisualGPS

Вільна копію програми VisualGPS доступна: <http://www.visualgps.net/VisualGPS/download.htm>. Ця програма є попереднім засобом прив'язки інформації до плану траси, яка базується на системі GPS Map Explorer. GPS Map Explorer є програмою, яка дозволяє визначити напрям траси на карті. Ця зручна програма, що може працювати з GPS-приймачами Garmin, застосовувалася для перегляду й аналізу даних про курс (track logs).

Особливості програми пролягають у можливості перегляду на екрані комп'ютера курсу (track), контрольних точок на маршруті (waypoints) і безпосередньо маршрутів (routes) з можливістю масштабування (zoomable map-view). Можливе використання своїх сканованих карт у середовищі GPS Map Explorer (фоновий малюнок у форматі gif/jpg). Програма дозволяє завантажувати дані про курс, точки й маршрут безпосередньо з більшості приймачів Garmin GPS, а також ці дані передавати в приймач. Підтримується імпорту/експорту інформації в розповсюджені картографічні системи: Map Source, Ozi, Gardown and G7ToWin. Також підтримується формат файлів NMEA. Підтримується пошук файлів (plt,mps,gdb,txt,gmx,gd) з курсом біля певної позиції, зі здатністю обмежити пошук певним напрямком і швидкістю (частина інструмента Waypoint tool).

На плані траси можуть відображатися дані, прийняті від декількох GPS-приймачів, які працювали в один час. У цьому випадку для кожного креслення буде обраний певний колір. Програма дозволяє в режимі реального часу переглянути на екрані рух по пройденому маршруту (відображається рух курсору (position indicator) за траєкторією руху). Можна також вибрати більшу швидкість перегляду.

Підключившись до GPS-приймача, можна спостерігати свою поточну позицію (програма підтримує формат передачі даних NMEA, Garmins «Text out» і «Garmin/Garmin»). Додатково до курсу та карт відображаються графіки швидкості, висоти й похибки. На рис. 3.21 наведено результат обробки даних цією системою з визначенням плану траси та графіків швидкості, які дозволяють виконати опосередковану оцінку траси.

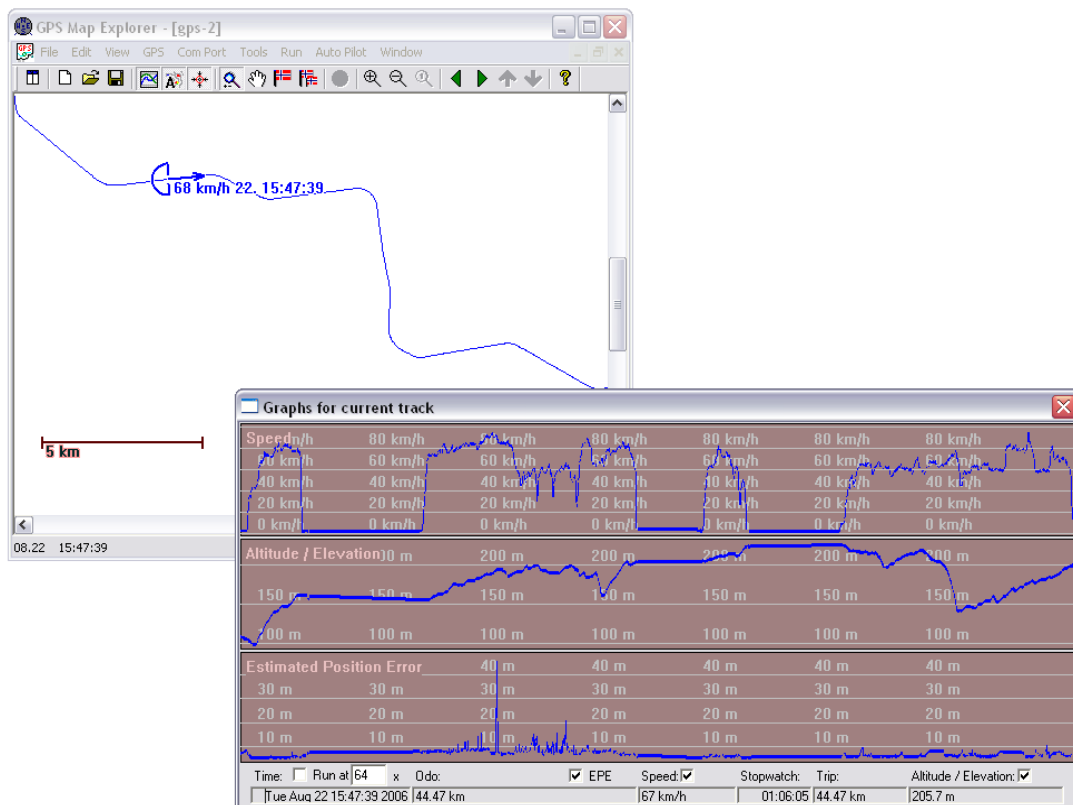


Рис. 3.21. Вихідна форма GPS Map Explorer

Для заключної обробки даних, котрі поступають до системи у форматі NMEA, було застосовано програму GeoConv, розроблену Eino Uikkanen (<http://www.kolumbus.fi/eino.uikkanen/>)

geosconvgb/index.htm). Вона використовувалася для перетворень (конвертування) між різними форматами файлів з даними про координати. Це програмне забезпечення можна використовувати для фільтрації координат у файлах з маршрутами і для перетворення даних про пройдений шлях (track) у маршрут (routes). GeoConv спроектований для використання тільки в пакетному режимі. GeoConv читає вхідний файл, робить необхідні перетворення й фільтрацію і записує результат у вихідний файл.

Таким чином, виділений комплекс із стандартних засобів: VisualGPS, GPS Map Explorer, GeoConv дозволяє порівняно просто, без додаткових витрат на програмування оригінальної системи виконати комп'ютерне перетворення сигналів GPS-приймача до електронної таблиці, яка відповідає точним вимірам часу реєстрації даних, відстані, швидкості та в цілому просторово-часовому визначенні відповідної дорожньої ситуації.

Загалом для моніторингу дорожнього середовища, умов руху раціональним є застосування такого обладнання: система КС ОЯП; WEB-камера; супутникова система визначення координат рухомих об'єктів. Безпосередньо у моніторингу беруть участь водій та оператор. У табл. 3.5 наведено приклад форми, яка формується безпосередньо за результатами аналізу стану автомобільної дороги. Слід зазначити, що саме реєстрація цих даних виконується шляхом аудіо-запису коментарів обставин проїзду оператором та водієм.

Таблиця 3.5

Протокол моніторингу

Час	Ситуація
	22,08,06 дорога М-04 Київ – Луганськ – Ізварино. Ми перебуваємо на ділянці дороги від Донецька до границі Дніпропетровської області, початок дороги населений пункт Піски. Ідемо у зворотньому напрямку з Пісків до Дніпропетровської області. Будемо робити моніторинг тільки своєї смуги руху, тобто зворотний відлік.
01: 04-01:17	Набираємо швидкість. Швидкість 50 км/г. Осьова й крайова розмітка гарна.
01: 21-01:38	До цього при зупинці вимірювалася температура дорожнього покриття. Дорожнє покриття чистий асфальто – бетон без поверхневої обробки. Температура склала 39, 6-39,8 градусів С.
01: 40-01:42	Їдемо по населеному пункті Піски.

Час	Ситуація
01: 45-01:53	Дві смуги руху, розмітка гарна, протягом почався дрібний дощ.
01: 58-02:02	Покриття дорожнього одягу гарне.
02: 10-02:11	Примикання з правої сторони.
02: 14-02:17	Пішохідний перехід, розмітка є – зебра.
02: 24-02:33	Кінець другої смуги. Дві смуги руху, одна вперед друга назад.
02: 38-02:52	Швидкість руху 65 км/г. Автопавільон, є кишеня, гальмова й розгінна смуги. Автопавільон «Піски».
03: 16-03:30	На укосі ростуть дерева й чагарник. Не дотримується вимоги ДСТУ-3578 по безпеці руху.
03: 39-03:44	Попереджувачий знак «Поворот ліворуч».
03: 47-03:50	Кінець населеного пункту Піски.

4. РОЗПОДІЛЕНІ КОМП'ЮТЕРНІ РЕСУРСИ

4.1. Комп'ютерні ресурси на місцевому та регіональному рівнях

Визначимо сучасну транспортну інфраструктуру міст та регіонів як сукупність інтелектуальних систем планування та моделювання транспортних мереж, керування дорожнім рухом та телематичними комплексами, які надають оперативну інформацію про стан дорожнього середовища та дозволяють взаємодіяти із всіма учасниками дорожнього руху. Для розвитку та експлуатацію транспортної інфраструктури потрібні потужні комп'ютерні ресурси. Але сучасний стан та можливості їх удосконалювання гальмує брак коштів, що властиво практично усім місцевим органам самоврядування. Вирішення проблеми можливо за рахунок отримання додаткових комп'ютерних ресурсів на базі існуючих великих комп'ютерних систем, корпоративних мереж за рахунок застосування новітніх GRID-технологій.

Історично склалося, що у великих містах обчислювальні мережі будь-яких стабільно існуючих підприємств та організацій різних профілів будувалися по мірі фінансування та удосконалення можливостей придбання комп'ютерного обладнання. Практика впровадження нових технологій випереджувала науково-технічне обґрунтування, оцінку ефективності проектних рішень та узагальнення результатів, яких було досягнуто. Поступово такі мережі перетворювалися із порівняно простих обчислювальних комплексів до взаємно пов'язаних систем корпоративного рівня. Розглянемо як отримати додаткові комп'ютерні ресурси для розвитку транспортної інфраструктури за рахунок доступу до таких комп'ютерних систем.

Використання комп'ютерних ресурсів існуючих обчислювальних комплексів великих розмірів (більше 1 тис. комп'ютерів) залежить від раціональної організації різних за своїми технічними характеристиками, особливостями застосування та терміном існування підсистем та ланок. Надійність та продуктивність окремих систем може бути порівняно невеликою, але користувач такої розподіленої системи отримує єдину надійну та продуктивну платформу для обчислень, отримання доступу до баз даних та знань [199].

Розвиток обчислювальних мереж проходить такі рівні: Intragrid (внутрішні Grid); Extragrid (зовнішній Grid, що об'єднують вже декілька організацій); найвищий за рівень масштабу розміру Grid-систем є Intergrid (глобальні системи, які об'єднують вже багато організацій, партнерів, кластерних рішень). Цей рівень Grid повинен відповідати за розвиток транспортної інфраструктури великого міста або регіону рис.4.1.

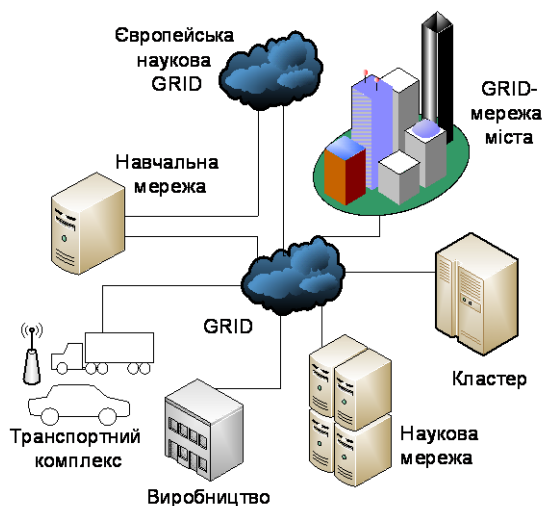


Рис. 4.1. **Intergrid-система**

Відповідна віртуальна мережа дозволяє технічно об'єднати розрізнені внутрішні Grid та кластери у єдиний інформаційний простір. Grid – система надає користувачу єдину віртуальну програмну платформу. Користувач через механізм віртуальної ЕОМ має доступ до Intergrid – ресурсів (рис. 4.2) в окремій обчислювальній лабораторії.

Своєрідне «занурення» автоматизованих робочих місць окремої транспортної організації до комп'ютеризованому простору існуючих окремих систем дозволяє отримати значний зиск від використання отриманих додаткових комп'ютерних ресурсів.

Для визначення можливості отримання такого зиску потрібно прогнозувати розвиток відповідної окремої комп'ютерної системи, визначити її програмну платформу, операційну систему. Дослідження із застосування GRID-технології у науці і освіті дозволяють стверджувати, що для транспортних організацій характерне переважне застосування систем на базі Windows (рис. 4.3).



Рис. 4.2. Окрема лабораторія

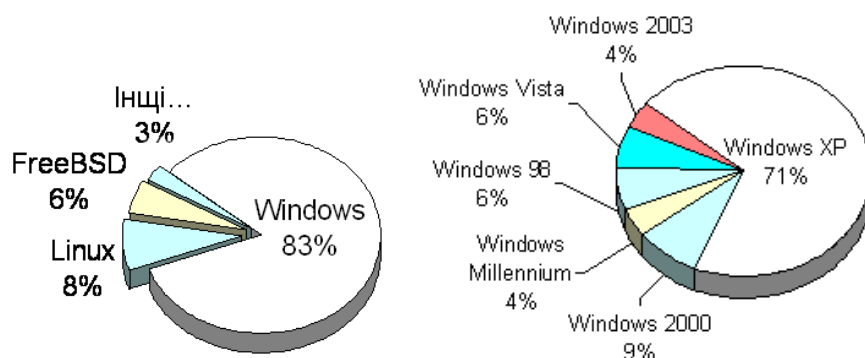


Рис. 4.3. Застосування операційних систем у транспортної організації

У середовища GRID-технології з практичної точки зору найбільш зручним та багатофункціональним буде дистрибутив Instant-Grid версії 1.0 (<http://www.instant-grid.org>). Він базується на системі Knoppix 5.0.0 (Live-CD) та системи Globus Toolkit 4.0.3 (програмне забезпечення проміжного рівня – middleware, що забезпечує можливість застосування GRID-технологій). Система Instant-Grid має зручний інтерфейс користувача, який оснований на використанні технологій подання даних web-браузером. Ця система поєднує як програми, що виконуються у консольному режимі, так і графічні додатки. У дистрибутиві реалізовано багато рішень Globus Toolkit, наприклад: компонент WS-GRAM для управління задачами, що вирішуються у системі, система GridFTP для обміну файлами та

система віддаленого входу до машин-клієнтів по захищеному каналу GSISSH.

Впровадження GRID-технологій потребує використання мережевої операційної системи. На робочих станціях можна виконати подвійну установку операційних систем. Одна – буде із родини Windows, а інша – на базі вільної операційної системи типу Linux. Розподілені додатки, реалізовані у вигляді GRID-служб, мають чітко визначені інтерфейси та можуть взаємодіяти між собою по стандартних протоколах. Для прикладного рівня реалізація взаємодії у великому ступені автоматизована й схована від розробника.

Інструментарій Globus Toolkit став фактичним стандартом для GRID, визнаним як науковим співтовариством, так і провідними компаніями комп'ютерної індустрії. Це стало можливим завдяки відкритій реалізації проекту. Використовуючи інструментальні засоби Globus, різними колективами були розроблені додаткові служби: реплікації файлів, авторизації, диспетчеризації завдань та інші.

В основі цієї системи полягає забезпечення такої інфраструктури комп'ютерного середовища існування GRID-технології, яка відповідає характеристикам типової (концептуальної) організації окремої комп'ютерної лабораторії, програмно-апаратним засобам відповідної обчислювальної мережі, яка складається з ланцюга Intragrid – Extragrid – Intergrid. Впровадженням GRID-технології ми одержуємо не просто інформаційну систему, а своєрідний інтелектуальний регулятор, що сполучує переваги систем програмного керування із гнучкими системами, що працюють на основі синтезу керуючого впливу. Такі властивості регулятора обумовлюють надання своєрідного інтелекту програмно-апаратної системі забезпечення функціонування складових GRID-технології як складової частини інтелектуальної технології управління рухом наземного транспорту великих міст та регіонів.

Можна висловити твердження про те, що обчислювальна мережа транспортної організації являє собою уніфікований програмно-апаратний комплекс, у якому паралельно виконуються такі програмні модулі: офісні додатки, програмні засоби Інтернету, системи автоматизації проектування та моделювання та спеціальні програмні комплекси. Їх створення базується на досвіді використання розподілених систем. Тому для їм властиві: прозорість; віртуалізація; гнучкість; масштабованість; з'єднання користувачів з ресурсами;

захищеність та надійність передачі та обробки інформації. Ці принципи організації роботи GRID-системи для рішення задач транспортного типу досягаються за рахунок як апаратної реалізації, так і правильним вибором програмної платформи. Вона повинна відповідати вимогам стандартизації та уніфікації відповідним програмно-апаратним рішенням у створенні комп'ютерного середовища роботи транспортної організації.

Основні положення стандарту архітектури програмного забезпечення GRID - OGSA (Open Grid Service Architecture) є об'єктно-орієнтованою моделлю та розглядають у якості основного об'єкта GRID-службу. За допомогою віддаленого звертання до методів GRID-служби додаток одержує певний вид обслуговування. У такий спосіб уніфікуються різні функції програмної платформи будь-яких та транспортних організацій: доступу до обчислювальних ресурсів, ресурсів зберігання, базам даних та до будь-якої програмної обробки даних.

4.2. Інформатизація транспортної інфраструктури

Середовище виконання GRID-служб, у якій є пул ресурсів з єдиним керуванням, здійснюється менеджером ресурсів. Запит, що надходить на інтерфейс служби перетворюється у форму завдання для менеджера ресурсів. Основними функціями менеджера ресурсів є виділення ресурсів для завдання та підтримка їх виконання (рис.4.4).

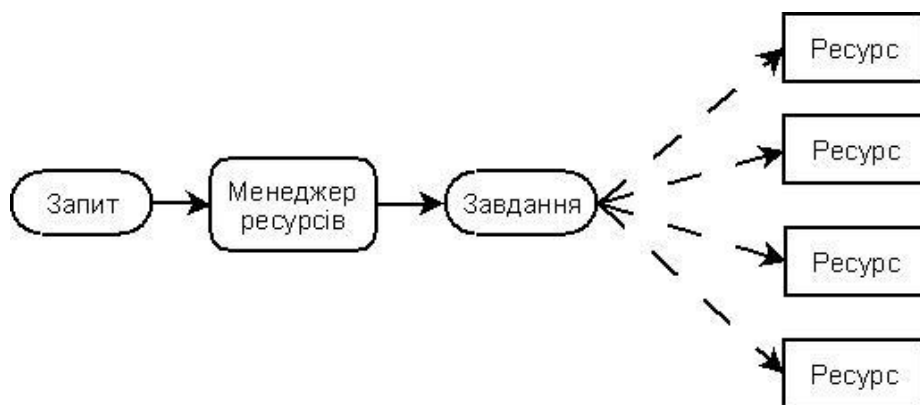


Рис.4.4. Віртуалізація за допомогою менеджера ресурсів

Перехід на архітектуру (стандарт) OGSA є важливою, оскільки стає можливим підтримка як наукових (e-science), так і виробничих додатків (e-business), що функціонують у просторово розподіленому середовищі GRID. Globus Toolkit, як стандарт програмної підтримки GRID засновано на архітектурі OGSA та виділяє дві частини. Перша – це базова програмна інфраструктура Open Grid Services Infrastructure (OGSI), яка містить підтримку загальних для всіх служб методів. Друга частина включає служби керування завданнями, передачі файлів, інформаційного обслуговування й безпеки.

У рамках проекту Globus розвиваються багато напрямів – проекти «інкубатору», тобто проектів, що стали окремим напрямом розвитку проекту Globus (рис. 4.5).

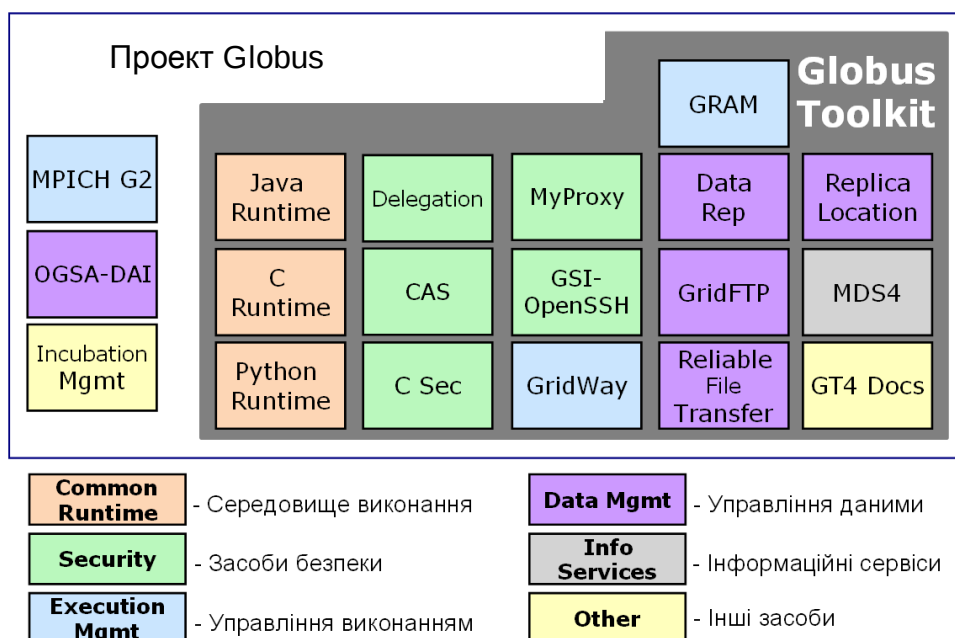


Рис. 4.5. Структура проекту Globus

В своїй більшості GRID-проекти мають мету забезпечення користувачів доступом до ресурсів продуктивних обчислень. При чому, ці групи можуть бути віртуальними, тобто складатися із фахівців, що знаходяться навіть у транспортних організаціях або є просто окремими учасниками руху. Ідея GRID полягає у наданні необхідних обчислювальних потужностей для вирішення складних задач. На відміну від кластерних рішень, GRID-системи є розподіленими гетерогенними комп'ютерними ресурсами, котрі можуть включати до себе кластерні рішення. Функція планувальника задач такої сис-

теми полягає у знаходженні вільного ресурсу для вирішення поставленої задачі. Це відрізняється від планування виконання задач на кластері тим, що кластер передбачає можливість розпаралелювання задачі на окремі модулі, що будуть виконані на однорідних вузлах. GRID-системи базуються на порівняно ненадійних комп'ютерних системах, що можуть відмовитися, або бути зайнятими вирішенням інших задач, однак планувальник задач повинен враховувати ці обставини.

Така GRID-система базується на розподілу та керуванню ресурсами – GRAM (Grid Resource Allocation Management); службі мета каталогів MDS (Meta Directory Service), що здійснює виявлення інформації про систему; інфраструктурі безпеки – GSI (Grid Security Infrastructure), яка підтримує одноразову реєстрацію, делегування повноважень та відображення сертифікатів. Інструментарій Globus Toolkit включає засоби для реалізації відсутньої функціональної можливості. Так Globus Toolkit містить довідкове програмне забезпечення для одержання інформації про структуру та стан різних видів просторово розповсюджених ресурсів таких, як комп'ютери (версія операційної системи, конфігурація апаратури, навантаження, ситуація в черзі планувальника), системи зберігання (наприклад, про доступний простір) та мережі (наприклад прогнозоване завантаження). З іншого боку, як правило, керування ресурсами є сферою дії локальних менеджерів ресурсів рис. 4.6.

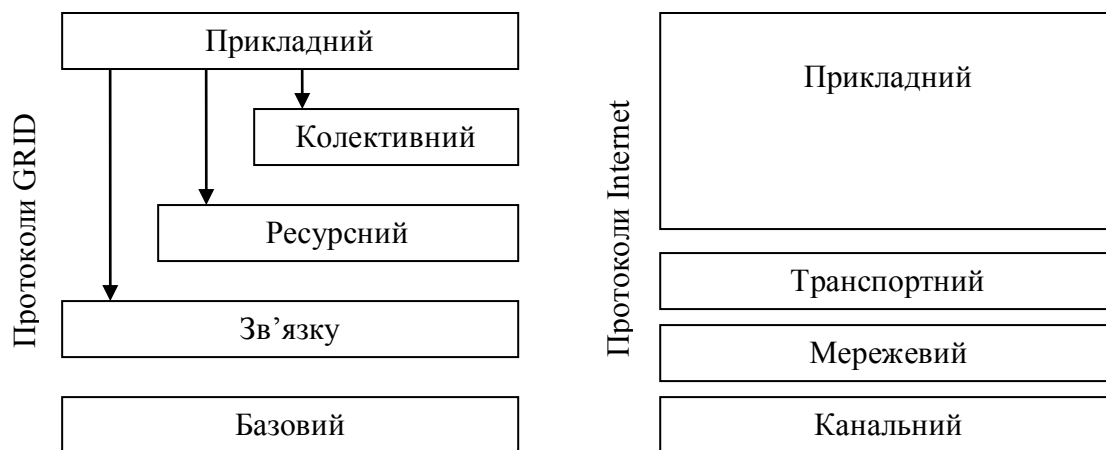


Рис.4.6. Відповідність архітектури протоколів GRID до рівнів архітектури протоколів Internet

Структурно GRID-системи складаються із трьох складових: розподілені ресурси для виконання продуктивних обчислень, розподілені системи збереження даних та системи забезпечення розподілення навантаження на канали зв'язку. Зараз існує багато програмних рішень, що забезпечують платформу для впровадження GRID. Наприклад, проект Globus Toolkit (<http://www.globus.org/>) забезпечує необхідними інструментальними засобами наукові та комерційні GRID-рішення. З цим пакетом можна легко ознайомитися завдяки проекту Instant-Grid (<http://www.instant-grid.org>). Instant-Grid є дистрибутивом Linux, що має встановлені компоненти для розгортання GRID-додатків. Це так званий Live-CD, що передбачає запуск із компакт-диску без установки системи на жорсткий диск комп'ютеру.

Система Instant-Grid має зручний інтерфейс користувача, який оснований на використанні технологій подання даних web-браузером (рис.4.7). Ця система поєднує, як програми, що виконуються у консольному режимі, так і графічні додатки. У дистрибутиві реалізовано багато рішень Globus Toolkit, наприклад: компонент WS-GRAM для управління задачами, що вирішуються у системі, система GridFTP для обміну файлами та система віддаленого входу до машин-клієнтів по захищеному каналу GSISSH.

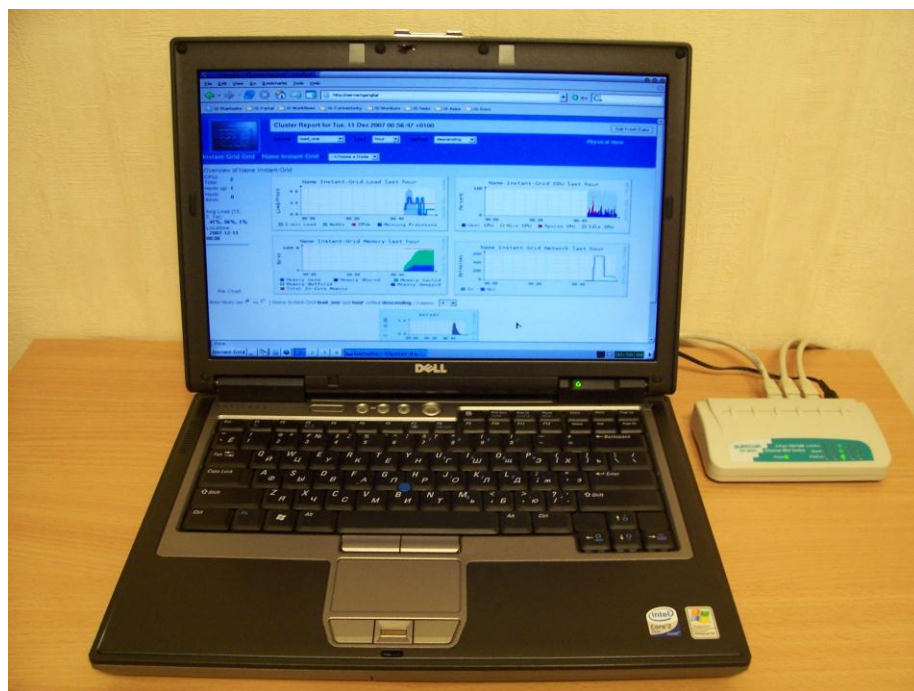


Рис.4.7. Приклад роботи системи Instant-Grid

Проаналізував програмні рішення для впровадження GRID, із врахуванням швидкості розгортання та кількості готових рішень, а також ціни відповідних систем, можна стверджувати, що найкращим, є вибір рішень на базі вільного програмного забезпечення. Тому найбільш привабливим для транспортних організацій є використання операційної системи GNU/Linux, як платформи для втілення GRID-проектів. Загалом можна затверджувати, що класична GRID-система основана на UNIX-подібній операційній системі, базується на рішеннях на основі високопродуктивних кластерів та забезпечує координацію цих великих об'єднань обчислювальних ресурсів, що надаються у розпорядження груп користувачів за необхідністю.

Центральним місцем у GRID-системі є Інтернет-портал де повинні бути сконцентровані, як засоби керування проектами, інформаційні ресурси, так і виконуватися координація обчислювальних ресурсів та збереження даних, а також відбиватися результати моніторингу стану обчислювального середовища та комунікаційних ресурсів. GRID-системи дозволяють поєднати гетерогенні розподілені ресурси транспортних організацій, забезпечить їх продуктивне використання для внутрішніх потреб, а також надання відповідних послуг партнерам.

Найкращим рішенням для організації системи моніторингу стану такої обчислювальної мережі транспортних організацій регіонального або місцевого рівня може стати організація виділеного серверу. Така система повинна відбивати стан компонентів мережі та сповіщати адміністратора про нештатні ситуації. Організувати такий сервер можна на базі відкритої операційної системи Linux. Наприклад, можна застосувати дистрибутив Debian чи CentOS (<http://distrowatch.com/>). Однак, виділений сервер для моніторингу стану обчислювальної мережі може доповнити, чи замінити спеціальний компакт-диск із Linux, що не потребує процесу встановлення на жорсткий диск. Так званий Live-CD дозволяє запустити операційну систему з цього диску без впливу на комп'ютер користувача.

На рис. 4.2 наведено приклад моніторингу кількості трафіку (було застосовано пакет ntop, <http://ntop.org>), що проходив крізь мережу, яка практично було досліджено автором.

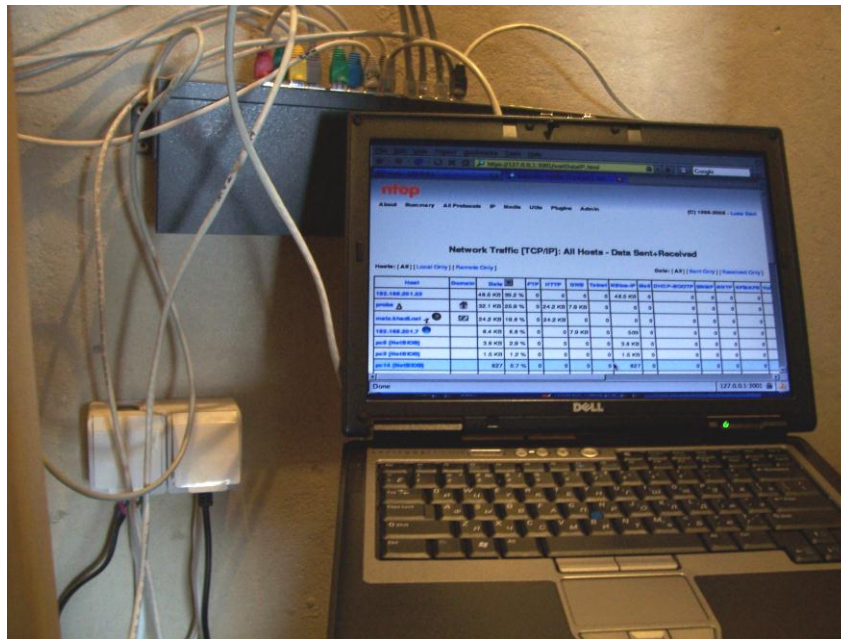


Рис. 4.8. Моніторинг стану локальної мережі

Для цього використано комп'ютер типу ноутбук із встановленою операційною системою Windows XP Professional. Завдяки запуску NST цей комп'ютер було перетворено в потужний пристрій аналізу стану локальної мережі, а згодом комп'ютер повернувся до вирішення задач мобільної пересувної лабораторії кафедри Мехатроніки АТЗ без втрати його функціональності.

Таким чином, на основі визначеного досвіду висловимо твердження про можливість моніторингу стану локальної мережі як засобами на базі Centos 4, так і NST 1.5.0. Завдяки безлічі інструментів, які входять до NST та його мобільності, системний адміністратор безумовно буде використовувати інструменти цієї системи у повсякденній праці.

Для організації, що має невеликий територіальний розмір та порівняно невеликі обчислювальні потужності, наприклад ІТ-відділ транспортного профілю, класичні рішення GRID-технологій приваблюють можливістю отримання відповідних ресурсів для виконання продуктивних обчислень. Тому, ІТ-інфраструктура такого транспортного підприємства повинна мати можливість підключення до високошвидкісних каналів зв'язку GRID-систем. Для транспортної організації, що користується комп'ютерним ресурсом навчального закладу України це – застосування мережі УРАН поряд із VPN-доступом, для забезпечення прозорості роботи в межах внутріш-

ньої обчислювальної мережі, поряд із забезпеченням захищеного віддаленого доступу для користувачів через відкриті канали мережі Internet.

Таким чином, IT-інфраструктура повинна мати відмінності, що властиві GRID-системам для поєднання наявних ресурсів та отримання додаткових джерел для продуктивних обчислень. Вона повинна базуватися на технологіях web 2.0, що спрощують взаємодію як самих користувачів, так й їх взаємодію із інтерфейсами складних додатків. Технологія віртуалізації серверів, забезпечить для такої системи прозорість використання операційних систем та серверних додатків відносно різноманітного апаратного забезпечення відповідних систем.

Відмінною рисою використання IT-інфраструктури GRID-системи є розпаралелювання обчислювальних процесів. У ньому є три додаткових, чітко визначених етапи. Визначення паралелізму: аналіз завдання з метою виділити задачі, які можуть виконуватися одночасно. Знаходження паралелізму: зміна структури завдання так, щоб можна було ефективно їх виконувати. Для цього часто потрібно знайти залежності між задачами і організувати початковий код так, щоб ним можна було ефективно управляти. Реалізація паралелізму: створення паралельного алгоритму в початковому коді за допомогою системи позначень паралельного програмування (за матеріалами: Тим Мэттсон, Андрей Чернышев. Введение в технологии паралельного програмування. [http:// softwarecommunity-rus.intel.com/ articles/ rus/ 1252.htm](http://softwarecommunity-rus.intel.com/articles/rus/1252.htm)).

Якщо розглядати перший з цих етапів, то тут дуже важливо знати два основні способи розділення завдання на дрібніші фрагменти: декомпозицію даних та функціональну декомпозицію (за матеріалами: Мэтт Джиллесли. Масштабування програмної архітектури для багато ядерних обчислювальних систем майбутнього <http://softwarecommunity-rus.intel.com/articles/rus/1276.htm>).

У основі декомпозиції даних лежить досить простий принцип. Завдання, які припускають багатократне виконання однакових операцій з різними фрагментами даних, можна розбити, виділяючи фрагменти загального набору даних окремим потокам для паралельної обробки. Класичними прикладами декомпозиції даних можуть служити застосування фільтру або графічного ефекту до зображення. Якщо виділити кожному з декількох потоків певну частину зо-

браження, то кожен з них може слідувати необхідному алгоритму, піксел за пікселом, поки робота не буде завершена. Кожен з цих «робочих» потоків координується головним потоком, який спостерігає за всіма завданнями, щоб забезпечити узгодженість кінцевого результату. Як можна відмітити, в даному прикладі розподіл навантаження між окремими потоками є відносно простим, оскільки кожен частину роботи можна визначити як деяке число пікселів.

У основі функціональної декомпозиції лежить схожий принцип. Він полягає в тому, щоб визначити окрему операцію, яка повинна виконуватися в будь-який визначений час, і призначити програмний потік кожній з таких операцій. Наприклад, текстовий процесор повинен постійно оновлювати екран, щоб відобразити зміни даних, виконувати у фоновому режимі збереження, а також перевіряти правопис. Кожне з цих завдань, очевидно, можна призначити окремому потоку для окремого і незалежного виконання. Крім того, буде потрібно ще координуючий головний потік, як в прикладі декомпозиції даних. Розподіл навантаження у разі завдань з функціональною декомпозицією є декілька складнішим, ніж для завдань з декомпозицією даних, оскільки оцінити об'єм роботи для кожної підзадачі досить важко.

Кожен з етапів паралельного програмування є важливим. Але зупинимося більш докладніше на етапі реалізації паралельного алгоритму в початковому коді, за допомогою системи позначень паралельного програмування. Такою системою позначень можуть служити мова паралельного програмування, прикладний програмний інтерфейс (API), реалізований за допомогою бібліотечного інтерфейсу, або розширення до існуючої мови послідовного програмування.

Розглянемо приклад паралельної програми перемножування матриць з точки зору застосування технологій паралельного програмування. У рішенні задач щодо оптимізації та удосконалювання транспортних систем, машин і технологій доводиться обчислювати задачі обробки великих обсягів даних. В умовах великого міста, або регіону для упорядкування транспортної інфраструктури доводиться аналізувати состав транспортних потоків, дані про технічні характеристики великої кількості рухомих транспортних засобів за типами та відомчою належністю. Процедури оброблення такої інформації відносяться до області дослідження операцій, математичного

програмування та вирішення задач обробки табличної інформації, вирішення лінійних та диференціальних рівнянь.

Матричні обчислювання є найбільш типовими обчислювальними процедурами та знаходять широке застосування у вирішенні різних задач у наукових дослідженнях на транспорті. Найбільш розповсюдженим стандартним алгоритмом перетворення даних прямокутних матриць є їх перемножування. Крім того програмна реалізація такого алгоритму відповідає практиці вирішення завдань паралельних обчислювань. Це пояснює вибір у якості тестового прикладу для доведення можливості застосування на будь-якому рівні інформаційної інфраструктури транспортної організації вирішення задачі перемножування матриць, визначеної розмірності, паралельно із безперервною роботою комп'ютерного забезпечення (робота з офісними додатками, в Internet та у навчальному середовищі CAD/CAM/CAE).

Можна стверджувати, що розмірність математичних задач у транспортній галузі складає порядку 10^5 та вище елементів, які групуються у табличному уявленні. Найбільш типовою сукупністю транспортних об'єктів є прямокутна таблиця або матриця. Числові методи, що ґрунтуються на перетворенні матриць є не тільки засобом вирішення транспортних задач. Вони дозволяють глибоко проникнути у сутність вирішення проблем транспортного комплексу. Для простоти реалізації прикладу застосуємо квадратні матриці. Як розмір матриці в програмі виступатиме константа MATRIX_DIM, тобто матриці матимуть розмірність MATRIX_DIM x MATRIX_DIM.

Алгоритмів множення матриць існує досить багато, кожен з них трохи ефективніше виконує обчислення або оптимізований для певного типу матриць. Розглядатимемо стандартний алгоритм множення матриць, на прикладі застосування мови C:

```
for(int i=0;i<MATRIX_DIM;i++)
    { for(int j=0;j<MATRIX_DIM;j++)
        { for(int k=0;k<MATRIX_DIM; k++)
            { c[i][j] += a[i][k]*b[k][j]; } } }
```

Масиви a і b – відповідають початковим матрицям, що перемножуються. Масив c – є матриця-результат. Масиви a і b в програмі будуть представлені у вигляді динамічних масивів. Для простоти реалізації вхідні матриці заповнимо індексами рядка і стовпця для

масиву a і b відповідно. Це дозволить швидко виконати перевірку результату тому, що при такій реалізації матриця b є транспонованою версією матриці a . При виконанні множення таких матриць отримуємо результат у якому елементи i -го рядка дорівнюють елементам i -го стовпця.

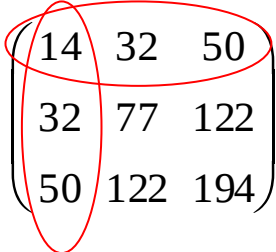
$$\begin{pmatrix} 1 & 2 & 3 \\ 4 & 5 & 6 \\ 7 & 8 & 9 \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} 1 & 4 & 7 \\ 2 & 5 & 8 \\ 3 & 6 & 9 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 14 & 32 & 50 \\ 32 & 77 & 122 \\ 50 & 122 & 194 \end{pmatrix}$$


Рис. 4.9. Результат множення матриці на транспоновану

Відповідна процедура може бути записана таким чином:

```
#include <math.h>
#include <iostream.h>
void main(int argc, char **argv)
{ long int MATRIX_DIM = 10000; // Розмір матриць
  float** a, ** b, ** c; // Створення динамічних масивів
  a = new float*[MATRIX_DIM];
  b = new float*[MATRIX_DIM];
  c = new float*[MATRIX_DIM];
  for(int i=0; i<MATRIX_DIM; i++)
  {
    a[i] = new float[MATRIX_DIM];
    b[i] = new float[MATRIX_DIM];
    c[i] = new float[MATRIX_DIM];
  }
  for(int j=0; j<MATRIX_DIM; j++)
  // Заповнення масивів індексами рядка і стовпця
  { a[i][j] = i+1; b[i][j] = j+1;
    c[i][j] = 0; } // Обнуляємо масив
  for(int i=0; i<MATRIX_DIM; i++) // Множення матриць
  { for(int j=0; j<MATRIX_DIM; j++)
    { for(int k=0; k<MATRIX_DIM; k++)
      { c[i][j] += a[i][k]*b[k][j]; }}}
  for(int i=0; i<MATRIX_DIM; i++) // Виведення результату на екран
  { for(int j=0; j<MATRIX_DIM; j++)
    cout<<c[i][j]<<"t"<<"n"; } }
```

Курсивом виділені ділянки коду, що можна розпаралелювати. Не всі цикли в цій програмі можна розпаралелювати, наприклад: цикл, де створюються динамічні масиви, не можна розпаралелювати, оскільки в цієї конструкції відбувається виділення пам'яті, а це як відомо процес, що не може складатися із процедур, що виконуються паралельно. Також небажано розпаралелювати цикл отримання результату – це може привести до того що елементи масиву виводяться в невірному порядку на екран.

Згідно висловленої концепції єдиного інформаційного простору транспортних організацій для її реалізації потрібні паралельні обчислювання на базі гетерогенних розподілених комп'ютерних ресурсах. Відповідно до зростання апаратного паралелізму архітектура програмного забезпечення теж повинна удосконалюватися, інакше відставання в продуктивності ставатиме все більш помітним. Наприклад, в двохядерній системі програмне забезпечення без підтримки багатопотоковості може використовувати тільки 50% від теоретичної потужності процесора. Це значення знижується до 25% у чотирьох ядерній системі. При зростанні кількості ядер процесора відставання в продуктивності, пов'язане з відсутньою або неповною підтримкою багато потоковості, також ростиме в геометричній прогресії.

4.3. Обчислювальний кластер транспортної організації

Розглянемо практику перетворення завдань послідовного виконання процедур обробки даних у транспортній організації в умовах роботи GRID. Оптимальним для цього є використання поширеної технології паралельних комп'ютерів з розподіленою пам'яттю – MPI (<http://www.mpi-forum.org/docs/mpi2-report.pdf>). Основним способом взаємодії паралельних процесів в таких системах є передача повідомлень один одному (Message Passing Interface – інтерфейс передачі повідомлень). Модель MPI заснована на розділенні набору даних, над якими паралельно працюють декілька однакових процесів.

Програма MPI – це набір незалежних процесів, які взаємодіють між собою за допомогою відправки і отримання повідомлень. Особлива властивість MPI полягає в тому, що цей інтерфейс пред'являє

дуже низькі вимоги до апаратної частини паралельного комп'ютера. Це дозволяє MPI працювати на будь-якій стандартній паралельній системі, від симетричних багатопроцесорних систем до систем з розподіленою пам'яттю, від суперкомп'ютерів з високим ступенем паралелізму до кластерів.

У більшості MPI-програм використовується шаблон «Одна програма – різні дані» (Single Program Multiple Data, або SPMD). У його основі лежить простий принцип: кожен елемент обробки (Processing Element, PE) виконує одну й ту ж програму. Кожному елементу обробки надається унікальний ідентифікатор, який визначає його ранг в наборі елементів обробки. Програма використовує цей ранг, щоб розподілити роботу і визначити, який елемент PE яку роботу виконує. Іншими словами, програма всього одна, але завдяки вибору, зробленому відповідно до ідентифікатора, дані для кожного елементу обробки можуть бути різними.

Ключове поняття MPI – комунікатор. При створенні набору процесів вони утворюють групу, яка може спільно використовувати середовище для зв'язку. Група процесів у поєднанні з середовищем зв'язку утворює унікальний комунікатор. Переваги такої концепції стають очевидними, якщо розглянути використання бібліотек в програмі. При запуску MPI-програми створюється комунікатор за умовчанням, MPI_COMM_WORLD, який передається кожній MPI-підпрограмі, як перший аргумент. Решту аргументів визначають джерело повідомлення і буфери для зберігання повідомлень. MPI-підпрограми повертають цілочисельне значення як параметр помилки, що дозволяє дізнатися про будь-які проблеми, що мали місце при виконанні обчислювальної процедури.

Відповідна структура має такий вигляд

```
void main(int argc, char **argv)
{ ... MPI_Init(&argc, &argv);
    MPI_Comm_Rank(MPI_COMM_WORLD, &my_id) ;
    MPI_Comm_Size(MPI_COMM_WORLD, &numprocs) ;
    // Виконання паралельної частини процедури
    MPI_Finalize(); ... }
```

Функція (MPI_Init) отримує вхідні параметри аргументів командного рядка та ініціалізує середовище MPI. Дві наступні функції приймають, як вхідний параметр ім'я MPI-комунікатору (в даному

випадку це комунікатор за умовчанням) і повертають ранг процесу, що створюється, та загальне число процесів. Ранг використовується як унікальний ідентифікатор процесу. Його значення може лежати в межах від нуля до числа процесів мінус один. В кінці кожної MPI-процедури має бути присутньою підпрограма, що закриває середовище. Ця функція повертає цілочисельне значення, що є кодом помилки (MPI_Finalize).

Інформація про те, скільки процесів створено та на яких процесорах вони працюють, є зовнішньою по відношенню до API-інтерфейсу MPI. Залежно від того, яка платформа підтримує MPI, використовуються різні методи. В більшості випадків це файл головної машини, в якому всі процесори перераховані по іменах. Він передається стандартному сценарію оболонки під назвою `mpirun`, який є на більшості MPI-платформ, для запуску MPI-програми. Деталі цієї простої процедури прив'язані до певної реалізації MPI-середовища.

Між MPI_Init та MPI_Finalize розташовується робоча частина MPI-програми. Велика частина програми є звичайним послідовним кодом, мову якого програміст вибирає сам. У місцях, де потрібний зв'язок або інша взаємодія між процесами, вставляються MPI-функції. У першу версію MPI входило більше 120 функцій, а в останній версії (MPI 2.0) їх кількість ще зросла. Втім, в більшості програм використовується дуже невеликий набір MPI-функцій.

Інтерфейс MPI дозволяє розпаралелювати завдання на розподілених (кластерних) системах. Використання OpenMP ефективно на багатопроцесорних системах із загальною пам'яттю. Якщо обчислювальний кластер побудований з використанням багатопроцесорних комп'ютерів, то сумісне використання MPI і OpenMP дасть ще більшу продуктивність.

OpenMP [omp] – це API-інтерфейс, який є галузевим стандартом для створення паралельних застосувань для комп'ютерів з сумісним використанням пам'яті (<http://www.openmp.org/>). Головне завдання OpenMP – полегшити написання програм, орієнтованих на цикли. Такі програми часто створюються для високопродуктивних обчислень.

OpenMP ґрунтується на моделі програмування «розгалуження-об'єднання» (fork-join). Робота програми OpenMP починається з одного потоку. Коли програмісту потрібно додати в програму паралеле-

лізм, виконується розгалуження на декілька потоків, щоб створити групу потоків. Ці потоки виконуються паралельно в рамках фрагмента коду, який називається паралельною ділянкою. В кінці паралельної ділянки всі потоки закінчують свою роботу і знову об'єднуються разом. Після цього початковий (або «головний») потік продовжує виконуватися до тих пір, поки не почнеться наступна паралельна ділянка (або не наступить кінець програми).

Мовні конструкції в OpenMP визначені як директиви компілятора, які повідомляють компілятор, що він повинен робити, щоб реалізувати необхідний паралелізм. У С і С++ такі директиви називаються «прагми».

Прагма OpenMP завжди має один і той же вигляд:

```
#pragma omp ім'я_конструкції один_або_декілька_операторів;
```

Ім'я_конструкції – це паралельна дія, яка потрібна програмістові, а оператори дозволяють змінити цю дію або управляти середовищем даних, яке спостерігають потоки.

Для створення потоку в OpenMP використовується конструкція «parallel»:

```
#pragma omp parallel  
{ .... A block of statements }
```

Якщо така конструкція використовується без уточнюючих операторів, то число потоків, які створює програма, визначається середовищем виконання (звичайне це число дорівнює числу процесорів або ядер). Кожен потік виконуватиме блок інструкцій, який слідує за прагмою – parallel. Це може бути майже будь-який набір дозволених інструкцій в С, єдиним обмеженням є заборона на переходи всередину цього блоку інструкцій або з нього.

Значна частина паралельного програмування полягає саме в тому, щоб доручити всім потокам виконання одних і тих же інструкцій. Але, щоб використовувати OpenMP повною мірою, необхідно розділити між потоками роботу по виконанню набору інструкцій. Такий тип поведінки називається «Сумісне виконання роботи». Найтиповіша конструкція для спільної роботи – це конструкція циклу for.

У роботі автора [Ст с Лог та Грид ВНЗ] наведено приклад, в якому реалізовано множення матриць з використанням MPI і

OpenMP. Як видно з прикладу, для реалізації такого підходу, досить було змінити код MPI-програми, доповнив її прагмой OpenMP. Для перевірки тверджень про використання MPI-технології в ІТ-відділі транспортної організації було розгорнуто обчислювальний кластер, який побудовано на базі процесорів Pentium 4 3,0 ГГц із підтримкою технології Hyper-Threading. Кожний вузол об'єднаний у комунікаційну мережу Ethernet. Додатково встановлений комп'ютер, що використовується у якості головної машини, що дозволяє виконувати завантаження завдань на кластер (рис.4.10).

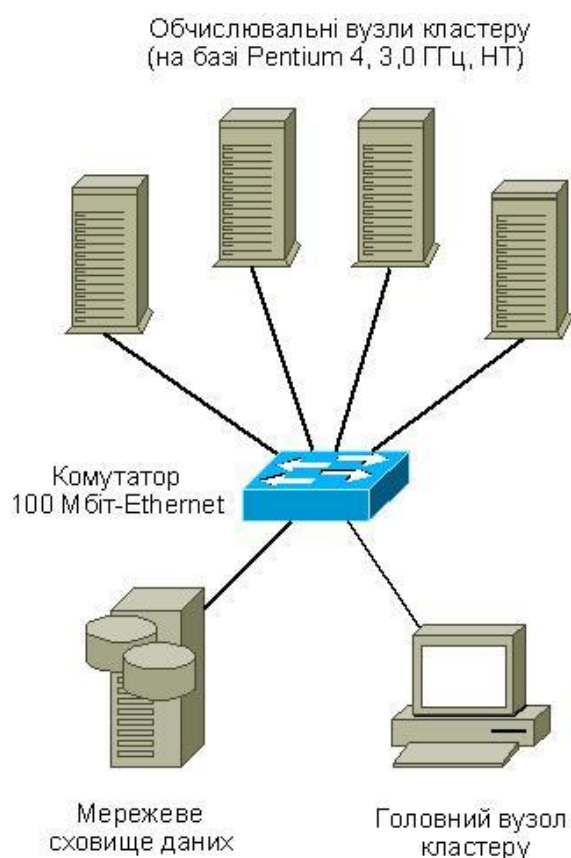


Рис. 4.10. Структура обчислювального кластера

При паралельній обробці завдання розділяється порціями на кілька вузлів, тобто якщо було завдання, яке виконується на одній машині за 1000 операцій, то на N вузлах те ж саме завдання розділиться по $1000/N$ операцій на кожний вузол. У такий спосіб загальний час виконання завдання зменшується приблизно в N раз. У програмах найбільший ресурс для розпаралелювання зосереджено у циклах. Тому, найбільш ефективним способом розпаралелювання є розподіл ітерацій циклів.

MPI програма – це безліч паралельних процесів. Усі процеси створюються тільки один раз, породження додаткових не допускається. Кожний процес працює у своєму адресному просторі й не мають загальних змінних. Основний спосіб взаємодії процесів – це обмін повідомленнями.

Для доведення тверджень про застосування MPI програм було використано MPICH – найпоширенішу безкоштовну реалізацію MPI, що працює на Unix-подібних системах та Windows NT (<http://www.mcs.anl.gov/research/projects/mpich2/>). MPICH2 є високоефективною реалізацією стандартів MPI-1 та MPI-2. Ціллю MPICH2 є: забезпечення реалізації MPI, яка ефективно підтримує обчислення на різних платформах, у тому числі кластерів настільних систем, систем із загальною пам'яттю та багатоядерних архітектур на базі високошвидкісних реалізацій комунікаційних каналів (10 Gigabit Ethernet, Infiniband, Myrinet, Quadrics), а також підтримує запатентовані продуктивні обчислювальні системи (Blue Gene, Cray, SiCortex). MPICH2 забезпечує передові наукові дослідження в MPI за допомогою простого інтерфейсу (Framework).

Розглянемо роботу із MPICH2 у середовищі кластеру на базі операційної системи Windows XP Professional (<http://abuse.edu.ioffe.ru/cluster/wincluster>). Для створення паралельної MPI-програми застосуємо мову C++ у середовищі Visual Studio 2005.

Для початку необхідно створити новий додаток File-New-Project. У типах проектів обираємо Visual C++ Win32, а в шаблонах Win32 Console Application. Вводимо ім'я, наприклад, matrix та вказуємо папку для збереження проекту в розділі Location та натискаємо «Ok». Далі з'явиться вікно майстра налаштувань проекту Win32. У ньому необхідно у вкладці Application Settings встановити позначки на Console Application та Empty Project, після чого натиснути «Finish».

Тепер необхідно додати до проекту файл із кодом програми. Для цього у вікні Solution Explorer треба натиснути правою кнопкою миші по піктограмі Source Files та в списку, що випадає, обрати Add-New Item.

З'явиться вікно вибору типу об'єкта для додавання, де необхідно вибрати в розділі Categories – code, а в розділі Template – C++ File (.cpp). Після цього, вказуємо ім'я, наприклад, main і натискаємо Add (рис. 4.11).

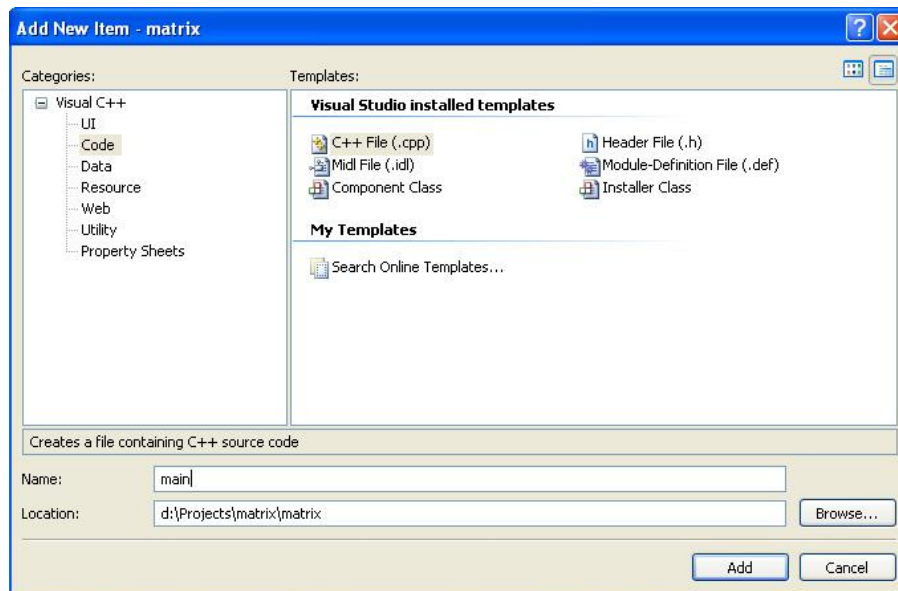


Рис.4.11. Додавання до проекту файлу .cpp.

Тепер необхідно настроїти проект та шляхи для середовища швидкої розробки додатків. У меню Tools-Options, у вікні, що з'явилося, треба вибрати Project and Solutions – VC++ Directories, та вказати шлях для заголовних файлів і бібліотек інтерфейсу MPI (рис. 4.12), які після установки MPICH2 лежать за замовчуванням в C:\Program Files\MPICH2\lib і C:\Program Files\MPICH2\include відповідно для бібліотек і заголовних файлів. Також необхідно додати до проекту бібліотеки sph.lib та mpi.lib. Тиснемо в меню Project-matrix Properties, або комбінацію клавіш Alt+F7. У вікні, що з'явилося, налаштувань проекту розкриваємо список Configuration Properties-Linker-Input і додаємо до поля Additional Dependencies бібліотеки sph.lib і mpi.lib.

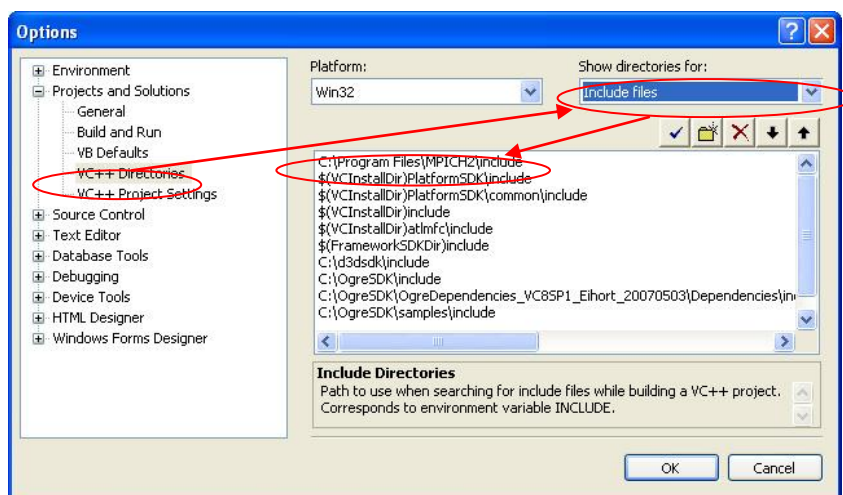


Рис. 4.12. Налаштування Visual Studio. Заголовні файли MPI

Після цього можна приступати до роботи із MPI-програмою. На базі розробленої програми обчислення матриць з використанням бібліотеки MPI було проведено ряд тестів, які демонструють обчислювальні можливості кластера. У якості кластера виступав комп'ютерний клас кафедри мехатроніки ХНАДУ, комп'ютери якого об'єднані у локальну обчислювальну мережу. Комп'ютери вибиралися таким чином, щоб в обчислюванні задачі приймали участь системи з різними конфігураціями. Це продемонструє використання неоднорідного кластера, тобто такого, де його вузли неоднакові за конфігурацією.

Під час виконання тестування обчислювального кластера в комп'ютерній лабораторії всі комп'ютери використовувались постійними користувачами для вирішення звичайних регулярних завдань. Вони працювали в офісних програмах, користувалися Інтернет, деякі запускали програми автоматизованого проектування, зокрема DIP-Trace.

Результати тестування приведені у табл. 4.1 та рис. 4.13. Як видно з таблиці, зі збільшенням кількості обчислювальних процесорів, росте швидкодія обчислювального кластера. У відсотковому значенні помітно, що швидкодія обчислення послідовної програми (тобто запущеної на одному обчислювальному вузлі) менше на 76% ніж паралельної програми, коли в обчисленні приймали участь 6 вузлів.

Таблиця 4.1

Результати тестування кластерного рішення

Тест	Вузли	Робочі процесори	Час роботи, с	Ефективність	
				прискорення	%
1	2	1	5509,19	—	—
2	3	2	2062,25	3446,94	62
3	4	3	1867,78	3641,41	66
4	5	4	1713,21	3795,98	69
5	6	5	1505,36	4003,83	73
6	7	6	1303,4	4205,79	76

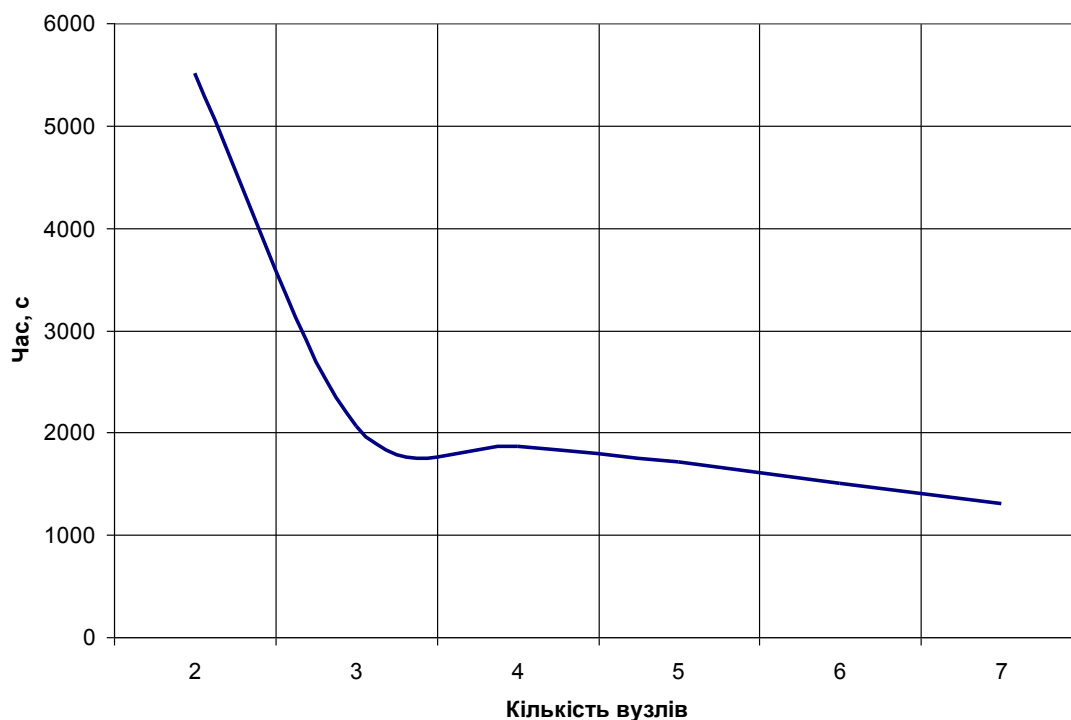


Рис.4.13. Результати тестування кластерного рішення

Конфігурація 1: процесор – Intel Pentium 4, 3000 MHz (Hyper-Threading), системна плата – Intel Bay Field D865GBF, системна пам'ять – 512 Мб. Конфігурація 2: процесор – Intel Pentium 4, 3000 MHz (двоядерний), системна плата – Asus P5GZ-MX, системна пам'ять – 1024 Мб. Конфігурація 3: процесор – Intel Pentium 4, 3200 MHz (двоядерний), системна плата – Asus P5LD2 SE, системна пам'ять – 1024 Мб. Продуктивність MPI-програми можна оцінити шляхом аналізу файлу *. clog, який породжується, якщо на етапі компіляції буде задана опція – mpilog. Для цього використовується засіб візуального перегляду clog-файлів – Jumpshot.

На рис. 4.14 представлено вікно програми, що містить у візуальному вигляді трасу виконання паралельної програми, з графічним відображенням різних функцій MPI та їх тривалість. Окремо відображаються повідомлення та їх параметри.

У разі потреби отримання максимальної віддачі від вузла кластеру перевірено варіант створення обчислювального кластеру на базі операційної системи Linux. Для цього оберемо дистрибутив PelicanHPC, який є швидким рішенням (близько 5 хвилин на розгортання) для створення кластеру високопродуктивних паралельних обчислень (HPC) із використанням технології MPI (<http://pareto.uab.es/mcreel/PelicanHPC/>).

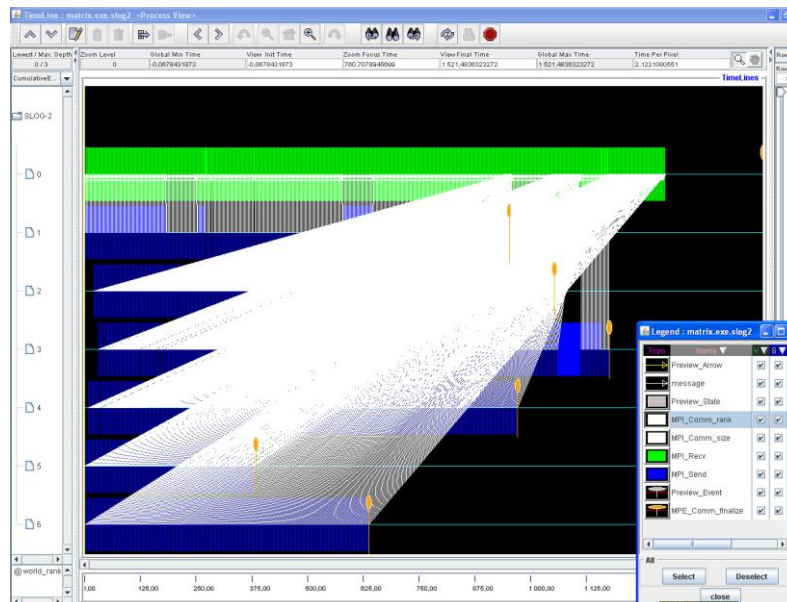


Рис. 4.14. Вікно програми jumpshot

Завдяки технологіям загрузочного диску «live CD» та віддаленого завантаження вузлів, розгортання кластеру можна виконати на обладнанні, що не потребує наявності накопичувачів (рис. 4.15). Тобто, таке рішення є оптимальним для навчального класу. При розгортанні PelicanHPC не буде втрачено даних та попередню конфігурацію комп'ютерів, наприклад, встановлені операційні системи. Тому, після закінчення роботи можна повернутися до звичайної роботи. PelicanHPC підтримує основані на MPI обчислення із застосуванням мови Fortran (77, 90), C, C++, та пакету GNU Octave із використанням MPITB (<http://xgu.ru/wiki/Octave/mpl>). Також PelicanHPC застосовує OpenMPI та LAM/MPI реалізацій MPI.

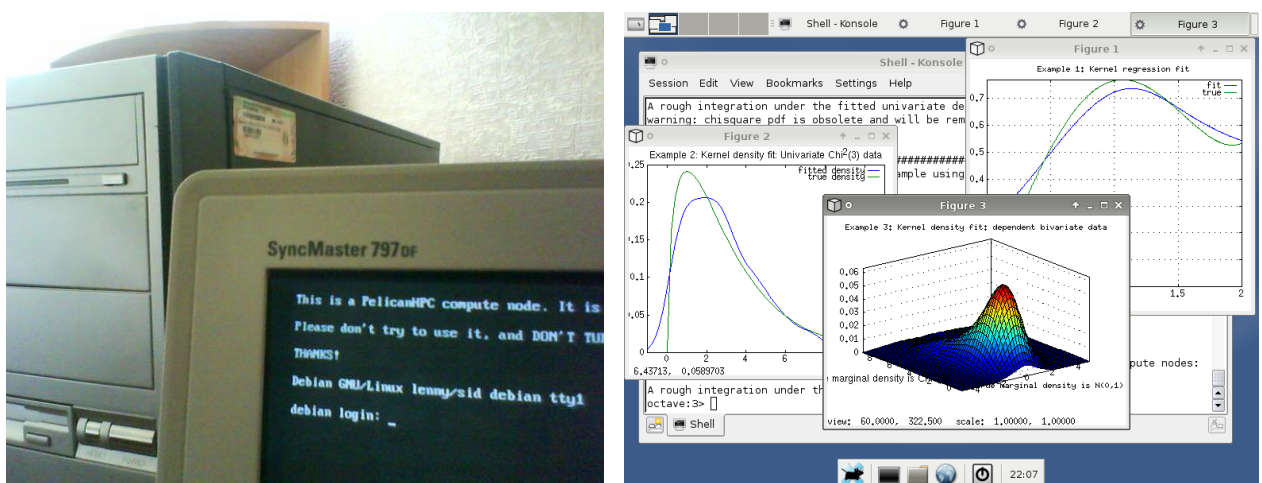


Рис. 4.15. Linux-дистрибутив PelicanHPC

Таким чином, визначені засоби, що дозволяють організувати кластер на звичайних комп'ютерах. Наприклад, такими комп'ютерами можуть бути навчальні комп'ютерні системи, які у разі потреби можна використовувати як платформу для розробки кластерних додатків, так і використовувати як звичайні вузли кластеру.

4.4. Розвиток комп'ютерних ресурсів транспортних систем

Згідно концептуальному визначенню обчислювальної мережі з позиції синергетичного об'єднання різних комп'ютерів у такому обчислювальному середовищі виникають принципово нові проблеми, пов'язані з тим, наскільки здатними до самоорганізації можна вважати подібні комп'ютерні мережі. Така організація комп'ютерних ресурсів є своєрідним аналогом штучних нейронних мереж. В таких мережах при виконанні перетворення великих обсягів інформації кожна машина працює автономно. Однак для вирішення проблем їх сумісної роботи основним стає можливість обміну не тільки результатами цієї роботи, але і вирішенням завдань формування керуючої інформації.

З одного боку, якщо ці комп'ютери жорстко з'єднані один з одним, вони знов-таки являють собою подобу великого комп'ютера. При цьому розподіл завдань між окремими комп'ютерами визначається засобом з'єднання. З іншого боку, ці комп'ютери автоматично встановлюють між собою нові зв'язки. У цьому випадку окремі комп'ютери повинні послати іншим інформацію про те, звідки й куди спрямоване повідомлення, і запит про готовність машини-адресата взяти на себе виконання певного завдання. У відповідь на цей сигнал комп'ютер-приймач, що одержав повідомлення, повинен дати відправникові відповідь про свою готовність (або неготовності) узятися за виконання поставленого завдання. Тому система повинна знайти оптимальне рішення, що має місце при самоорганізації шляхів спрямування інформації. Це потребує постійно виконувати моніторинг стану кожної машини, вузлів обробки та передачі даних. На відміну від відомої послідовності перетворень, у такої гнучкої комп'ютерній системі звичайні вимірювальні операції змінюються на процедури структурного, семантичного й прагматичного

аналізу. Звичайна лінійна послідовність дій, прийнята в інформаційно-вимірювальних системах, доповнюється рекурсивними процедурами імітації й прийняття рішень і, як наслідок, – доповненням зворотнього зв'язку контурі прийняття оптимальних рішень щодо вибору раціонального шляху передачі даних та відповідного розподілу завдань машинам мережі. Така узагальнена схема проходження моніторингових сигналів у комп'ютерних системах передбачає не тільки нормалізацію вимірювальної інформації, але і її структурний, змістовий (семантичний) та прагматичний аналіз з точки зору оцінки ефективності рішення відповідної задачі у залежності від попереднього стану машини, що оцінюється. Таким чином, ми одержуємо не просто інформаційну систему, а своєрідний інформаційний регулятор, що сполучує переваги систем програмного керування із системами, що працюють на основі синтезу керуючого впливу [60–62, 66]. Комп'ютери, об'єднані в подібну мережу, розподіляють завдання між собою й вирішують їх паралельно, потім переходять до нового розподілу й т.п. У цьому випадку при розподілі завдань між окремими комп'ютерами виникають періодичні коливання, у результаті чого кожний окремий комп'ютер пропускає через себе колосальний потік інформації.

Далі наведено схема такого моніторингу (рис. 4.16).

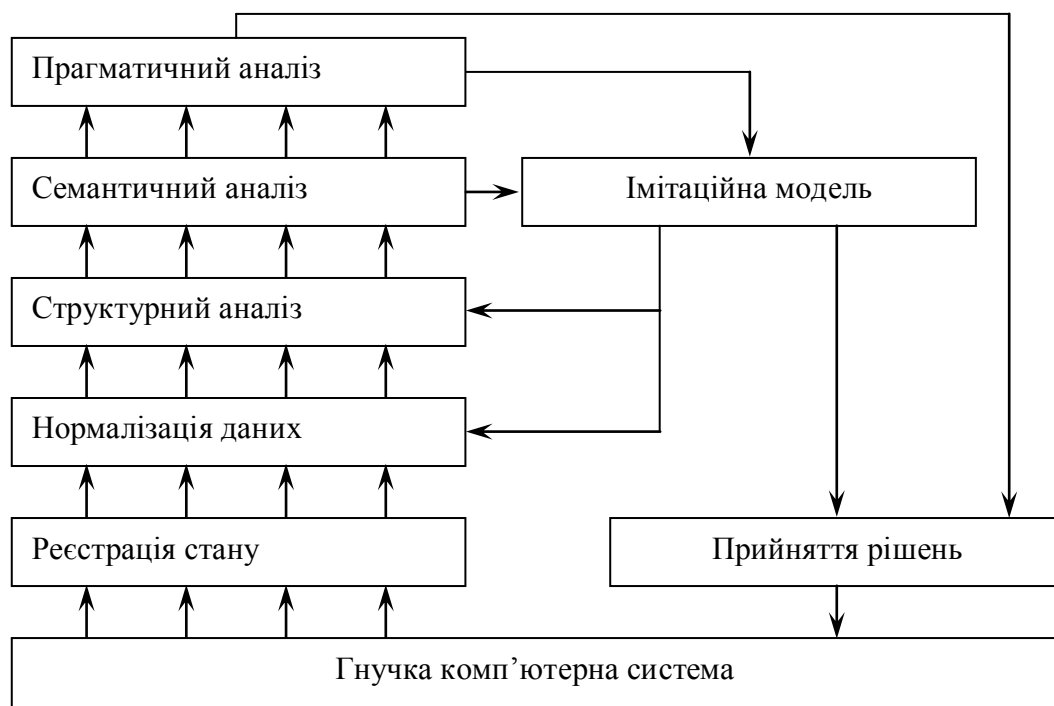


Рис. 4.16. Узагальнена схема моніторингу комп'ютерної системи

Можливі ситуації її недостатньої стійкості (можливість виникнення коливань). Синергетика може допомогти уникнути виникнення подібних негативних явищ [35, 36]. Скористаємося аналогією з теорією штучних мереж нейронів. Багаторазовий розподіл завдань у комп'ютерній мережі можна використовувати для зміцнення спочатку слабого зв'язку між окремими комп'ютерами. При цьому в дію вступає принцип конкуренції, що забезпечує “виживання” найбільш ефективних зв'язків за аналогією з процесами навчання у штучних нейронних мережах [38, 67].

У такому разі процедура моніторингу стає підсистемою інтелектуальної системи керування роботою мережі [68]. Вона відповідає на запитання, що буде коли обрано конкретну машину для рішення задачі реалізації фрагменту програми обробки даних та шлях передачі результатів попередньої обробки. У такому випадку можливо, що в комп'ютерних мережах – подібно тому, як це відбувається в інших синергетичних системах, – раптово виникнуть нові більш ефективні об'єднання комп'ютерів, що спрямовані на новий розподіл завдань між окремими комп'ютерами. Таким чином, у разі впровадження GRID-системи у існуючому середовищі обчислювальної мережі та у разі її упорядкування, впровадження ведеться у інтелектуальному просторі комп'ютерної системи з механізмами адаптації до множини конкретних завдань забезпечення навчального процесу та керування ВНЗ для паралельного рішення наукових задач.

Тому першим етапом до застосування GRID-технологій у існуючому середовищі обчислювальної мережі транспортного ВНЗ є динамічним аналізом навантаження окремих комп'ютерних лабораторій та вузлів LAN транспортних організацій.

GRID-системи не є винятком. Їх функціонування цілком залежить від специфіки системного адміністрування відповідних комп'ютерних мереж. Тому для вирішення проблеми використання GRID-технологій потрібно вирішувати проблеми інтеграції технічного забезпечення комп'ютерних ресурсів, їх користувачів та системних адміністраторів мережі. Створення таких організаційно-технічних комплексів потребує широкого застосування інтегрованих систем автоматизації проектування від визначення функціональної та структурної схеми до розробки, моделювання та оптимізації усіх складових такого комплексу, його програмної та апаратної частини.

Практично по термінології автоматизації керування така комп'ютерна система є комплексом, що інформаційно радить системному адміністратору. Він працює в режимі реального часу у обчислювальному середовищі паралельного виконання завдань та безпечного підключення до приватної VPN мережі. Це здійснюється через загальнодоступну мережу Internet, а не за допомогою міжміських телефонних дзвінків або оренди приватного виділеного каналу зв'язку (рис. 4.17).

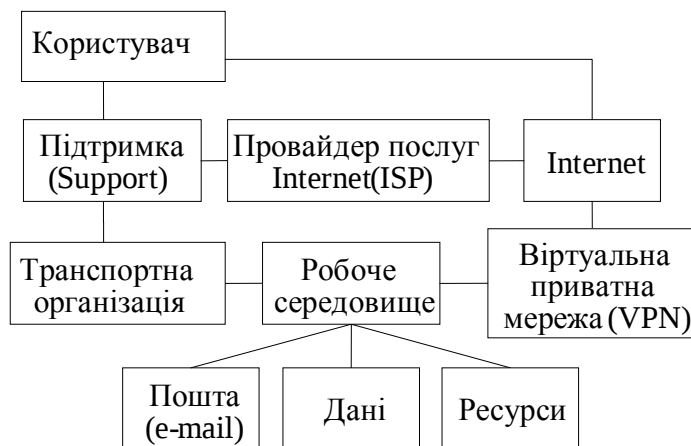


Рис. 4.17. Структура організації віртуального середовища користувача GRID-системи

Створення GRID-систем у транспортних організаціях для отримання додаткових комп'ютерних ресурсів з метою одночасного (паралельного) рішення складних обчислювальних задач повинно виконуватися з урахуванням прозорості, віртуалізації, сумісного використання, масштабування та інших принципів раціонального функціонування розподілених систем.

Поряд з цим впровадження організаційно-технічної GRID-системи має властивості стійкості, синергізму, збігу, узгодження та найбільшого впливу згідно з висловленими твердженнями. Для їх доказу наведемо такі визначення: S – структура; $S_{\text{л}}$ – лінійна структура; $S_{\text{І}}$ – інформаційна структура; $S_{\text{м}}$ – матрична структура; $(+/-)$ – означає введення (виключення) елементів; $(\rightarrow)$ – операція спрямованості передачі інформації, або підпорядкованості елементів; $()$ – операція послідовності або формування груп елементів; P – елемент керування; U – елемент виконання; I – інформаційний елемент; $q(t)$ – СДП; $\xi_{\text{фіз}}$, $\xi_{\text{спож}}$ – фізичний і споживчий пороги розрізнення транспортних СДП.

Твердження 1: Будь-яке додавання елементів одного типу не змінює функції відповідної структури S

$$S(P + P; U + U; I + I) = S(P; U; I). \quad (4.1)$$

Наслідок 1.1: властивість – «стійкості», що визначає структура S , існує тільки в тому випадку, якщо є хоча б один елемент P та елемент U , а додавання елемента I не змінює якість об'єкта, вузла або модуля GRID- системи

$$S_l = P + U; S_I = (P \leftrightarrow I) + U; S_m = (P + U) + \dots + (P + U) \dots \quad (4.2)$$

Наслідок 1.2: властивість «синергізму» – тип і характеристики GRID-системи принципово не змінюються при доповненні, введенні в існуючу структуру ідентичних елементів

$$S\{P + P = P; U + U = U; I + I = I\} = S(P; U; I). \quad (4.3)$$

Наслідок 1.3: властивість – «збігу» GRID-системи потребує забезпечення збігу функціональної з організаційною структурою (кількість рівнів, підсистем і ланок є оптимальними тільки за цією умовою);

Твердження 2: GRID-система працює ефективно при однаковому фізичному і споживчому розрізненні СДП її підсистем і ланок за аналогією із відповідним збігом пропускної здатності послідовних ланцюгів інформаційної системи.

Наслідок 2.1: властивість «узгодження» передбачає, що керованість GRID-системи є окремим випадком умови ефективної роботи інформаційних багатошарових утворень, мереж та полягає в узгодженні пропускної здатності складових їхніх рівнів – шарів і особливостей співвідношення порогів розрізнення:

$$\xi_i = \xi_{i+1}, \quad (4.4)$$

де $\xi_i \rightarrow \xi_{\text{фіз.}}$, а $\xi_{i+1} \rightarrow \xi_{\text{спож.}}$

Наслідок 2.2: властивість «найбільшого впливу», яка полягає у твердженні, що контролювати керовані вузли та структурні елементи ланок GRID- системи слід в моменти часу $t_k = t_i$, в яких вплив цієї ланки на роботу системи на інтервалі часу T СДП досягає найбільшого значення

$$\text{для } t_k = t_i \quad \frac{\partial q(t)}{\partial t} \rightarrow \max \frac{\partial q(t)}{\partial t} \quad \text{при } t_i \in T. \quad (4.5)$$

Згідно визначених тверджень можна визначити, що застосування GRID-технологій є логічним продовженням розвитку сучасних інформаційних систем та обчислювальних мереж. Головна перевага таких систем полягає у керуванні розподіленими ресурсами, що надаються до використання широкому колу споживачів.

Сьогодні стає прозорою межа між державними, корпоративними та приватними системами, що потребують використання GRID-технологій. Це надає можливості застосування платформи таких глобальних структур для ефективного вирішення найскладніших наукових, навчальних та комерційних задач. Така технологія є актуальною для будь якої транспортної організації, автотранспортного підприємства, автобусної станції, транспортних відділів органів міського самоврядування, транспортних управлінь, транспортних наукових організацій та транспортних ВНЗ.

Впровадження GRID-технологій у практику ведення комп'ютерних ресурсів базується на досвіді створення розподілених систем. GRID-середовище можна представити, як складову з двох частин: GRID-ресурси та GRID-сервіси (рис.4.18). Мережеві ресурси складаються з систем, що дозволяють виконувати балансування навантаження на вузлах мережі та забезпечують захист і можливості формування віртуальних мереж VLAN.

VLAN (Virtual Local Area Network) – група пристроїв, які мають можливість взаємодіяти між собою на канальному рівні, хоча фізично при цьому вони можуть бути підключені до різних мережевих комутаторів. Також, навпаки, пристрої, що перебувають у різних VLAN, невидимі друг для друга на канальному рівні, навіть якщо вони підключені до одного комутатору, і зв'язок між цими пристроями є можливим тільки на мережевому та більш високих рівнях.

У сучасних мережах VLAN є головним механізмом для створення логічної топології мережі, що не залежить від її фізичної реалізації. VLAN використовуються для скорочення широкомовного трафіку в мережі. Мають велике значення з погляду безпеки, зокрема як засіб боротьби з несанкціонованим вторгненням до мережевих ресурсів (<http://xgu.ru/wiki/VLAN>).

Розподілені системи збереження даних складаються з різних серверних систем, таких як, відкриті папки комп'ютерів (sharing folders) та FTP-сервіси, NAS, а також Torrent-мережі.

NAS (англ. Network Attached Storage) – мережева система зберігання даних. Така система у більшості випадків є один комп'ютер з великим дисковим масивом, підключеним до мережі Ethernet по протоколу TCP/IP. Часто диски в NAS об'єднані в RAID масив. Кілька таких комп'ютерів можуть бути об'єднані в одну систему, яка забезпечує надійність зберігання даних, легкість доступу для багатьох користувачів та є масштабованою (<http://ru.wikipedia.org/wiki/NAS>).

BitTorrent – відкритий протокол обміну інформацією у мережах типу peer-to-peer. Протокол розроблявся таким чином, щоб полегшити обмін файлами великих розмірів. Принцип роботи протоколу BitTorrent є зменшення навантаження на учасника що розповсюджує певний файл, завдяки тому що клієнти, які його скачують починають обмінюватися даними між собою одразу, навіть поки файл повністю не скачано. Таким чином, клієнти які скачали певну частину великого файлу одразу можуть бути джерелами його розповсюдження. (<http://uk.wikipedia.org/wiki/BitTorrent>). Завдяки захищеному з'єднанню, яке надає VPN-мережа, можна ділитися своїми GRID-ресурсами із партнерами, або навпаки – отримувати такі ресурси у сторонніх організаціях. У разі впровадження визначеного GRID-середовища на IT-підрозділ транспортної організації буде додане навантаження по його підтримці.

Тому логічним буде виділення декількох ключових складових управління інформаційної інфраструктури ВНЗ. Керівництво транспортної організації буде надавати вказівки та отримувати зворотню інформацію безпосередньо від IT-підрозділу, у якому буде виділено центр довідки для спілкування з користувачами. З іншого боку, користувачу треба надати чітку інформацію про роботу системи та її сервіси, а також організувати групову роботу користувачів із засобами впровадження GRID-порталу. Для забезпечення роботи GRID-порталу, треба виділити підрозділ, котрий буде займатися його підтримкою. Слід створити безпосередній зв'язок між керівництвом ВНЗ та групою підтримки GRID-порталу.

Таким чином, буде отримано порівняно децентралізовану систему, де з одного боку, на роботу GRID-порталу будуть впливати користувачі, з іншого – керівництво ВНЗ, а IT-підрозділ буде забезпечувати безперервну роботу цього ресурсу, наприклад, завдяки введенням додаткового резервного серверу GRID-порталу. Між

GRID-ресурсом та користувачем, встають GRID-сервіси, які забезпечують прозорість роботи користувача у новому середовищі. Завдяки комунікаційним сервісам користувачі мережі ВНЗ отримують традиційний доступ до ресурсів Internet. Поряд з цим комунікаційні сервіси надають можливість організації спільної роботи користувачів, як завдяки традиційним засобам, наприклад, обміну повідомлення, так і засобами створення віртуальних організацій, подібними сучасним соціальним мережам. Для реалізації апаратної підтримки GRID-сервісів, оптимальним є надання організацією послуг хостингу, як традиційного web-хостингу, що дозволить організувати приватний web-портал на рівні окремого користувача, так і на рівні спільноти користувачів, що працюють над одним проектом. З іншого боку, віртуальний хостинг надасть можливості рівномірного розподілення серверних ресурсів між користувачами.

Таким чином, буде отримано структуру GRID-середовища транспортної організації або окремого учасника руху, яке за своєю конструкцією також нагадує сітку. При визначенні методології застосування GRID – ці системи треба розглядати, як складні організаційно-технічні. Потрібно не забувати про технологію web 2.0, що надає засоби для самоорганізації користувачів. Також, треба застосовувати засоби віртуалізації для консолідації чи реорганізації обчислювального середовища.

Майбутнє GRID-технологій скоріш за все у Cloud-середовищі. Cloud Computing – віртуальне середовище, що складається із гетерогенних розподілених систем та виконує розподіл необхідних ресурсів для спільноти користувачів на рівні: «Програмне забезпечення + Сервіси». У ролі користувачів можуть виступати, як організації і віртуальні спільноти, що поєднані у соціальній мережі, так й окремі користувачі. Створив свій додаток у «хмарах» розробник автоматично стає постачальником сервісу, хоча додаток працює на обладнанні організації, яка здійснює послуги Cloud Computing. Сервіс передбачає не фіксовану оплату послуг, а розрахунки за фактично використаними ресурсами (<http://www.osp.ru/os/2008/07/5475559>, <http://www.osp.ru/os/2008/07/5478587>).

Першими комерційними рішеннями Cloud Computing були послуги Amazone, Google та інших компаній, що пропонували програмне забезпечення та сервіси своїм користувачам. Зараз на ринок «обчислень у хмарах» виходить Microsoft із своєю платформою Azure

(<http://www.azure.com/>). Можна розглянути приклад застосування цих технологій: організація надає замовлення на розробку певної системи у наукову організацію широкого профілю. Оскільки в неї є проблема із IT-інфраструктурою, не має великих коштів для її придбання то можна орендувати відповідну систему у постачальника Cloud Computing, виконати на цій платформі розробку, як правило – це буде вже сервіс, який потім можна надавати користувачам організації-замовника. З точки зору практичного застосування Cloud Computing – надає можливості балансування між відповідними ресурсами постачальників цих технологій, своїми ресурсами та ресурсами партнерів.

5. СИНЕРГЕТИКА ТРАНСПОРТНИХ МАШИН ТА СИСТЕМ

5.1. Принцип «невпинного розвитку»

Сьогодні розвиток транспортних систем, удосконалення відповідних транспортних засобів та транспортних комунікацій визначається рівнем інтелектуалізації транспорту у цілому. Це є аналогією оцінки рівня досконалості відповідних транспортних машин, середовища руху та транспортної інфраструктури. Саме оцінка рівня технічної досконалості наземних транспортних машин та систем тісно пов'язана з визначенням таких якостей, як автономність, ступінь уніфікації та спеціалізації мехатронних модулів та систем. Далі будемо розглядати це запитання на прикладі автотранспорту. Як будь-яку складну систему автотранспорт можна розглядати двоїсто: як сукупність автономних систем або як розподілену систему.

Взагалі автономна система (autonomous system) – це така системи, яка усі функції з реєстрації, відбиття й обробки інформації виконує безпосередньо в автомобілі, що рухається. Прикладом автономної системи є серія мобільних інформаційно-обчислювальних комплексів (ІОК–ХАДІ), розроблених у ХНАДУ для обстеження автомобільних доріг. Аналогом автономної системи є телематична система легкового автомобіля з показчиком технічного обслуговування, бортовою системою контролю, маршрутним комп'ютером і навігаційною системою для забезпечення роботи спеціальна автомобільна технологія керування – RTI (Road and Traffic Information – система інформації про дорогу і дорожнє середовище). Ця інформація складається з легко розпізнаваних символів на карті, що відображається на моніторі. На монітор також виводиться інформація про стан транспортного засобу, якість роботи двигуна і систем електроживлення.

До розглянутої проблеми приєднується проблема інтегрування в єдиному скомпонованому блоці трьох частин – механічної, електронної і керуючої. Автономність – відмітна ознака мехатронного об'єкта. Однак, наприклад, інтелектуальна керуюча частина транспортного роботу не може бути поміщена на його рухомі частини. Але згідно тверджень, що раніше були доведені [175, 176], впли-

ває, що усі «автономні мехатронні системи», що припускають наявність в їх складі неавтономних модулів. Слід визначити, що це є додатковим підтвердженням доведення справедливості використання для створення транспортних мехатронних систем властивості «автономності» транспортних засобів, формально визначеному у другому розділі роботи як співвідношення (11).

Таким чином, можна розглядати будь-які сучасні транспортні засоби мехатронними. Це є своєрідний обчислювальний комплекс, до рішення системного аналізу та синтезу якого можна підходити, використовуючи загальні принципи інтелектуалізації обчислювальних приладів та пристроїв.

Висловимо припущення про те, що усі складові мехатронної транспортної системи підпорядковуються загальним законам та принципам розвитку складних систем. Це є закон Г. Мура та принцип Т. Макімото.

Так Г. Мур, звернув увагу на тенденцію збільшення потужності обчислювальних пристроїв за експоненціальним законом протягом короткого терміну часу. Виявлена закономірність спостерігається й зараз та є основою для численних прогнозів розвитку відповідної складової мехатронної системи.

Не менш важливу закономірність було визначено Т. Макімото. Він вперше в світі знайшов, що у напівпровідниковій електроніці утворилися різниці в розвитку універсальних та спеціалізованих компонентів. Він зробив висновок, що хвилеподібний розвиток буде продовжуватися і надалі [177].

На рис. 5.1 наведено діаграму, що пояснює «хвилі» Макімото: винаходження транзистора (1947 р.) та інтегральної схеми (1957 р.) розпочали час стандартизованих модулів. Потім з'явилися, спеціалізовані модулі, що переважали за швидкістю та надійністю попередні. Але ми знаємо, що Intel почала розробку набору мікросхем для калькуляторів, яка у результаті в 1971 р. переросла в спеціалізовану інтегральну схему 4004 з можливістю програмування.

На підставі цього можна зазначити, що в індустрії інформаційних технологій не може бути межі обмеження розвитку синергетичного об'єднання різних транспортних засобів, систем та комп'ютерних ресурсів інформаційного забезпечення транспортної інфраструктури на місцевому та регіональному рівні. Наслідком цього є твердження про те, що зміна функціональних та кількісних

характеристик складових частин, вузлів або агрегатів транспортних машин не надає значного впливу на удосконалення їхніх конструктивних особливостей. Це підтверджено практикою створення концептуальних автомобілів, транспортних роботів, які відрізняються як кількісними, так, в основному, якісними характеристиками.

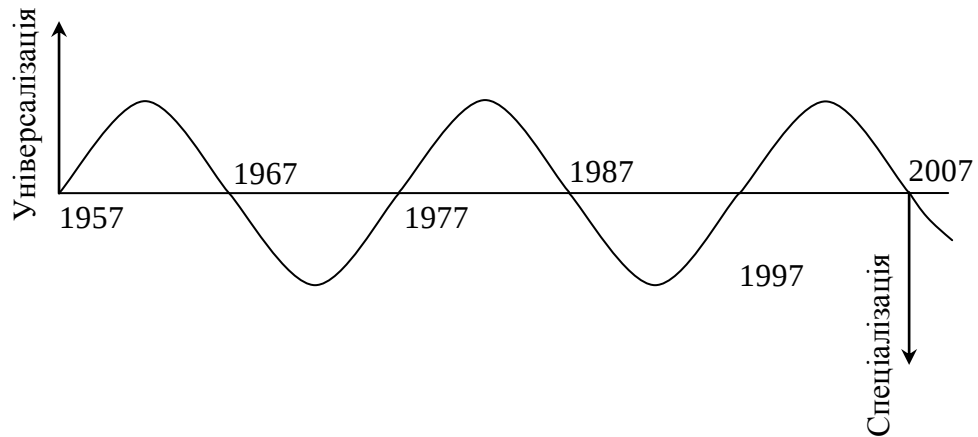


Рис. 5.1. Діаграма, що пояснює принцип Т. Макімото

Відомий закон Мура та принцип Макімото слід розглядати як частковий випадок більш загального принципу синергетичного об'єднання складних об'єктів та систем. Слід визначити цей принцип як – невинний розвиток. Логічним продовженням цього принципу є принцип інтелектуалізації – додання транспортній системі властивостей розумної поведінки.

Для підтвердження цього розглянемо результати аналізу співвідношення рівня спеціалізації та уніфікації рішень щодо створення мехатронних систем на автотранспорті на прикладі розвитку елементної бази пересувних транспортних лабораторій (ПТЛ) та автомобільних телематичних комплексів (АТК), які були розроблені у ХНАДУ для вирішення концептуального обґрунтування проблем розвитку транспортних систем та інтелектуальних технологій їх керування (табл. 5.1).

Якщо переглянути досвід практичної розробки мехатронної системи спостереження за станом автомобільних доріг [8, 105], можна знайти не тільки відповідність за змістом розглянутих законів, але й удосконалення рівня мехатронізації: від застосування систем з оборотним зв'язком до адаптивного управління, використання штучних нейронних мереж, отже, інтелектуалізації автотранспортних засобів та систем [178].

Таблиця 5.1

Оцінка складових АТК ХНАДУ

Мікропро- цесор	Рік	Кількість транзисто- рів	Співвідношення уніфікації та спеціалізації	Модифі- кація автомобі- льних БОК	Застосу- вання бор- тової ЕОМ
4004	1971	2,300	Універсалізація	Пересувна транспорт- на лабор- аторія: ПТЛ- траса	Централі- зована сис- тема обробки даних, що зареєстро- вані ПТЛ
8008	1972	2,500			
8086	1978	29,000			
Intel 286	1982	234,000	Спеціалізація	ПТЛ ІОК- ХАДІ на базі мік- ро-ЕОМ	Автономна система на базі ЕОМ ДЗ-28
Intel 386	1985	275,000			
Intel 486	1989	1,200,0			
Pentium	1993	3,100,00	Універсалізація	ПТЛ ІОК- ХАДІ на базі ПЕОМ типу IBM РС	Автономна система на базі notebook
Pentium II	1997	7,500,00			
Pentium III	1999	9,500,00			
Pentium 4	2000	42,000,000	Спеціалізація	ПТЛ КС- ОЯП на базі про- мислового комп'ю- теру	Телемати- чна систе- ма на базі РС/104
Core 2 Duo	2006	291,000,000	Універсалізація	АТК	Розподіле- на обчис- лювальна мережа

Створення автомобільних мехатронних систем на транспорті повинно йти шляхом мехатронізації і, отже, їхньої інтелектуалізації. Власне інтелектуалізація від простого процесу автоматизації відрізняється тим, що відповідна машина або система не тільки виконує функції прийняття раціональних рішень замість і краще людини

(водія), але і має властивість навчання, адаптації до середовища, що змінюється, її практичної роботи.

Якщо переглянути досвід практичної розробки мехатронної системи спостереження за станом автомобільних доріг [8, 105], можна знайти не тільки відповідність за змістом розглянутих законів, але й удосконалення рівня мехатронізації: від застосування систем з оборотним зв'язком до адаптивного управління, використання штучних нейронних мереж, отже, інтелектуалізацій автотранспортних засобів та систем [178].

Створення автомобільних мехатронних систем на транспорті повинно йти шляхом мехатронізації і, отже, їхньої інтелектуалізації. Власне інтелектуалізація від простого процесу автоматизації відрізняється тим, що відповідна машина або система не тільки виконує функції прийняття раціональних рішень замість і краще людини (водія), але і має властивість навчання, адаптації до середовища, що змінюється, її практичної роботи. Це – концептуальна основа створення нових транспортних машин та систем.

Слід зазначити, що залежно від рівня розвитку елементної бази, саме від удосконалення ЕОМ, залежить архітектура відповідного автомобільного БОК, структура системи, що забезпечує обробку даних та додання мехатронній системі властивостей розумної поведінки. Сьогодні згідно з принципом «невпинного розвитку» спостерігається певна спеціалізація як продовження уніфікації мехатронних вузлів та агрегатів складних об'єктів та систем. Однак вона не протиставляється уніфікації та універсалізації. Навпаки, такі універсальні засоби мехатронізації, як універсальні ЕОМ, знайшли своє продовження у застосуванні у мехатронних системах промислових комп'ютерів.

Мехатронні системи та особливо автономні автомобільні комплекси використовуються в умовах, де на роботу їх комп'ютеризованих систем впливають жорсткі кліматичні умови, забруднення й потужні електромагнітні завади. Автономні системи також мають невеликі габаритні розміри. Тому інтелектуальні транспортні машини та системи на базі промислових комп'ютерів знайшли своє застосування в галузі автомобільного транспорту (системи, що умонтовуються), перевезень (диспетчерські пункти) та у цілому у транспортних системах. Визначимо класифікацію таких промислових систем (рис. 5.2).

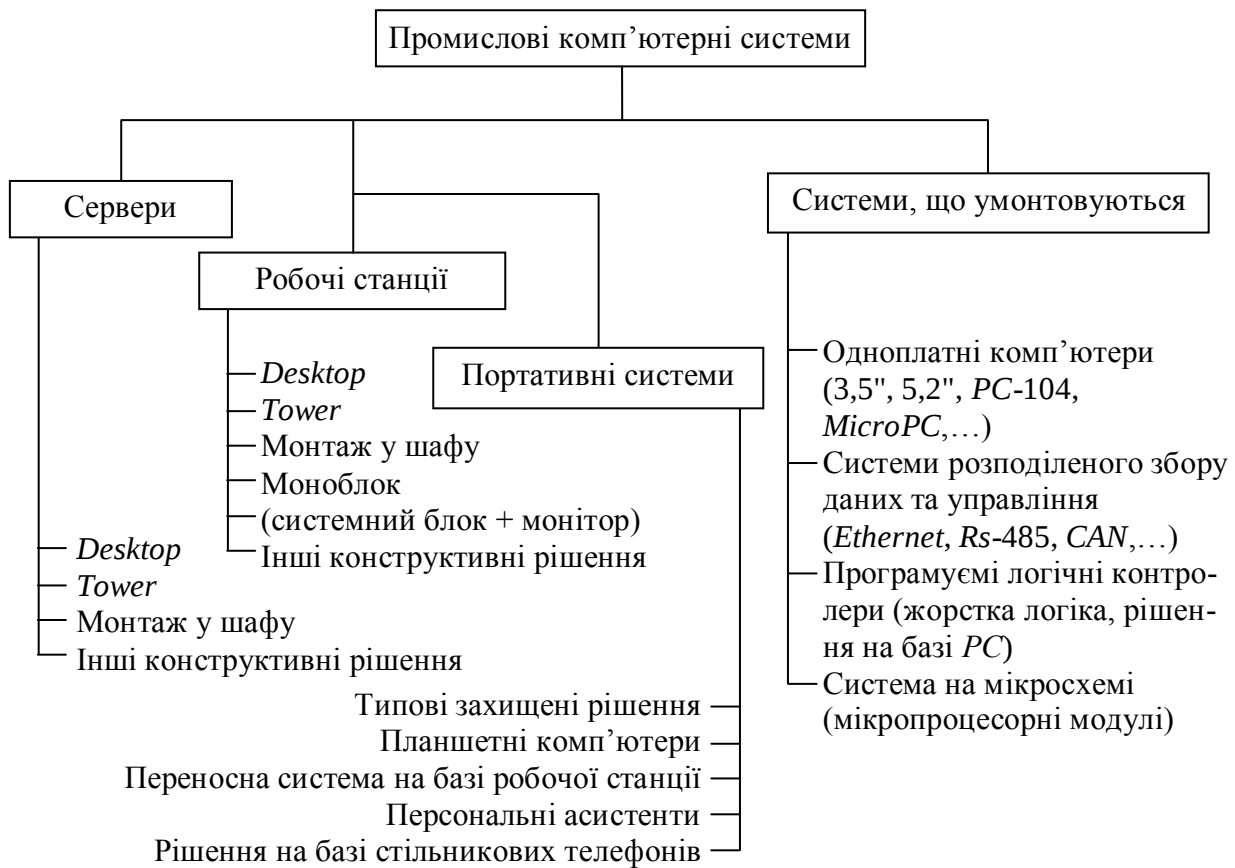


Рис. 5.2. Промислові комп'ютери

Промислова робоча станція – це клієнт із розвинутою системою взаємодії з оператором. Такі системи надають можливості візуалізації процесів, з яких складається цільовий об'єкт. Наприклад, це може бути реалізація геоінформаційної системи або пульта оператора. Частково достатньо продуктивна робоча станція може взяти на себе завдання серверної системи. У разі використання мобільної робочої станції стає можливим розвертання мобільного диспетчерського пункту в найкоротші строки, та користувач отримує можливості швидкої передислокації такого пункту.

Основним недоліком систем, розглянутих вище, є неможливість розташування у транспортному засобі. Вирішенням цієї проблеми є застосування ноутбуків чи планшетних комп'ютерів у промисловому виконанні. Однак у разі використання портативних систем все ж постає питання кріплення цих систем у транспортному засобі. Промисловий комп'ютер складається з процесорної плати і зовнішніх плат, які взаємодіють між собою, і ресурсами процесорної плати через шину PC-104. Усі пасивні пристрої на шині можна

розділити на дві групи – пам'ять і пристрої вводу/виводу (порти), яким і є інтерфейсний модуль із здавачами прискорень та швидкості.

Жорсткі умови реєстрації даних на борту транспортного засобу, що рухається по дорозі з можливим руйнуванням поверхні, та вимоги надійності до бортової апаратури визначають необхідність використання замість звичайного накопичувача на жорсткому магнітному диску портативного комп'ютера електронного жорсткого диску. Що торкається механічної частини, вирішення «корпусних» проблем, то рішення полягає у застосуванні наскрізних 64 і 40 контактних штирьових рознімів для шини забезпечує надійну роботу таких систем у складних умовах експлуатації (підвищена вібрація, широкий діапазон температур і т.п.). Модулі PC/104 стикуються один з одним, утворюючи конструкцію типу «етажерка». Модулі, що з'єднані, розташовані на відстані 15 мм один від одного (рис. 5.3).

У системі можна застосувати диск серії Disk On Module фірми PQI – Power Quotient International. Об'єм застосовуваного накопичувача, – 32 МБ, він витримує вібрації до 15 g, а також має напрацювання на відмову 300 000 год.

Для зв'язку промислового комп'ютера з давачами вимірювальної частини та системою візуалізації даних створюється спеціальний інтерфейсний модуль згідно зі стандартом PC–104 [8].

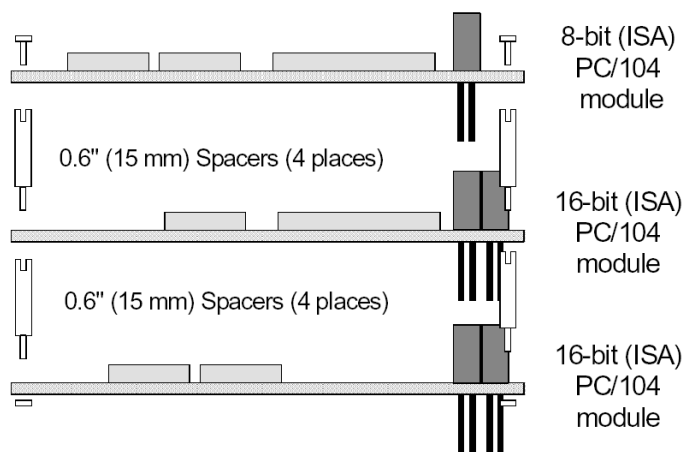


Рис. 5.3. Схема сполучення модулів PC/104

Для автомобільних додатків є універсальне рішення фірми ICOP для систем моніторингу транспортних засобів <http://www.icop.ru>, <http://www.avl.tw>.

Так, компанія ICOP, що спеціалізується на розробці й виробництві компактних комп'ютерних рішень, оголосила про вихід на ринок її нового пристрою – AVL75. Це високоінтегрований пристрій для створення системи спостереження за автомобілем (AVL – Auto Vehicle Locator System). Фактично воно є компактным бортовим комп'ютером зі спеціалізованими можливостями. В одному компактному корпусі AVL75 об'єднані 4 пристрої:

- компактний бортовий комп'ютер на Vortex86;
- 4-діапазонний GPRS-модем;
- GPS-приймач;
- інтерфейс для зв'язку з контролером системи керування двигуном (OBD-II або CAN);
- 8 каналів дискретного введення та 8 каналів дискретного виводу.

AVL75 може використовуватися для різних рішень, пов'язаних з моніторингом переміщення транспортних засобів і контролем їхнього стану, зовнішній вигляд якого наведено на рис. 5.4.



Рис. 5.4. Система моніторингу транспортних засобів AVL75

Система автомобільної навігації на платформі AVL75 дозволяє оперативно одержувати інформацію про місцезнаходження транспортного засобу, відображати поточне місцезнаходження на електронній карті. Крім того, AVL75 може використовуватися для контролю режиму експлуатації, а також технічного стану транспортного засобу.

Вище було наведено загальні відомості про промислові комп'ютери, можливі реалізації авторів розробки варіанта їх застосування для моніторингу транспортних машин, систем та комунікацій [106, 107]. На основі такого досвіду та даних про систему AVL75 можна стверджувати, що така система стає прикладом реалі-

зації апаратного забезпечення рухомої одиниці у інтелектуальній системі для транспортних додатків. З іншого боку, вона є базовою для розробки інтелектуальної системи реєстрації технічного стану транспортного засобу. Для такої системи актуальним є створення програмного забезпечення. Програмування для бортової системи повинно враховувати як вимоги до систем реального часу, так і те, що програма повинна мати можливість комунікації із системами верхнього рівня, тобто комп'ютерними системами диспетчерського пункту управління.

Особливо слід відмітити, що створення нових, удосконалення існуючих транспортних систем та машин, які визначені як мехатронні, базується саме на мехатроніці як засобі проектування різнорідних елементів. Безумовно це є засіб системного автоматизованого проектування. Смістими CAD/CAM/CAE, включно з так званим EPD (electronic product definition – повний електронний опис) є складовими частинами процесу наскрізного проектування, або комплексу, який визначається у вітчизняній практиці як САПР сумісно з автоматизацією виробництва (інтегрована система створення складних виробничих комплексів).

Слід визначити справедливність твердження, що автотранспортна система є синергетичною інтеграцією сукупності автотранспортних засобів, транспортних комунікацій та систем автомобільної телематики. Цілком відноситься до автомобільних мехатронних систем і загальне твердження про привабливість саме мехатронізації та інтелектуалізації автотранспортних засобів та систем внаслідок наведеного нижче:

- зниження вартості систем, що розглядаються, за рахунок уніфікації та стандартизації підсистем та ланок мехатронних об'єктів у автотранспортних системах;
- підвищення якості керування рухом автотранспортних засобів та якості утримання відповідних транспортних комунікацій за рахунок надання розуму або своєрідного інтелекту автотранспортній мехатронній системі (Smart vehicles systems);
- спроможність значного підвищення комфортності, швидкості та надійності транспортного обслуговування користувачів автотранспортної системи за рахунок інтелектуалізації відповідних транспортних технологій (Smart transport technology).

Основною властивістю таких мехатронних систем, що підтверджує принцип невинного розвитку, є співвідношення між спеціалізацією, уніфікацією та універсалізацією систем, вузлів та агрегатів транспортних засобів. Прототипом своєрідного інтелектуального засобу є універсальна мобільна автотransпортна лабораторія (УМТЛ), що створена у ХНАДУ для доведення вірогідності зазначених вище тверджень та принципів.

5.2. Інтелектуалізація та автоматизація транспортних систем

Досвід СНД, Німеччини, Сполучених Штатів Америки, Австралії, Італії та інших країн доводить про необоротний процес удосконалювання транспортних систем міст та регіонів, що розвиваються, на базі застосування новітніх інформаційних технологій, телематиці та відповідних рішень у містобудуванні, створенні нової транспортної інфраструктури. Однак слід зазначити, що у світовій практиці створення аналогічних систем основним спрямуванням є інтелектуалізація РО і створення систем, які враховують нове електронне обладнання автомобілів та електрифікованих транспортних засобів. Однак, такі системи практично мають таку же структуру.

До складу такої ТС повинна входити підсистема прогнозування щільності пасажиропотоків та пропускної здатності транспортної мережі, що дасть змогу упередженого реагування на нестаціонарність цих процесів. В основі автоматизації керування транспортом полягає те, що рухомі одиниці (автобуси, трамваї, тролейбуси) розглядаються як основні безпосередні джерела інформації. Однак сьогодні такими вони можуть стати, коли існуючі РО будуть обладнані спеціальними приладами, які дозволяють виконувати власний моніторинг технічного стану та навколишнього середовища – транспортних комунікацій (шляхів сполучення, транспортних магістралей та доріг), визначати місце розташування транспортного засобу, оцінювати кількість перевезених пасажирів та ін. Оснащення транспортних засобів необхідно для виконання зазначених задач апаратурою є процесом інтелектуалізації існуючих транспортних засобів.

Основне завдання інтелектуалізації рухомих одиниць полягає у створенні достатньо простої в експлуатації, надійної та дешевої

універсальної умонтованої апаратури для обладнання практично будь-яких транспортних засобів. У ХНАДУ у 2003–2006 рр. було проведено дослідження цієї проблеми при виконанні фундаментальних та прикладних досліджень [142–146]. Попередня оцінка показує, що вартість одного мінімального за складом комплекту визначеного обладнання може складати 13–15 тис. грн. При цьому досягається максимум автоматизації та можливість простої установки його на будь-яку наземну рухоми одиницю. На рис. 5.5 наведено узагальнену структурну схему такого обладнання.

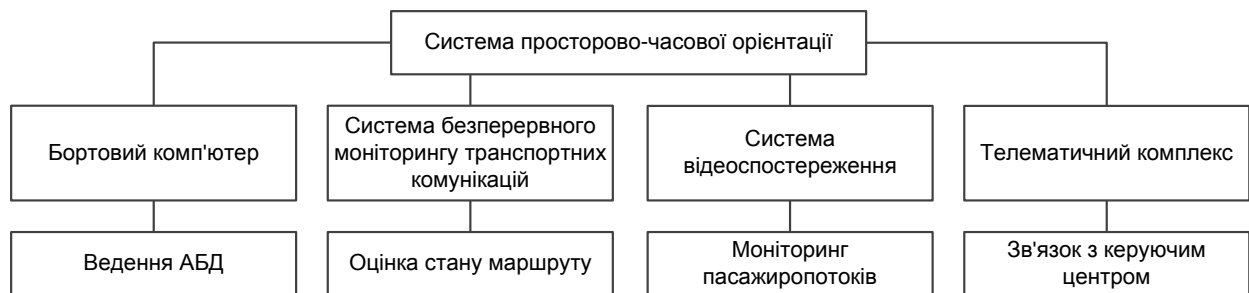


Рис. 5.5. Структурна схема обладнання УМТЛ

Технологічною та алгоритмічною базою відповідного комплекту апаратури є промислові комп'ютери, супутникові технології, радіо та мобільна радіотелефонія. Так, для пускового комплексу системи можна запропонувати як порівняно прості радіозасоби, так і принципово нову технологію використання мобільних диспетчерських пунктів. Технічна реалізація їх можлива на базі пересувних транспортних лабораторій, що розробляються у ХНАДУ. Основою обладнання такої лабораторії є комп'ютеризована система оцінки динаміки руху транспортного засобу, що є джерелом формації для оцінки стану РО та відповідної ТК (рис. 5.6). Зовнішній вигляд експериментального зразку такої системи, що легко вмонтовується до вимірювальної системи звичайного автомобіля, наведено на рис. 5.6.

Це є прототип своєрідного інтелектуального засобу, універсальна мобільна автотransпортна лабораторія (УМТЛ), що створена для доведення вірогідності зазначених вище тверджень та принципів.

Загалом, розвиток будь-якої транспортної системи базується на отриманні даних для формування динамічного банку відомостей про її попередній та поточний стан. Формування таких даних

повинна забезпечувати інтелектуальна система моніторингу, що є аналогом порівняно простих систем опитування мешканців транспортних районів міст та регіонів, які охоплені відповідною транспортною інфраструктурою.

Такий моніторинг є розвитком ефективного оперативного диспетчерського управління рухом транспорту і прийняття керуючих рішень від оперативного реагування на надзвичайні ситуації, поліпшення транспортної ситуації до управління розвитком транспортної інфраструктури.



Рис. 5.6. Умонтоване обладнання транспортної лабораторії

Така автоматизована система повинна забезпечувати функціональні задачі згідно з переліком, наведеним нижче (в дужках наведена позначка відповідної функції, яка використовується нижче під час аналізу функціональної схеми, а позначкою * відзначені задачі, що є об'єднанням відповідних функцій з диспетчерського керування – (17_а) та (17_б) – прийняття рішень про розвиток транспортної системи, які можна розглядати як підсистеми цього функціонального комплексу):

- моніторинг місцезнаходження рухомих одиниць (1);
- моніторинг технічного стану рухомих одиниць (2);
- моніторинг ступеня заповнення пасажирами рухомих одиниць у випадку підсистеми громадського пасажирського транспорту (3);
- моніторинг технічного стану та пропускної здатності транспортної мережі міста або відповідного регіону(4);
- моніторинг пасажиропотоків, шляхом визначення приблизної кількості пасажирів, що очікують транспорту на основних зупинках міста (5);

- обмін інформацією між диспетчерським пунктом або іншим керуючим центром та допоміжними системами (6);
- обмін інформацією між диспетчерським пунктом або іншим керуючим центром та рухомими одиницями (7);
- постійній двосторонній зв'язок диспетчерів з водіями рухомих одиниць громадського пасажирського транспорту (8)*;
- постійний зв'язок диспетчерів з міськими службами технічного забезпечення маршрутної мережі (9);
- зв'язок диспетчера з управлінням транспорту міської ради та ДАІ (10);
- постійний моніторинг стану оперативного резерву рухомого та особового складу громадського пасажирського транспорту та ремонтних бригад (11);
- зручне відображення оперативного стану маршрутної мережі, стану та місцезнаходження рухомих одиниць громадського пасажирського транспорту та щільності пасажиропотоків (12)*;
- відображення оперативної довідкової інформації, необхідної особам, що приймають рішення, для поліпшення транспортної ситуації в місті (13)*;
- оперативне прогнозування зміни транспортної ситуації в місті, що виходить з інформації, яка є результатом оперативного моніторингу (14);
- автоматизована експертна оцінка транспортної ситуації, прогнозування її розвитку та генерація пропозицій щодо дій до поліпшення роботи транспортної системи у цій ситуації (15);
- супроводження динамічної бази даних (16);
- диспетчерське керування транспортною системою (17_а)*;
- прийняття рішень про розвиток транспортної системи (17_б)*.

Слід додати, що система управління розвитком будь-якої транспортної системи завдяки необхідності отримання даних про стан транспортної мережі та рухомого складу (вони акумулюються у динамічній базі даних), повинна урахуватися у створенні частини, що забезпечує роботу відповідних підсистем АСУ рухом. Крім того, урахування необхідності розвитку об'єкта, що керується, є основою створення гнучкої комп'ютеризованої системи управління, яка має значно більшу ефективність порівняно зі звичайними АСУ та є основою забезпечення безперервного удосконалення і пристосування проектних рішень до динаміки розвитку великого міста або регіону. Така

система є гнучкою комп'ютеризованою системою, тому що будь-яка її модифікація базується на порівняно уніфікованих теоретичних засадах, універсальних програмно апаратних рішеннях та має інтелектуальний механізм пристосування до будь-якого міста, регіону незалежно від місцевих умов. Змінюються кількісні характеристики, але логіка побудови системи в цілому достатньо стійка.

На рис. 5.7 наведено схему, що пояснює загальну структуру задач гнучкого комп'ютеризованого управління транспортним комплексом на рівні міста або відповідного регіону.

Зазвичай створення АС припускає розподіл комплексу функціональних задач на окремі черги. Основним критерієм такого розподілу є рівень структурної складності, взаємозв'язку задач, складність реалізації. Математичним апаратом аналізу такої складності є інформаційно-логічні моделі (ІЛМ).

Множина елементів ІЛМ w_{ij} – це і є інформаційна модель, де кожний елемент може приймати значення 0 або 1. Коли значення дорівнює 1, то це визначає наявність зв'язку. Коли 0, зв'язку немає.

Таким чином, можна записати

$$W=\{w_{i,j}\}, \text{ для } i=1,2, \dots, m-1,m; j=1,2, \dots, n-1,n, \quad (5.1)$$

де n – кількість стовпчиків таблиці ІЛМ;

m – кількість рядків таблиці ІЛМ.

Вага чи складність задачі v_i розраховується згідно з таким співвідношенням:

$$v_i = \sum_{j=1}^{j=n} w_{ij}. \quad (5.2)$$

Після розробки основних рішень зі створення комплексу технічних засобів транспортної АС структурної схеми, аналізу економічних показників на етапі технічного проектування можна визначити конкретні рядки та фінансові і матеріальні затрати на розробку і впровадження системи. Це визначення покладено поряд з оцінкою складності та взаємозв'язку задач розробки АС, концепцією паралельно-послідовного втілення технічних та організаційних рішень до призначення кожній задачі свого місця в етапності розробки та впровадження до експлуатації.

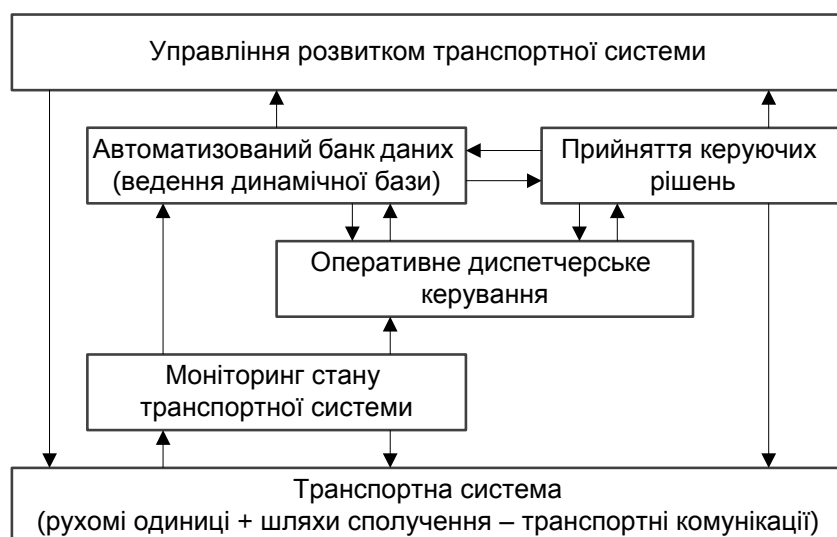


Рис. 5.7. Загальна схема роботи транспортної АС

ІЛМ – графічна схема, вузлам якої відповідають функціональні задачі, а зв’язкам – інформаційні потоки даних. Такі зв’язки між задачами та функціональними можливостями автоматизованої системи – АС з урахуванням поетапності її створення та впровадження в експлуатацію можна відбити не тільки у вигляді графічної схеми, але і в табличній формі. Таке відбиття наведене для розглянутих задач у табл. 5.2.

Таблиця 5.2

ІЛМ взаємозв’язку функціональних задач (табличне уявлення)

Функціональні задачі автоматизації транспортної системи																	
Номер Задачі	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	Складність
1							1										1
2							1										1
3							1										1
4						1											1
5						1											1
6												1				1	3
7												1		1			3
11						1											2
14															1		1
Черга	1	3	3	3	1	1	1	2	3	3	3	2	3	3	3	2	

Кожний рядок таблиці відповідає окремій задачі (або групі задач) АС, яка для свого втілення вимагає вирішення інших, пов'язаних з нею задач. Стовпці таблиці відповідають задачам, вирішення яких необхідне для втілення інших задач і визначають чергу впровадження АС ДУ ГПТ на який відповідна задача набуває актуальності.

Табл. 5.2 є спрощеним поданням ІЛМ автоматизованої транспортної системи з урахуванням пояснень, що наведені вище. Тому складність розглядалася тільки у задач, які входять до підсистеми моніторингу транспортних засобів та пасажиропотоків.

Стадійність розробки та впровадження задач до експлуатації визначається у таблиці таким чином: виконання задач першої черги, виконання задач другої черги та виконання задач третьої черги.

Перша черга системи повинна забезпечити інформаційний рівень, який передбачає визначення просторово-часового положення відповідних транспортних одиниць, оцінку кількості пасажирів на основних зупинках міста та двосторонній зв'язок водіїв та диспетчерського пункту (диспетчерських пунктів). Друга черга передбачає організацію та ведення динамічного банку даних про положення та загальний стан транспортних одиниць і відбиття цієї інформації у зручній для диспетчера формі. Третя черга передбачає втілення інтелектуальної системи підтримки оперативних та довгострокових рішень щодо керування системою громадського пасажирського транспорту міста у цілому, включаючи прогнозування транспортної ситуації та пасажиропотоків.

Усі задачі базуються на моніторингу рухомих одиниць, передачі даних про їхній стан, ведення динамічного банку даних, підтримки прийняття керуючих рішень щодо гнучкого регулювання громадським пасажирським транспортом міста, оперативного реагування на несподівані обставини. Таким чином, функції можна поділити на інформаційні, керуючі та допоміжні.

Аналіз функціональної схеми АС, наведеної на рис. 5.17, та взаємозв'язку і взаємообумовленості її задач і функціональних можливостей 3 дає змогу відзначити, що найбільш відповідальними задачами на всіх трьох етапах втілення є обмін інформацією між диспетчерським пунктом і допоміжними системами та рухомими одиницями. Вимоги до комунікаційних каналів та систем обміну інформацією можна визначити шляхом обстеження маршрутної мережі, транспор-

тних комунікацій та пасажиропотоків за допомогою мобільного диспетчерського пункту, який створено на основі УМТЛ – універсальної мобільної автотранспортної лабораторії.

Головна концепція цієї системи полягає у реалізації принципу паралельно-послідовного проектування та впровадження функціональних підсистем та задач управління і контролю рухомих одиниць пасажирського транспорту загального користування. Такий підхід до створення складної автоматизованої системи (АС) дозволяє порівняно швидко досягнути кінцевої мети автоматизації: підвищення якості задоволення потреби мешканців міст та регіонів у своєчасному, зручному, комфортному, економічному та безпечному транспортному обслуговуванні.

Друга концепція – прискорення розробки. Вона полягає у тому, що для створення АС її розробку та впровадження слід почати до експлуатації першої черги з пускової черги – створення мобільного диспетчерського пункту на базі автотранспортної лабораторії УМТЛ для підготовки вихідних оперативних даних до прийняття керуючих рішень. Використання УМТЛ, по-перше, є запорукою прискорення автоматизації транспортної системи, що на концептуальному рівні розглянуто у наступному розділі, який присвячений розробці інструментальних засобів розвитку транспортних систем; по-друге, саме УМТЛ є інструментальним засобом подвійного призначення: мобільний комплекс для перевірки проектних рішень з автоматизації транспортної системи; мобільний диспетчерський пункт управління транспортом загального громадського користування.

Гармонічне поєднання цих функцій обумовлює успішне вирішення проблеми підвищення якості та ефективності забезпечення мешканців міста або регіону послугами в перевезеннях.

На рис. 5.8 наведено схему, що пояснює взаємозв'язок функціональних задач такої транспортної АС.

На рис. 5.9 наведено структурну схему транспортної АС. Там виділено модуль диспетчерського пункту. Його можна реалізувати подвійно: як стаціонарний комплекс або, як пропонується згідно з концепцією моніторингу на базі автотранспортної лабораторії, яку вище було визначено як УМТЛ.

На рис. 5.10 наведено узагальнену схему УМТЛ як мобільний засіб реєстрації та обробки даних про стан транспортної системи. Він має ознаки інтелектуальної системи, тому що являє собою

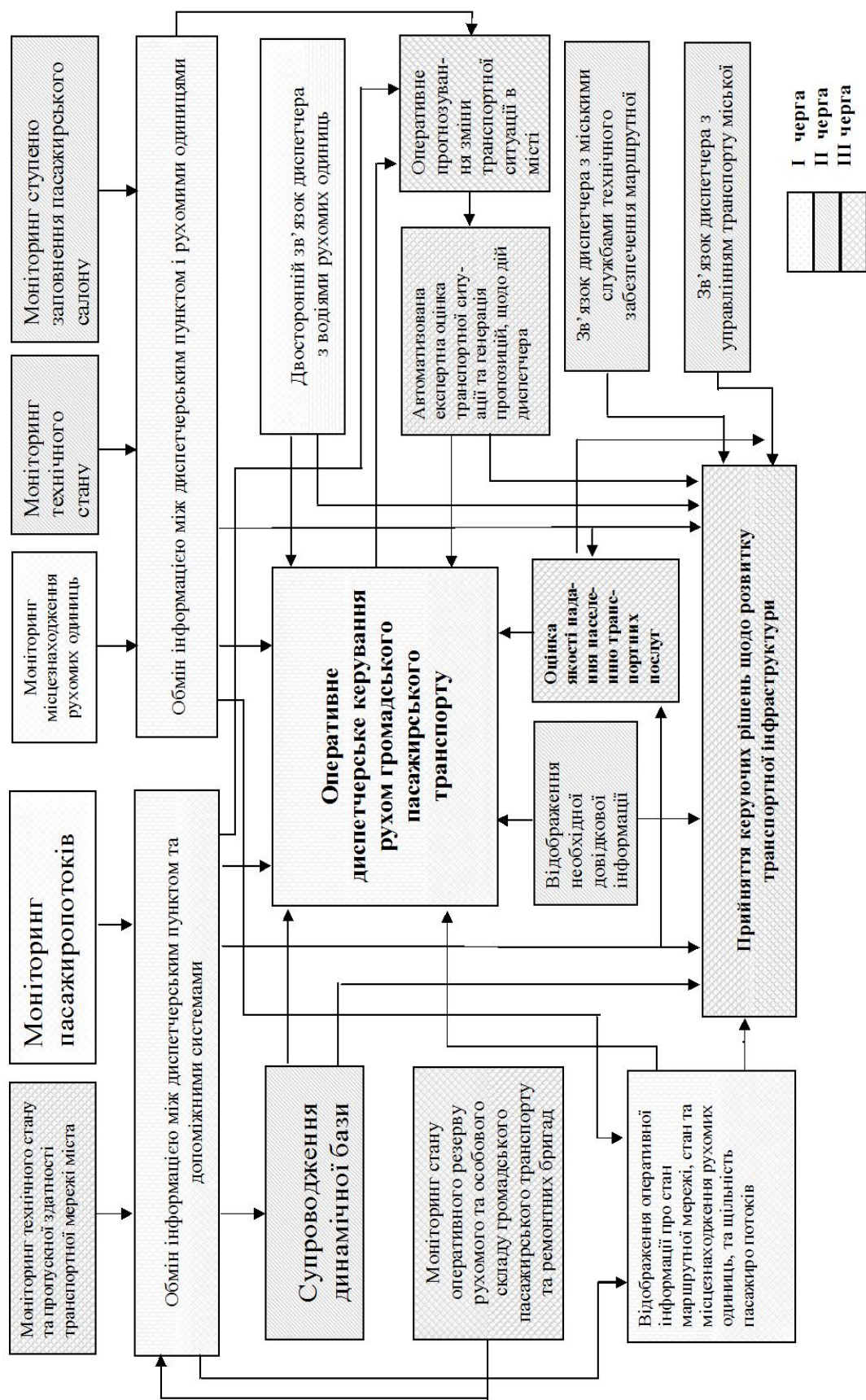


Рис. 5.8. Функціональна структура управління транспортною системою

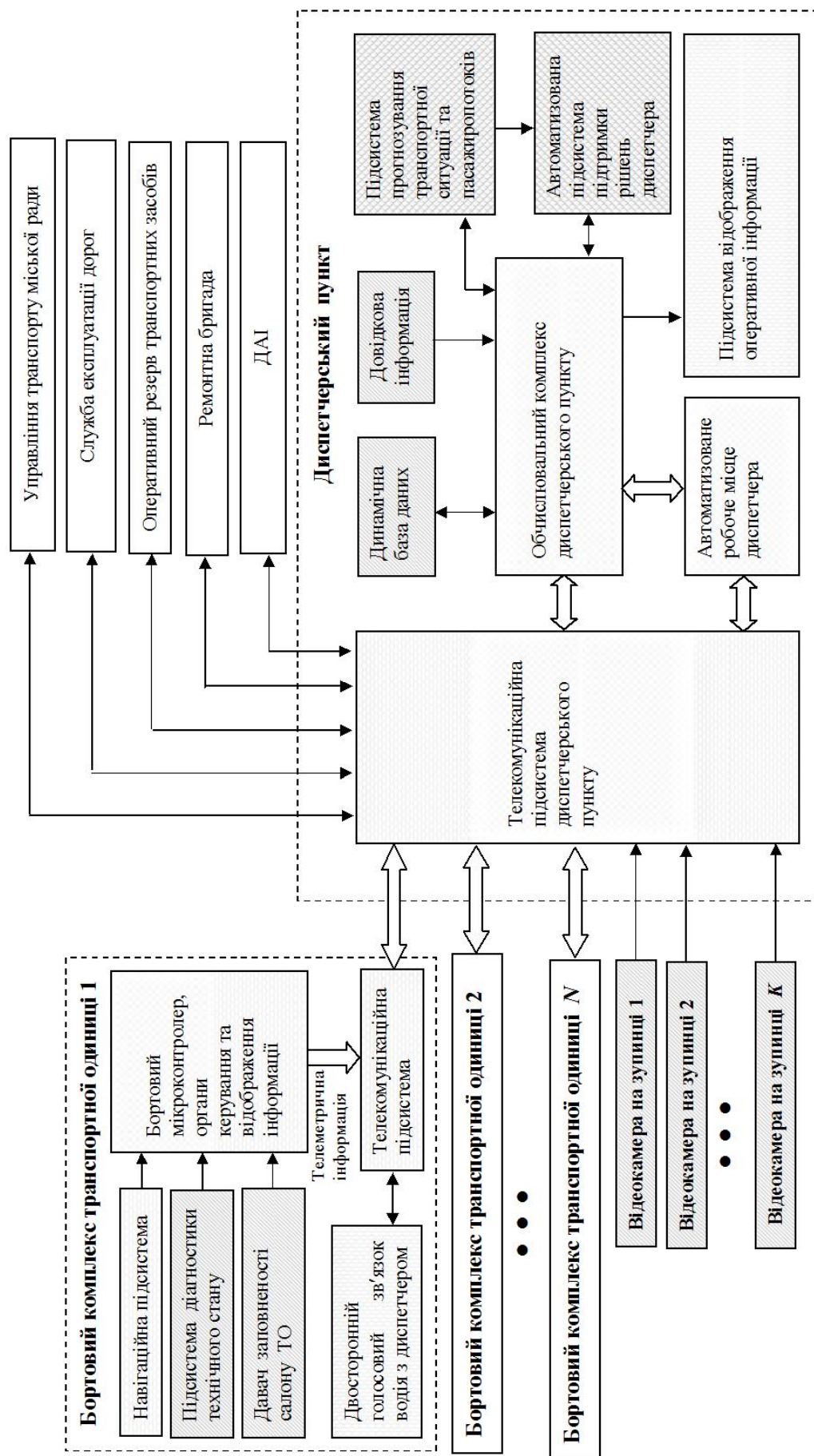


Рис. 5.9. Структурна схема управління АС

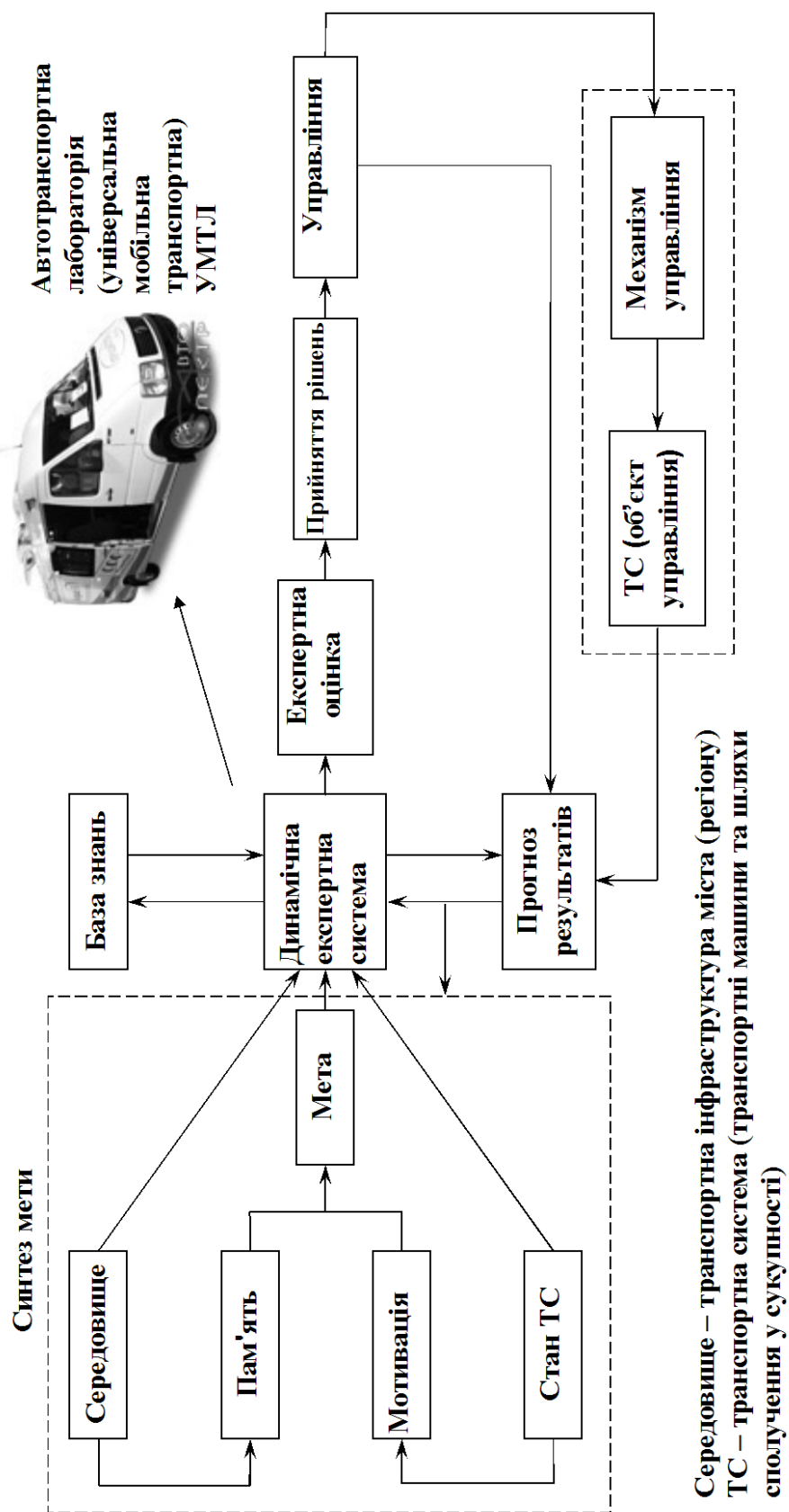


Рис. 5.10. Універсальна мобільна транспортна лабораторія

сукупність технічних засобів та програмного забезпечення, яка здатна готувати та пропонувати людині раціональні рішення на основі відповідної мотивації, визначення доцільності щодо управління та розвитку АС аналогічно визначенням, наведеним у роботі [22].

ЗАКЛЮЧЕННЯ, ТЕСТУВАННЯ ТА САМОПЕРЕВІРКА ЗНАНЬ

Завжди буде існувати протиріччя між стрімким розвитком засобів та методів інформатизації складних об'єктів та систем, їх уніфікації та гетерогенним характером існуючих підсистем та ланок транспортного комплексу, його інформаційного забезпечення. Це протиріччя можна розв'язати на основі інформаційного розвитку транспортних систем у єдиному просторі розподілених гетерогенних комп'ютерних мереж транспортних організацій. Це відрізняється від існуючого принципу локалізації їх наявного комп'ютерного ресурсу.

Можливості ефективного використання існуючих гетерогенних комп'ютерних систем та Internet для автоматизації управління транспортом значно підвищує інформативність, технологічність транспортних систем, скорочує витрати на комп'ютеризацію підсистем та ланок транспортного комплексу.

Застосування мехатроніки, автомобільної телематики потребує синергетичного об'єднання комп'ютерних ресурсів всіх учасників дорожнього руху від окремої транспортної машини до корпоративного рівня транспортних організацій. В основу об'єднання покладено створення мережових транспортних засобів на нових принципах спеціалізації, уніфікації рішень з розробки інтелектуальних транспортних систем, паралельного виконання обчислювальних процесів, які є логічним наслідком безперервного розвитку інформаційних ресурсів транспортних організацій.

За останні роки розроблено різні модифікації мехатронних і телематичних комплексів, що призначені для безперервного моніторингу автомобілів, шляхів сполучення та транспортних систем. Розроблені проекти та апробовані проектні рішення з удосконалювання управління транспортними машинами та системами. Вони є основою створення так званих нових Smart (думаючих) – технологій на автомобільному транспорті із застосуванням сучасних підходів до інтелектуалізації (автоматизації та комп'ютеризації) транспортних засобів і систем. Це розвиток концепції мережевого транспортного засобу – Network Vehicles, технологій X-by-Wire та Wireless, телематики та мехатроніки на автомобільному транспорті.

Постійні зусилля з розв'язання протиріччя між стрімким розвитком засобів та методів інформатизації складних об'єктів та систем, їх уніфікації та гетерогенним характером існуючих підсистем та ланок транспортного комплексу є логічною вимогою до застосування на транспорті мехатроніки, телематики та синергетики. Одним з основних факторів мехатронізації транспортних машин та систем, шляхів сполучення є отримання учасниками дорожнього руху, транспортниками та дорожниками знань та вмінь, що дозволяють усвідомлено забезпечити дотримання основних законів та принципів сполучення складових частин транспортних мехатронних систем, використати розподілені комп'ютерні ресурси транспортних організацій для інформаційного розвитку транспортної інфраструктури.

Далі наведено перелік контрольних запитань щодо вивчення змісту посібника та перевірити відповідні знання:

1. Як пов'язано протиріччя між стрімким розвитком засобів та методів інформатизації складних об'єктів та систем, їх уніфікації та гетерогенним характером існуючих підсистем та ланок транспортного комплексу?
2. Які етапи пройшла інформатизація транспортних систем?
3. У чому полягає сполучення відомого закону Г. Мура з принципом «хвиль» Т. Макімото та практикою застосування мехатроніки, синергетики, телематики на транспорті?
4. Що являють собою розподілені системи: Intragrid, Extragrid, Intergrid?
5. Як можна визначити транспортні процеси, транспортні системи та технології?
6. Як можна математично представити поняття стану транспортної системи?
7. Чим відрізняються процеси контролю, состереження та моніторингу транспортних процесів та систем?
8. Визначить у вигляді операторних перетворень вимірювальних сигналів процесс моніторингу транспортних машин та систем?
9. У якому вигляді існує інформація в транспортних системах?
10. Чому технологія WEB 2.0 є запорукою вільного доступу користувачів до комп'ютерних ресурсів LAN WAN у різних фізичних та віртуальних транспортних організаціях?

11. У чому полягає сенс застосування мови UML для формального опису комп'ютерних систем та мереж?
12. Які основні риси мають технології X-by-WIRE та WIRELESS технології та у чому їх відмінність від звичайної інформаційної технології?
13. Об'яснить ваше розуміння принципів моніторингу стану транспортних систем, автомобілів та навидить приклади такого моніторингу?
14. Пояснить принцип «керування по відхиленням»?
15. Визначить основні вимоги до створення автомобільних телематичних приладів та систем?
16. У чому полягає основна перевага застосування у транспортних організаціях GRID-технології використання розподілених комп'ютерних систем?
17. Як можна описати впровадження GRID-технології для інтелектуалізації розподіленої комп'ютерної системи транспортної організації?
18. Що передбачає підготовка до застосування GRID?
19. У чому полягає оптимізація інформаційної транспортної інфраструктури?
20. Визначить особливості використання Cloud Computing у віртуалізації комп'ютерних ресурсів транспортних організацій?
21. Які рівні має синергетичне об'єднання транспортних машин, систем та їх комп'ютерних ресурсів?
22. У комп'ютерної індустрії можливі обмеження на розвиток інформаційних ресурсів?
23. На яких твердженнях та принципах базується створення єдиного інформаційного простору транспортних організацій?
24. Який взаємозв'язок мають мехатроніка та телематика?
25. Який вплив має синергетика на розвиток автомобільної телематики та мехатроніки?

ЛІТЕРАТУРА

1. Информационные технологии на автомобильном транспорте / Власов В.М., Николаев В.Б., Постолит А.В., Приходько В.М. – М.: МАДИ (ГТУ), 2006. – 283 с.
2. Пржибил П. Телематика на транспорте / П. Пржибил, М. Свитек. – М.: МАДИ (ГТУ), 2003 – 540 с.
3. Закон України «Про транспорт» зі змінами і доповненнями, внесеними Законами України від 18 листопада 1997 року № 642/97–ВР, від 19 листопада 1997 року N 650/97–ВР, від 17 березня 1999 року N 507–XIV, від 21 грудня 2000 року № 2171-III.
4. Закон України «про автомобільний транспорт» // Відомості Верховної Ради (ВВР). – 2001. – № 22. – Ст. 105.
5. Збірник законодавчих та нормативних документів, що регламентують діяльність підприємств автомобільного транспорту всіх форм власності. Вип. 3. – К. Ж ТОВ Видавництво «Київська книжкова фабрика», 2003. – 608 с.
6. Иссии Т. Мехатроника / Т. Иссии, И. Симояма, Х. Иноуэ. – М.: Мир, 1988. – 318 с.
7. Мехатроника транспортных средств / А.Н. Туренко, Э.В. Гаврилов, О.П. Алексеев // Вестник ХГАДТУ: сб. науч. тр. – Харьков. – Вып. 15–16. – 2001. – С. 117–119.
8. Алексієв В.О. Мехатроніка транспортних засобів та систем / Алексієв В.О., Волков В.П., Калмиков В.І. – Харків: ХНАДУ, 2004. – 176 с.
9. Шалабаев Е.В. Теоретические и практические проблемы развития мехатроники / Е.В. Шалабаев // Современные технологии. – СПб., 2001. – С. 46–67.
10. Алексієв В.О. Концептуальний аналіз автомобільних мехатронних систем / В.О. Алексієв // Автомобильный транспорт : сб. научн. тр. – 2005. – Вып. 16. – С. 321–323.
11. Алексієв В.О. Система OrCad для проектування електронних пристроїв мехатронних комплексів : Навчально-методичний посібник / В.О. Алексієв. – Харків: ХНАДУ, 2006. – 160 с.
12. Подураев Ю.В. Мехатроника: основы, методы, применение : учеб. пособие для студентов вузов / Ю.В. Подураев – М.: Машиностроение, 2006. – 256 с.

13. Телематика на автомобильном транспорте / Власов В.М., Жанказиев С.В., Николаев В.Б., Приходько В.М. – М.: МАДИ (ГТУ), 2003. – 175 с.
14. Інтелектуальні технології організації руху пасажирського транспорту міста / Туренко А.М., Богомолів В.О., Алексієв О.П., Алексієв В.О. // Автомобільні дороги та дорожнє будівництва – Київ: УТУ, 2004. – Вип. 4. – С. 305–311.
15. Алексеев В.О. Мобильный вычислительный комплекс для мониторинга среды движения / В.О. Алексеев // Автомобильный транспорт : сб. научн. тр. – 2002. – Вип. 9. – С. 101–104.
16. Устойчивость колесных машин против заноса в процессе торможения и пути ее повышения / Подригало М.А., Волков В.П., Алексеев В.О. и др. ; под ред. М.А. Подригало. – Харьков : ХНАДУ, 2006. – 377 с.
17. Алексієв В.О. Технологія X-by-WIRE та мехатронізація автотранспортних засобів / В.О. Алексієв // Вестник ХНАДУ : сб. научн. тр. – 2006. – Вип. 32. – С. 120–122.
18. Підвищення ефективності диспетчерського управління громадським пасажирським транспортом / Алексієв О.П., Алексієв В.О., Серіков С.А. // Вестник ХНАДУ : сб. научн. тр. – Харьков. – 2003. – Вип. 22. – С. 56–61.
19. Туренко А.М. Інтелектуальна технологія моніторингу рухомих одиниць транспортної системи міста / А.М. Туренко, В.А. Богомолів, В.О. Алексієв та ін. // Автомобільні дороги та дорожнє будівництво: науково-технічний збірник. – 2004. – №71. – С. 305–311.
20. Інформаційний аналіз та синтез автомобільних мехатронних систем: звіт з наукової роботи № Ф81337 / ХНАДУ. – № держреєстрації 0105U002175, 2004. – Харків, 2005. – 162 с.
21. Методологія інтелектуального моніторингу руху наземних транспортних засобів: звіт з наукової роботи № 09-53-04 / ХНАДУ. – № держреєстрації 0104U002050. – Харків. – 2006. – 242 с.
22. Інтелектуальна технологія управління громадським пасажирським транспортом великих міст та регіонів України: звіт з наукової роботи № 09-53-07 / ХНАДУ. – № держреєстрації 0107U001008. – Харків. – 2008. – 257 с.

23. Голобородько О.О. Мехатронні системи автомобільного транспорту / О.О. Голобородько, О.О. Коробочка. – Харків: ТОВ «СМІТ», 2006.- 300с.
24. Автомобильный справочник Бош : [Справочное издание фирмы BOSCH]. – М.: За рулем, 1999. – 587 с.
25. Алексієв О.П. Основи цифрових систем мехатронних комплексів автотранспортних засобів: конспект лекцій / О.П. Алексієв, М.П. Благодарний, Г.М. Тимонькин. – Харків: ХНАДУ, 2006. – 116 с.
26. Алексеев В.О. Интеллектуальные транспортные средства в системах управления движением / В.О. Алексеев // Транспорт, экология – устойчивое развитие : сб. докл. – Т. 11. – Варна, Болгария. – 2004. – С. 438–445.
27. Safety Related Fault Tolerant Systems in Vehicles. Final Report (XByWire-DB-6/6-24) [Electronic resource] / X-By-Wire Team // The X-by-Wire Project. – 1998. – Р. 69. – Access mode to mag.: <http://www.vmars.tuwien.ac.at/projects/xbywire/docs/final.doc>.
28. IT-байки: про IDF, гонки авто-роботов DARPA и Junior [Электронный ресурс] / В. Романченко // 3DNews Daily Digital Digest. – 2007. – Режим доступа к журн.: http://www.3dnews.ru/auto/urban_challenge_2007.
29. Spirit of Berlin: An Autonomous Car for the DARPA Urban Challenge. Hardware and Software Architecture [Electronic resource] / J. Rojo, R. Rojas та ін. // Team Berlin. – 2007. – Р. 25. – Access mode to mag.: http://www.darpa.mil/grandchallenge/TechPapers/Team_Berlin.pdf
30. Electronic Mobility Controls. Product Brochure [Electronic resource] // EMC.– 2009. – 8 р. – Access mode to mag.: <http://www.emc-digi.com/explore.cfm/downloads/100006?s=1001408>
31. Алексієв О.П. Бортові обчислювальні комплекси та мережі транспортних машин та систем: конспект лекцій / О.П. Алексієв, М.П. Благодарний. – Харків: ХНАДУ, 2005. – 124 с.
32. I-Туре, или Интернет-автомобиль [Электронный ресурс] / Р. Косячков // Компьютерра . – 2000. – № 19. – Режим доступа к журн.: <http://offline.computerra.ru/2000/348/2629/>

33. Звонок другу [Электронный ресурс] / К. Сорокин // Авторевю. – 2008. – № 18(411). – Режим доступа к журн.: http://autoreview.ru/archive/2008/18/volvo_nav/
34. Алексеев В.О. Пространственно-временная ориентация АТС в АСУД / В.О. Алексеев, А.Г. Гурко // Вестник ХГАДТУ: сб. науч. тр. – 2000. – № 14. С. 97–99.
35. Попков К.А. Интеллектуальные системы / К.А. Попков, В.Г. Коньков. – М.: Изд-во МГТУ, 2003. – 348 с.
36. Рассел С. Искусственный интеллект: современный поход / С. Рассел, П. Норвиг – М.: Издательский дом «Вильямс», 2006. – 1408 с.
37. Современные технологии управления работой городской маршрутной системы: матеріали науково-техніч. Семінару [«Проблеми удосконалення розвитку автомобільно-дорожнього комплексу м. Харкова»] / П.Ф. Горбачев. – Харків: ХНАДУ, 2007. – С. 4–11.
38. Проблемы организации дорожного движения в г. Харькове: Матеріали науково-техніч. семінару [«Проблеми удосконалення розвитку автомобільно-дорожнього комплексу м. Харкова»] / Нефедов Н.А. – Харків: ХНАДУ, 2007. – С. 12–14.
39. Транспортное планирование в Германии с помощью программного обеспечения: Сборник докладов 7-й междунар. конф. [«Организация и безопасность дорожного движения в крупных городах»] / Аппельт Ф., Беттгер К. – СПб: СПб гос. архит. строит. ун-т. – 2006. – С.264 – 269.
40. Моделирование транспортного предложения и спроса на транспорт для пассажирского и служебного транспорта – обзор теории моделирования : (Международная конференция «Организация и безопасность дорожного движения в крупных городах». – Санкт-Петербург) [Электронный ресурс] / Д. Лозе // А+С Консалт. – С. 15. – Режим доступа к журн.: http://www.ptv-vision.ru/data/publication_Lohse_Obsor_teorii_modelivrovaniya.pdf
41. Sitrafic Siemens – Разумное решение транспортных задач [Электронный ресурс] // Siemens. – 2008. – 16 с. – Режим доступа к журн.: <http://www.industry.siemens.ru/>, <http://www.industry.siemens.de/traffic/>

42. Управление транспортной системой на основе компьютерной модели PTV VISION ®VISUM: Сборник докладов 7-й междунар. конф. [«Организация и безопасность дорожного движения в крупных городах»] / Швецов В.Л., Андреева Е.А. – СПб: СПб гос. архит. строит. ун-т. – 2006. – С.190 – 192.
43. Горбачов П.Ф. Модель маршрутної мережі пасажирського транспорту міста Харкова в середовищі ptv vision®visum / Горбачов П.Ф., Колій О.С., Курочка Л.О. // Новий колегіум – Харків. – 2008. – №2(45). – С. 60 – 64.
44. Данилевский Ю.Г. Информационная технология в промышленности / Данилевский Ю.Г., Петухов И.А., Шибанов В.С. – Ленинград: Машиностроение, 1988. – 283 с.
45. Мобильная «широкополоска» LTE – быстрее 3G и WiMax. Но когда? [Электронный ресурс] / М. Букин // 3DNews Daily Digital Digest. – 2009. – Режим доступа к журн.: http://www.3dnews.ru/communication/mobilnaya_shirokopoloska_lte.
46. Таненбаум Э. Распределенные системы. Принципы и парадигмы / Э. Таненбаум, М. Ван Стеен – СПб.: Питер, 2003. – 877 с.
47. Буров Є.В. Комп'ютерні мережі / Є.В. Буров - Львів: Бак, 2003. – 548 с. – (2-е основне і доповнен. вид.)
48. Foster I. The Anatomy of the Grid / Foster I., Kesselman C., Tuecke S // Enabling Scalable Virtual Organizations International Journal of High Performance Computing Applications - 2001. – 15 (3) – P. 200 -222.
49. Ян Фостер «Что такое Грид? Три критерия» [Электронный ресурс] / Перевод с англ.: И.Х. Зусман // Интернет-портал: GRIDCLUB.RU.– 2009.– Режим доступа к журн.: http://gridclub.ru/library/publication.2004-11-29.5830756248/publ_file/
50. Grid як четвертий етап розвитку інформатизації [Електронний ресурс] / А. Петренко // Дзеркало тижня. – 2007. – № 8(637). – Режим доступу до журн.: <http://www.zn.ua/3000/3100/55982/>
51. Внимание: мегагрид для меганауки [Электронный ресурс] // Интернет-портал: GRIDCLUB.RU. – 2008. – Режим доступа к журн.: http://gridclub.ru/news/news_item.2008-09-11.7282344605/view

52. Аренда армии компьютеров будет стоить 1\$ в час [Электронный ресурс]/ М. Рамендик // CNews – 2005.– Режим доступа к журн.: http://www.cnews.ru/reviews/index.shtml?2005/06/28/181482_1
53. От распределённых вычислений к аренде процессорного времени [Электронный ресурс] // Проект iXBT.com. – 2005.– Режим доступа к журн.: <http://www.ixbt.com/news/all/index.shtml?05/23/25>.
54. Асоціація УРАН. Загальні відомості [Електронний ресурс] // Українська науково-освітня телекомунікаційна мережа УРАН. – Режим доступу до журн.: <http://www.uran.net.ua/~ukr/frames.htm>.
55. Історія Грід в Україні [Електронний ресурс] // Український Академічний Грід. – 2007. – Режим доступу до журн.: <http://uag.bitp.kiev.ua/index.php/uk/grid-history.html>.
56. Проект створення національної Grid - інфраструктури для забезпечення наукових досліджень і освіти [Електронний ресурс] // Інститут прикладного системного аналізу Національного технічного університету України «КПІ». – Режим доступу до журн.: <http://grid.ntu-kpi.kiev.ua/>
57. Кластер [Электронный ресурс] // Википедия. – Режим доступа к журн.: [http://ru.wikipedia.org/wiki/Кластер_\(группа_компьютеров\)](http://ru.wikipedia.org/wiki/Кластер_(группа_компьютеров))
58. Introduction to Grid Computing. SG24-6778-00 [Electronic resource] // IBM Corp. – 2005. – 268 p. – Access mode to mag.: <http://ibm.com/redbooks>.
59. Хетч Б. Linux: создание виртуальных частных сетей (VPN)./ Б. Хетч, О. Колесников // Пер. с англ.- М.: КУДИЦ-ОБРАЗ, 2004. – 464 с.
60. Вычислительное дело и кластерные системы [Электронный ресурс] / В.В. Воеводин, С.А. Жуматий // Интернет-университет информационных технологий. – 2008. – 150 с. – Режим доступа к журн.: <http://www.intuit.ru/departments/calculate/calcccluster/>.
61. Специальные типы задач в ППО gLite [Электронный ресурс] // ПИЯФ РАН. – 2007. – 21 с. – Режим доступа к журн.: <http://egee.pnpi.nw.ru/cgi/index.cgi?l1=5&l2=3>

62. Демичев А.П. Введение в Грид технологии / Демичев А.П., Ильин В.А., Крюков А.П. – М.: НИИЯФ МГУ, 2007. – 87с.
63. Шелестов А.Ю. Реалізація Grid-інфраструктури для розв'язання задач обробки супутникових даних: Проблеми програмування / Шелестов А.Ю., Корбаков М.Б., Лобунець А.Г. – К. – 2006. – №2–3. – С. 94–102.
64. Яковлев В.В. Информационная безопасность и защита информации в корпоративных сетях железнодорожного транспорта: Учебник [для вузов ж.-д. транспорта] / В.В. Яковлев, А.А. Корниенко; Под ред. В.В. Яковлева. – М.: УМК МПС России, 2002. – 328 с.
65. Начала информационной теории управления / Под ред. Петрова Б.Н. // Техническая кибернетика. – М.: ВИНТИ, 1972. – 345 с.
66. Глушков В.М. Введение в АСУ / В.М. Глушков – К.: Техніка, 1972. – 312с.
67. Месарович М. Общая теория систем: математические основы / М. Месарович, А. Такахара – Москва: Мир, 1973. – 300 с.
68. Заде Л.А. Понятие состояния в теории систем / Л.А. Заде – Москва: Мир, 1966. – 211 с.
69. Арбиб М.А. Основания теории систем / М.А. Арбиб, Є.Дж. Мейнс // «Математические методы в теории систем»: Сборник статей – Москва, Мир, 1979. С.7-48.
70. Гоулд Б. Цифровая обработка сигналов / Б. Гоулд, Ч. Рэйдер – Москва: Сов. радио, 1973. – 458 с.
71. Рабинер Л. Теория и применение цифровой обработки сигналов / Л. Рабинер, Б. Гоулд – Москва: Мир, 1978. – 848 с.
72. Рейнгольд Э. Комбинаторные алгоритмы / Э. Рейнгольд, Ю. Нивергельт, Н. Део – Москва: Мир, 1980. – 456 с.
73. Гантер Р. Методы управления проектированием программного обеспечения / Р. Гантер; Пер. с англ. – М.: Мир, 1981.-392 с.
74. Гудман С. Введение в разработку и анализ алгоритмов / С. Гудман, С. Хидетниemi. – Москва: Мир, 1981. – 368 с.
75. Дейкстра Э. Дисциплина программирования / Э. Дейкстра – М.: Мир, 1978. – 275.
76. Якушин Л.А. Автоматизированные системы и технические средства управления дорожным движением / Якушин Л.А.,

- Космачев А.Н., Вялых А.Г. и др. – М.: ВНИИБД МВД СССР, 1977. – 330 с.
77. Говорущенко Н.Я. Основы управления автомобильным транспортом: учеб. пособие / Н.Я. Говорущенко. – Харьков: Вища школа, 1978. – 224 с.
78. Гаврилов Э.В. Эргономика на автомобильном транспорте / Э.В. Гаврилов – К.: Техніка, 1976. – 152 с.
79. Брайловский Н.О. Управление движением транспортных средств / Н.О. Брайловский, Б.И. Грановский. – М.: Транспорт, 1975. – 112 с.
80. Клинковштейн Г.И. Организация дорожного движения / Г.И. Клинковштейн – Москва: Транспорт, 1982. – 240 с.
81. Сильянов В.В. Теория транспортных потоков в проектировании дорог и организации движения / В.В. Сильянов. – М.: Транспорт, 1977, 303 с.
82. Золотарь И.А. Повышение надежности автомобильных дорог / Золотарь И.А., Некрасов В.К., Коновалов С.В. и др. – М.: Транспорт, 1977. – 183 с.
83. Сиденко В.М. Методы оценки качества автомобильных дорог / В.М. Сиденко. – К.: УкрНИИНТИ, 1977. – 57 с.
84. Васильев А.П. Управление движением на автомобильных дорогах / А.П. Васильев, М.И. Фримштейн. – М.: Транспорт, 1979. – 296 с.
85. Лохов А.Н. Организация управления на автотранспорте: Опыт. Проблемы. Перспективы / А.Н. Лохов. – М.: Транспорт, 1987. – 272 с.
86. Кременец Ю.А. Технические средства регулирования дорожного движения / Ю.А. Кременец, М.П. Печерский. – М.: Транспорт, 1981. – 252 с.
87. Фримштейн М.И. Структурная схема системы АРДАМ и ее анализ/ М.И. Фримштейн // Система автоматического регулирования движения на автомобильных магистралях. – М.: Гипродорнии. – 1975. – Вып. 15.
88. Васильев А.П. Основные задачи и этапы автоматизации управления движением на автомобильных магистралях / А.П. Васильев // Труды Гипродорнии. – М., 1975. – Вып. 15. – С. 38–40.

89. Филиппов В.В. Оценка на ЭВМ транспортно-эксплуатационных качеств автомобильных дорог при их проектировании и реконструкции: Повышение эффективности проектирования, строительства и эксплуатации автомобильных дорог / В.В. Филиппов. – К.: Укрдорстрой, 1981. – 120 с.
90. Филиппов В.В. Оценка транспортно-эксплуатационных качеств автомобильных дорог: автореф. дис. д-ра техн. наук. – М.: МАДИ, 1987. – 40 с.
91. Афанасьев Л.Л. Пассажирские автомобильные перевозки / Афанасьев Л.Л., Воркут А.И., Дьяков А.Б. и др. – М.: Транспорт, 1986. – 220 с.
92. Макаров И.П. Автоматизация управления городским транспортом / И.П. Макаров, В.З. Ямпольский. – М.: Транспорт, 1981. – 256 с.
93. Печерский М.П. Автоматизированные системы управления дорожным движением в городах / М.П. Печерский, Б.Г. Хорovich. – М.: Транспорт, 1979. – 176 с.
94. Руководство по проектированию и внедрению автоматизированных систем управления дорожным движением на базе АСС УД / Под общ. ред. Г.Я. Волошина. – М.: ВНИИБД МВД СССР, 1981. – 232 с.
95. Хилажев Е.Б. Системы и средства автоматизированного управления дорожным движением в городах / Хилажев Е.Б., Соколовский В.С., Гурулев В.М. и др. – М.: Транспорт, 1984, 283 с.
96. Виноградов Л.И. АСУ строительством и эксплуатацией автомобильных дорог / Виноградов Л.И., Евгеньев И.Е., Коновалов Н.Е. – М.: Транспорт, 1980. – 216 с.
97. Рихтер К.Ю. Транспортная эконометрия / К.Ю. Рихтер. – М.: Транспорт, 1983. – 317 с.
98. Хилажев Е.Б. Микропроцессорная техника в управлении транспортными потоками / Е.Б. Хилажев, В.Д. Кондратьев. – М.: Транспорт, 1987. – 175 с.
99. Интеллектуализация ЭВМ / Кузин Е.С., Ройтман А.И., Фоминых И.Б., Хахалин Г.К. – М.: Высшая школа, 1989. – 159 с.
100. Лигум Ю.С. Автоматизированные системы управления технологическими процессами пассажирского автомобильного транспорта / Ю.С. Лигум. – К.: Техника, 1989. – 239 с.

101. Брунштейн Д.П. Вычислительные центры в системе контроля автотранспортной информации / Д.П. Брунштейн. – М.: Транспорт, 1987. – 176 с.
102. Михалевич В.С. Информационная технология на транспорте / В.С. Михалевич. – К.: Наукова думка, 1990. – 199 с.
103. Сига Х. Введение в автомобильную электронику / Х. Сига, С. Мидзутани. – М.: Мир, 1989. – 232 с.
104. Кременец Ю.А. Технические средства дорожного движения: Учебник для вузов / Ю.А. Кременец. – М.: Транспорт, 1990. – 255 с.
105. Коноплянко В.И. Системы информации в дорожном движении / Коноплянко В.И., Мельников А.Ф., Косолапов А.В.: – М.: МАДИ, 1991. – 59 с.
106. Алексієв О.П. Нова інформаційна технологія управління дорожньою галуззю / О.П. Алексієв та ін. – К.: НМК ВО, 1992. – 212 с.
107. Гаврилов Э.В. Теоретические основы проектирования и организации условий дорожного движения с учетом закономерностей поведения водителей: автореф. дис. д-ра техн. наук / Э.В. Гаврилов. – К.: КАДИ, 1992. – 40 с.
108. Полищук В.П. Проектирование автоматизированных систем управления движением на автомобильных дорогах: учеб. пособие / В.П. Полищук. – К.: УМК ВО, 1990. – 55 с.
109. Полищук В.П. Автоматизированное управление движением на автомобильных дорогах: автореф. на соискание ученой степени доктора технических наук / В.П. Полищук. – К.: ВПОЛ, 1996. – 44 с.
110. Полищук В.П. Автоматизация проектирования автомобильных дорог: учеб. пособие / В.П. Полищук, Я.В. Хомяк и др. – К.: Вища школа, 1987. – 192 с.
111. Доля В.К. Теоретические основы и методы организации маршрутных автобусных перевозок пассажиров в крупных городах: Автореф. дис. д-ра техн. наук / В.К. Доля. – К.: КАДИ, 1993. – 40 с.
112. Traffic Flow Control in Automated Highway Systems: Transportation systems, IFAC Symposium, Chania, Greece / Alvarez L., Horowitz R., Li P., 1997. – P. 63–68.

113. Contributions of Traffic Theory Toward Deployment of Intelligent Transportation Systems: Transportation systems, IFAC Symposium, Chania, Greece / Denos C. Gazis. 1997. – P. 1–12.
114. Highway systems: Transportation systems, IFAC Symposium, Chania, Greece / Horowitz R. Automated, 1997.-P. 452-463.
115. Varaiya Smart cars on smart roads/ Varaiya, Pravin. // problems of control: IEEE Transactions on Automatic Control, 1993, AC-38 (2). – P. 195–207.
116. Лигум Ю.С. Разработка и внедрение информационных технологий в учебный и транспортный процессы / Ю.С. Лигум, И.Ю. Ляшенко // «Эргономика на автомобильном транспорте»: Сб. научн. тр. международной научной конференции. – Харьков: РИО ХГАДТУ, 1997. – С. 130–131.
117. Алексієв В.О. Розробка інформаційної технології моніторингу транспортних комунікацій : Автореф. дис. канд. техн. наук / В.О. Алексієв. – Харків: ХІПБ, 1999. – 19 с.
118. Kabashkin Igor Transport Telematics / Igor Kabashkin – Riga: Riga Aviation University, 1999. –342 p.
119. Доля В.К. Значение логистики в формировании параметров транспортных систем / В.К. Доля // Вестник ХГАДТУ: сб. науч. труд. – Харьков: ХГАДТУ 1999. – Вып. 10. – С. 51–54.
120. Лобашев А.О. О прогнозировании скорости транспортных потоков на городских улицах/ А.О. Лобашев // Вестник ХГАДТУ: сб. науч. труд. – Харьков: ХГАДТУ. – 1999. – С. 91–93.
121. Нефедов Н.А. Маркетинговые аспекты логістики / Нефедов Н.А. // Вестник ХГАДТУ: сб. науч. труд. – 1999. – Вып. 10. – С. 55–57.
122. Прусенко Е.Д. Система управления транспортно-эксплуатационным состоянием автомобильных дорог/ Е.Д. Прусенко, В.Ф. Демишкан // Вестник ХГАДТУ: сб. науч. труд.. – 1999. – Вып. 10. – С. 45–47.
123. Гаврилов Э.В. Планирование ремонта автомобильных дорог: / Гаврилов Э.В., Алексеев О.П., Алексеев В.О., Яфарова Д.Г. // Вестник ХГАДТУ: сб. науч. труд – Харьков: ХГАДТУ. – 1999. – Вып. 12–13. – С. 135–137.
124. Говорущенко Н.Я. Системотехника транспорта / Н.Я. Говорущенко, А.Н. Туренко. – Харьков: ХГАДТУ, 1999. – 468 с.

125. Говорущенко Н.Я. Экономическая кибернетика транспорта / Н.Я. Говорущенко, В.Н. Варфоломеев. – Харьков: ХГАДТУ, 2000. – 218 с.
126. Закон Украины о Национальной программе информатизации // Голос Украины от 7 апреля 1998 г., №65 (1815). – С. 5–12.
127. Горбачев П.Ф. Основы теории транспортных систем / П.Ф. Горбачев, И.А. Дмитриев. – Харьков: ХНАДУ, 2002. – 202 с.
128. Горбачев П.Ф. Сучасні наукові підходи до організації роботи маршрутного пасажирського транспорту в містах / П.Ф. Горбачев. – Харьков: ХНАДУ, 2009. – 196 с.
129. Системологія на транспорті: Підруч.: у 5 кн. Кн. 1. Основи теорії систем і управління / [Гаврилов Е.В., Дмитриченко М.Ф., Доля В.К., Лановий О.Т., Линник І.Е.]. – К.: Знання України, 2005. – 343 с.
130. Системологія на транспорті: підруч.: У 5-ти кн.. Кн. 4. Організація дорожнього руху / [Гаврилов Е.В., Дмитриченко М.Ф., Доля В.К., Лановий О.Т., Линник Ір.Е., Поліщук В.П.]. – К.: Знання України, 2007. – 450 с.
131. Системологія на транспорті: підручник: у 5 кн. Кн. 5. Ергономіка / [Гаврилов Е.В., Дмитриченко М.Ф., Доля В.К., Лановий О.Т., Линник І.Е., Поліщук В.П.]. – К.: Знання України, 2008. – 256 с.
132. Спирин И.В. Организация и управление пассажирскими автомобильными перевозками / И.В. Спирин. – М. : Издательский центр Академия, 2005. – 400 с.
133. Спирин И.В. Транспортное право / И.В. Спирин. – М. : Транспорт, 2001. – 303 с.
134. Спирин И.В. Научные основы комплексной реструктуризации городского автобусного транспорта: диссертация доктора технических наук: 05.22.10 / Иосиф Васильевич Спирин; [Место защиты: Моск. гос. автомобил.-дорож. ин-т (техн. ун-т)]. – Москва, 2007. – 421 с.
135. Прокудін Г.С. Моделі та методи оптимізації вантажних перевезень в транспортних системах: автореф. дис. д-ра техн. наук / Г.С. Прокудін. – К.: НТУ, 2009. – 43 с.

136. Прокудін Г.С. Моделі та методи оптимізації вантажних перевезень в транспортних системах / Г.С. Прокудін. – К.: НТУ, 2006. – 226 с.
137. Костюк В.И. Оптимальное по расходу топлива управление ориентацией космического летательного аппарата: Адаптивні системи автоматичного управління / Костюк В.И., Стенин А.А., Лисовиченко О.И. – Дніпропетровськ: Системні технології, 2001. – С. 7–13.
138. Бахвалов Б.Н. Современные технологии на железнодорожном транспорте / Бахвалов Б.Н., Демченко О.Ф., Исаев Л.А. и др. – Харьков: ХВУ, 2000. – 220 с.
139. Демченко О.Ф. Вопросы теории эксплуатации автоматизированных транспортных систем управления / Демченко О.Ф., Исаев Л.А., Раскин Л.Г. и др. – Харьков: ХВУ, 2000. – 266 с.
140. Реалізація концепції розподіленого керування з самосинхронізацією потоків транспортних засобів ГВС: Адаптивні системи автоматичного управління / Банашак З.А., Лісовіченко О.И., Ткач Г.М., Ямпольський Г.С. – Дніпропетровськ: Системні технології, 2001. – С. 88–105.
141. Четверухін Б.М. Спектрально-кореляційні моделі транспортних процесів/ Б.М. Четверухін, Л.В. Новиков // Вісник ТАУ і НТУ. – К.: НТУ. – 2001. – №3. – С. 94–100.
142. Четверухін Б.М. Оцінка стану дорожнього руху на основі просторових характеристик транспортного потоку / Б.М. Четверухін, В.І. Єресов // Автомобильный транспорт: сб. науч. тр. – Харків: ХДАДТУ. – 2002. – Вип. 9. – С. 10–13.
143. Канило П.М. Автомобиль и окружающая среда / Канило П.М., Бей И.С., Говянский А.И.; Под ред. П.М. Канило. – Харьков: Прапор, 2000. – 304 с.
144. Степанчук О.В. Методи створення і ведення транспортно-екологічного моніторингу в великих і найбільших містах: автореферат дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук: 05.23.20. / О.В. Степанчук. – К: КНУБА, 2004. – 16 с.
145. Бакулич. Е.А. Усовершенствование методов разработки схем организации дорожного движения с учетом уровня экологических характеристик: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук: 05.22.01 / Е.А. Бакулич. – К.: КАДИ, 1994. – 20 с.

146. Минаер Э. Информационные системы управления общественным транспортом / Э. Минаер, Р. Кестело // *Public Transport International*. – 2005. – №6. – С. 16 – 19.
147. Mokhtarian P.L. Modeling Employees' Perceptions and Proportional Preferences of Work Locations/ P.L. Mokhtarian, M.N. Bagley. // *The Regular Workplace and Telecommuting Alternatives: Transportation Research*. – 2000. A-34. – №4. – P. 223–242.
148. Гируцкий О.И. Электронные системы управления агрегатами автомобиля / Гируцкий О.И., Есеновский-Лашков Ю.К., Поляк Д.Г. – М.: Транспорт, 2000. – 213 с.
149. Віниченко В.С. Мікропроцесорні засоби на транспорті / В.С. Віниченко. – Харків: ХДАМГ, 2002. – 215 с.
150. Симерс К.С. Волны Макимото: Chip News / К.С. Симерс; Пер. Ясеновского. – 2001. – № 7. – С. 30–35.
151. Мехатроника, основные понятия, современный и прогнозируемый уровень мехатронных систем: Энциклопедия «Машиностроение» / Снесарев М.Ю. Т-III-8. – М.: Машиностроение, 2000. – С. 714–730.
152. Антонов Б.И. Не «обо всем», а о мехатронике / Б.И. Антонов, Н.Б. Филимонов // (о границах проблематики журнала): Мехатроника. – 2000. – № 6. – С. 43–47.
153. Иванов В.Г. X-by-Wire идеология авомобильной мехатроники / В.Г. Иванов, В.Г. Бутылин. // Мехатроника. – 2001. – № 7. – С. 16–21.
154. Алексеев В.О. Мехатронная система непрерывного мониторинга автомобильных дорог / Алексеев В.О., Неронов С.Н., Хабаров В.О. // *Автомобильный транспорт: сб. науч. труд.* – Вып. 16. – Харьков: ХНАДУ, 2005. – С. 324–326.
155. Пат. 32142 U Україна, МПК(2006) G01C7/00, G01C23/00. Комп'ютеризований мобільний комплекс для оцінки якості покриття автомобільних доріг / Алексієв В.О., Гурко О.Г., Дзюбенко О.В., Хабаров В.О.; заявник та патентовласник Харківський національний автомобільно-дорожній університет. – № u200713053; заявл. 26.11.2007 ; опубл. 12.05.2008. Бюл. №9.
156. Кузьмин Д.М. Технология и методы интеллектуального мониторинга автотранспортных потоков и состояния

- автомобильных дорог: автореф. дисс. на соискание ученой степени канд. техн. наук / Д.М. Кузьмин. – М.: МАДИ, 2008. – 21 с.
157. Буслаев А.П. К вопросу об интеллектуальных системах в автомобильно-дорожном движении / А.П. Буслаев, Д.М. Кузьмин // «Наука и техника в дорожной отрасли»: Журнал, – вып. 2, 2006, С. 33-40.
 158. Кузьмин Д.М. Компьютерные методы обработки информации и распознавание образов в задачах транспорта и связи. Ч.1. Пакет Matlab / Буслаев А.П., Кузьмин Д.М., Яшина М.В. – МТУСИ. – М., 2008. – 86 с.
 159. Теленик С.Ф. Интеллектуализация транспортных технологий / Теленик С.Ф., Гученко Н.И., Алексеев О.П. // Вестник ХНАДУ: сб. науч. труд. – 2003. – Вып. 20. – С. 84–86.
 160. Теленик С.Ф. Объектно-ориентированная СУБД для интеллектуальных систем / С.Ф. Теленик, В.А. Лозинский. // Автоматика-98. – К.: НТУУ КПИ, 1998. – С. 349–353.
 161. Теленик С.Ф. Концепция моделирования и управления движением автотранспортных средств / С.Ф. Теленик, В.Н. Томашевский // Автомобильный транспорт: сб. науч. труд. – Харьков: ХГАДТУ. – 1998. – Вып. 1. – С. 98–100.
 162. Алексієв В.О. Мехатронізація транспортних машин та систем / В.О. Алексієв // Автомобільні дороги і дорожнє будівництво : науково-технічний збірник. – 2004. – № 71. – С. 79–84.
 163. Розробка та впровадження комп'ютерної системи збору, реєстрації і обробки результатів вимірювання показників рівності і зчепних якостей покриттів автомобільних доріг: звіт з наукової роботи / ХНАДУ – № держреєстрації 0102 U 004105. – Харків, 2002. – 91 с.
 164. Автоматизована система диспетчерського управління та контролю громадського пасажирського транспорту: звіт з наукової роботи / ХНАДУ – № держреєстрації 003V004398. – Харків, 2003. – 143 с.
 165. Моніторинг технічного стану покриття автомобільної дороги державного значення М04 Київ – Луганськ – Ізварине км 653+158 – 734 + 420, км 743+300 – 811 + 800: звіт з наукової роботи / ХНАДУ - № держреєстрації 0101U005210. – Харків, 2006. – 90 с.

166. Споруди транспорту. Дороги автомобільні. Метод визначення коефіцієнта зчеплення колеса автомобіля з дорожнім покриттям : ДСТУ Б. В.2 3-2-97.
167. Споруди транспорту. Дороги автомобільні. Методи вимірювання нерівностей основ і покриттів: ДСТУ Б. В.2 3-2-2000.
168. Авторская справка № 1587341 СССР, GO1C 7/04 Способ измерения радиуса кривой в плане автомобильной дороги и устройство для его осуществления / О.П. Алексеев, Э.В. Гаврилов, О.П. Смирнов, В.Е. Тырса. – № 4440388/2440388/24–28; Заявлено 4.04.88; Оpubл . 23.08.90. Бюл. № 31.
169. Авторская справка № 1749334 СССР, EO1C 23/07. Способ определения сцепных качеств дорожного покрытия / О.П. Алексеев, О.П. Смирнов, В.Е. Тырса. – № 4783806/33; Заявлено 24.10.89; Оpubл . 23.07.92. Бюл. № 27.
170. Авторская справка № 1796903 СССР, GO1 07/04. Способ определения продольного уклона участка автомобильной дороги / О.П. Алексеев, О.П. Смирнов, В.Е. Тырса. – № 4878774/10; Заявлено 22.08.90; Оpubл . 23.02.93. Бюл. № 7.
171. Авторская справка № 1827405 СССР, EO1C 23/07. Способ определения ровности дорожного покрытия / О.П. Алексеев, О.П. Смирнов. – № 4918213/33; Заявлено 12.03.91; Оpubл. 15.07.93. Бюл. № 26.
172. Пат. 55591 А Україна, МПК⁷ E01C23/07. Пристрій для моніторингу автомобільних доріг / Серіков С.А., Алексієв В.О., Костюченко С.М.; заявник та патентовласник Харківський державний автомобільно-дорожній технічний університет. – № 2001106697; заявл. 01.10.2001 ; опубл. 15.04.2003. Бюл. №4.
173. Пат. 51110 А Україна, МПК⁷ G08G1/00. Пристрій для вимірювання швидкості автомобіля / Серіков С.А., Алексієв В.О., Костюченко С.М.; заявник та патентовласник Харківський національний автомобільно-дорожній університет. – № 2002010132; заявл. 03.01.2002 ; опубл. 15.11.2002. Бюл. №11.
174. Пат. 38742 U Україна, МПК(2006) G01C23/00. Система для визначення просторово-часової орієнтації автотранспортних засобів / Алексієв В.О., Гурко О.Г.; заявник та патентовласник Харківський національний автомобільно-дорожній універ-

ситет. – № u200805769; заявл. 05.05.2008 ; опубл. 12.01.2009. Бюл. №1.

175. Хакен Г. Тайны природы. Синергетика: учение о взаимодействии / Г. Хакен – Москва-Ижевск: Институт компьютерных исследований, 2003. – 320 с.
176. Капица С.П. Прогнозы будущего / Капица С.П., Курдюмов С.П., Малиновский Г.Г. – М.: Едиториал УРСС, 2003. – 288 с.
177. Хакен Г. Тайны восприятия / Г. Хакен, М. Хакен-Крелль. – Москва: Институт компьютерных исследований, 2002. – 272 с.
178. Ивахненко А.Г. Принятие решений на основе самоорганизации / Ивахненко А.Г., Зайченко Ю.П., Димитров В.Д. – М.: Сов. радио, 1976. – 280 с.
179. Зеленовский Я. Організація трудових колективів / Я. Зеленовський. – М.: Прогресс, 1971. – 311 с.
180. Алексієв В.О. Концепція застосування GRID-технології на транспорті / В.О. Алексієв // Бионика интеллекта : Научно-технический журнал. – 2008. – Вып. 2(69). – С. 67–72.
181. Алексієв В.О. Синергетичний підхід до розвитку гетерогенних комп'ютерних ресурсів / В.О. Алексієв // Вестник ХНАДУ : Сборник научн. трудов. – 2008. – Вып. 41. – С.33–35.
182. Батароев К.Б. Аналогии и модели в познании / К.Б. Батароев. – Новосибирск: Наука, 1981. – 320 с.
183. Руденко О.Г. Основы теории искусственных нейронных сетей / О.Г. Руденко, Е.В. Бодянский. – Харьков: ТЕЛЕТЕХ, 2002. – 317 с.
184. Руденко О.Г. Искусственные нейронные сети / О.Г. Руденко, Е.В. Бодянский. – Харьков: ТЕЛЕТЕХ, 2004. – 372 с.
185. Нейро-фаззи сети Петри в задачах моделирования сложных систем: Системные технологии / Бодянский Є.В., Бодяньський Є.В., Кучеренко Є.І., Михалев А.И. – Днепропетровск, 2005. – 311 с.
186. Бодяньський Є.В. Адаптивне виявлення розладнань в об'єктах керування за допомогою штучних нейронних мереж: Системні технології / Бодяньський Є.В., Михалев О.І., Плісс І.П. – Дніпропетровськ:, 2000. – 140 с.
187. Комашинский В.И. Нейронные сети и их применение в системах управления и связи / В.И. Комашинский, Д.А. Смирнов – М.: Горячая линия – Телеком, 2003. – 94 с.

188. Рутковская Д. Нейронные сети, генетические алгоритмы и нечеткие системы / Рутковская Д., Пилиньский М, Рутковский Л.; Пер. с польск. И.Д. Рудинского. – М.: Горячая линия – Телеком, 2004. – 452 с.
189. Таненбаум. Э. Компьютерные сети / Э. Таненбаум. – СПб.: Питер, 2003. – 992 с
190. Олифер В.Г. Компьютерные сети. Принципы, технологии, протоколы: Учебник для вузов / В.Г. Олифер, Н.А. Олифер. – 3-е изд. – СПб.: Питер, 2006. – 958 с.
191. Валецька Т.М. Комп'ютерні мережі. Апаратні засоби / Т.М. Валецька – К.: Центр навчальної літератури, 2002. – 208 с.
192. Алексієв В.О. Новітня GRID – технологія для вирішення задач дослідження мехатронних систем у автомобільно-дорожньому ВНЗ / В.О. Алексієв // Вестник ХНАДУ : сб. научн. тр. – 2007. – Вып. 38. – С.276–278.
193. Алексієв В.О. Застосування GRID- технології у транспортному ВНЗ: Навчально-методичний посібник / В.О. Алексієв. – Харків: ХНАДУ, 2008. – 208 с.
194. Мартин Дж. Организация баз данных в вычислительных системах / Дж. Мартин. – М.: Мир, 1984. – 662 с.
195. Якубайтис Э.А. Локальные информационно-вычислительные сети / Э.А. Якубайтис. – Рига: Зинанте, 1985. – 359 с.
196. Шпаковский Г.И. Применение технологии МПІ в Грид / Шпаковский Г.И., Стецюренко В.И., Верхотуров А.Е. – Минск: БГУ, 2008. –137с.
197. Топорков В. В. Модели распределенных вычислений / В.В. Топорков. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2004. – 320 с.
198. Антонов А.С. Введение в параллельные вычисления: метод. пособие / А.С. Антонов. – М.: МГУ, 2002. – 69 с.
199. Как начать работать в Грид [Электронный ресурс] // ПИЯФ РАН. –2006. – 16 с. – Режим доступа к журн.: http://egee.pnpi.nw.ru/doc/UG_corr.doc
200. Практическое моделирование динамических систем / Кознов Д.В., Бенькович Е.С., Колесов Ю.Б., Сениченков Ю.Б.. – СПб.: БХВ – Петербург, 2002. – 464 с.
201. Визуальное моделирование: теория и практика [Электронный ресурс] / Д.В. Кознов // Интернет-университет информа-

- ционных технологий. – 2007. – 248 с. – Режим доступа к журн.: <http://www.intuit.ru/departments/se/vismodtp/>.
202. Буч Г. Язык UML. Руководство пользователя. – 2-е изд. / Буч Г., Рамбо Д., Якобсон И.; Пер. с англ. Мухин Н. – М.: ДМК Пресс, 2007. – 496 с.
203. Фаулер М. UML. Основы / М. Фаулер, К. Скотт; Пер. с англ. – СПб.: Символ-Плюс, 2002. – 192 с.
204. Введение в UML [Электронный ресурс] / Бабич А.В. // Интернет-университет информационных технологий. – 2008. – 176 с. – Режим доступа к журн.: <http://www.intuit.ru/departments/se/intuml/>.
205. Нотация и семантика языка UML [Электронный ресурс] / Леоненков А.В. // Интернет-университет информационных технологий. – 2005. – 320 с. – Режим доступа к журн.: <http://www.intuit.ru/departments/pl/umlbasics/>.
206. Ларман Крэг. Применение UML и шаблонов проектирования. – 2-е изд. / Крэг. Ларман; Пер. с англ. – М.: Издательский дом «Вильямс», 2004. – 624 с.
207. Карманное зазеркалье: мобильная дополненная реальность [Электронный ресурс] / К. Тихонов // Компьютерра. – 2008. – № 34. – Режим доступа к журн.: <http://www.sheep.ru/blog/txt/mobile-augmented-realit>
208. Алексієв В.О. Управління розвитком транспортних систем : монографія / В.О. Алексієв. – Харків: ХНАДУ, 2008. – 268 с.
209. Алексієв О.П. Нова інформаційна технологія управління дорожньою галуззю / О.П. Алексієв та ін. – К.: НМК ВО, 1992. – 212 с.
210. Системологія на транспорті: підручник: у 5 кн. Кн. 3. Дослідження операцій у транспортних системах / [Гаврилов Е.В., Дмитриченко М.Ф., Доля В.К., Лановий О.Т., Линник І.Е., Поліщук В.П.]. – К.: Знання України, 2008. – 370 с.
211. Солтон Дж. Динамические библиотечно-информационные системы / Дж. Солтон. – М.: Мир, 1979. – 536 с.
212. Клыков Ю.И. Банки данных для принятия решений / Ю.И. Клыков, Л.Н. Горьков. – М.: Сов. радио, 1980. – 208 с.
213. Богданов Ю.В. Применение теории операторов к задачам исследования динамических систем / Ю.В. Богданов. – М.: ХВКИУ, 1969. – 308 с.

214. Техническая кибернетика / Петров Б.Н., Петров В.В., Уланов Г.М. и др. ; под. ред. Б.Н. Петров. – М.: ВИНТИ, 1973. – 477 с.
215. Алексеев В.О. Информационный анализ и синтез мехатронных систем В.О. Алексеев // Вестник харьковского автомобильно-дорожного университета. – 2000. – Вып. 12-13 . – С. 199 – 201.
216. Васильев А.П. Ремонт и содержание автомобильных дорог / Васильев А.П., Баловнев В.И., Корсунский М.Б.. – М.: Транспорт, 1989. – 287 с.
217. Рожкова С.Э. Математическая модель и алгоритм оценки статистических характеристик микропрофиля дороги / С.Э. Рожкова // Автомобильный транспорт: сб. науч. труд. – Харьков: ХАДТУ. – 1997. – №3. – С. 10–13.
218. Алексеев В.О. Мониторинг транспортных мехатронных систем / В.О. Алексеев // Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті : науково-технічний журнал. – 2002. – № 4, 5 (37). – С.80–82.
219. Алексеев О.П. Автоматизация проектирования и управления механизированными дорожными работами / О.П. Алексеев. – К.: УМК ВО, 1987. – 86 с.
220. Обнаружение разладок в нелинейных стохастических последовательностях с помощью рекуррентных искусственных нейронных сетей / Є.В. Бодянский // Бионика. – Харьков, 1998. – Вып. 49. – С. 23–33.
221. Алексеев В.О. Интеллектуальный мониторинг дорожных машин / В.О. Алексеев // Вестник ХНАДУ : сборник научн. тр. – 2004. – Вып.27. – С. 201–204.
222. Алексеев В.О. Выбор инструментальных средств разработки микропроцессорных информационно-измерительных систем / В.О. Алексеев // Проблемы создания новых машин и технологий : научн. труды Кременчугского государственного политехнического университета. – 2000. – № 2/2000(9). – С. 308–310.
223. Алексеев В.О. Сетевая модель управления электрическими системами транспортных средств / В.О. Алексеев // Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті : науково-технічний журнал. – 2000. – № 2(23). – С.29–31.
224. Владимирський Б.М. Математика / Владимирський Б.М., Горстко А.Б, Ерусалимский Я.М. – СПб.: Лань, 2004. – 960 с.

225. Рейнгольд Э. Комбинаторные алгоритмы / Рейнгольд Э., Нивергельт Ю., Део Н. – М.: Мир, 1980. – 456 с.
226. Вентцель Е.С. Исследование операций / Е.С. Вентцель. – М.: Наука, 1988. – 208 с.
227. Модели и методы векторной оптимизации: Техническая кибернетика / Емельянов С.В., Борисов В.И., Малевич А.А., Черкашин А.М., т. 5/ – М.: ВНИИТИ, 1973. – С. 386–447.
228. Кухарев Б.Е. Разработка и принятие решений в многокритериальных системах: дис. канд. техн. наук / Б.Е. Кухарев. – Харьков: ХИРЭ, 1982. – 120 с.
229. Модели и методы векторной оптимизации: Техническая кибернетика / Емельянов С.В., Борисов В.И., Малевич А.А., Черкашин А.М., т. 5. – М.: ВНИИТИ, 1973. – С. 386–447.
230. Бозуэлл У. Внутренний мир Windows Server 2003, SP1 и R2. / Бозуэлл У.; Пер. с англ. – М.: ООО «И.Д. Вильямс», 2006. – 1264 с.
231. Немет Эви Руководство администратора Linux. – 2-е изд. / Немет Эви, Снайдер Гарт, Хейн Трент.; пер. с англ. – М.: ООО «И.Д. Вильямс», 2007. – 1072 с.
232. Таймэн Брайан. FreeBSD 6. Полное руководство / Таймэн Брайан; пер. с англ. – М.: ООО «И.Д. Вильямс», 2007. – 1056 с.
233. Сигорский В.П. Математический аппарат інженера / В.П. Сигорский. – М.: Техника, 1977. – 766 с.
234. Алексеев В.О. Информационный анализ и синтез мехатронных систем / В.О. Алексеев // Вестник Харьковського державного автомобільно-дорожного технічного університету. – 2000. – Вып. 12–13. – С. 199–201.
235. Алексеев В.О. Особенности разработки программного обеспечения автомобильных бортовых вычислительных комплексов / В.О. Алексеев, С.М. Костюченко, Ю.М. Суярко // Автомобільний транспорт : сб. научн. тр. – 2001. – Вып. 6. – С. 103–105.
236. Алексеев В.О. Система управления мехатронными объектами на основе самоорганизующейся нечеткой модели / В.О. Алексеев, Е.В. Бодянский, В.В. Колодяжный // Адаптивні системи автоматичного управління : Міжвідомчий науково-технічний збірник. – 2001. – № 4(24). – С. 17–23.
237. Алексеев В.О. Динамическая модель и статистическая оценка принятия решений по восстановлению свойств сложных

- объектов и систем / В.О. Алексеев // Вестник Харьковского государственного автомобильно-дорожного технического университета. – 1999. – Вып. 10. – С. 48–50.
238. Алексеев В.О. Автомобильная система информации универсального назначения / В.О. Алексеев // Автомобильный транспорт : Сборник научн. трудов. – 1999. – Вып. 3. – С. 84–86.
239. Гейтс Б. Бизнес со скоростью мысли. – 2-е изд. исправл. / Гейтс Б. – М.: Изд-во ЭКСМО-Пресс, 2001. – 480 с.
240. Спилман Д. Планирование, внедрение и поддержка инфраструктуры Active Directory Microsoft Windows Server 2003. Учебный курс Microsoft / Спилман Д., Хадсон К., Крафт М., Пер. с англ. – М.: «Русская Редакция2, СПб.: «Питер», 2006. – 656 с.
241. Веллинг Л. Разработка Web-приложений с помощью PHP и MySQL. 2-е издание. / Л. Веллинг, Л. Томсон; Пер. с англ. – М.: Издательский дом «Вильямс», 2004. – 800 с.
242. Гультияев А.К. Виртуальные машины: несколько компьютеров в одном. / А.К. Гультияев. – СПб.: Питер, 2006. – 224 с.
243. Колесов А. Технологии виртуализации ПО. / Колесов А. // ВУТЕ Россия, №3 (113). – М.: Издательство «СК Пресс», 2008. – С. 42–47.
244. Кабир Мохаммед Дж. Сервер Apache 2. Библия пользователя / Кабир Мохаммед Дж.; Пер с англ. – М.: Издательский дом «Вильямс», 2002. – 672 с.
245. Алексієв В.О. Інформаційні засади створення мехатронних систем / В.О. Алексієв // Автомобильный транспорт : сб. научн. тр. – 2003. – Вып. 13. – С. 297–300.
246. Алексієв В.О. Технічне забезпечення інтелектуалізації транспортних машин та систем / В.О. Алексієв // Вестник ХНАДУ : сб. научн. тр. – 2004. – Вып. 24. – С. 78–80.
247. Алексієв В.О. Особливості застосування GRID-технологій у транспортному ВНЗ / В.О. Алексієв // Управління розвитком : зб. наук. ст. – 2008. – №14. – С.8–9.
248. Алексеев В.О. О принципах разработки мехатронных систем транспортных средств / В.О. Алексеев, С.М. Костюченко, С.Н. Неронов, Ю.М. Суярко // Вестник Харьковского государственного автомобильно-дорожного технического университета. – 2001. – Вып. 15-16. – С. 140–142.

249. Алексеев В.О. Интеллектуальная технология организации движения транспортных средств / В.О. Алексеев, С.М. Костюченко // Автомобильный транспорт : сб. научн. тр. – 2002. – Вып. 10. – С. 98–100.
250. Алексієв В.О. Інформаційна технологія моніторингу автомобільних доріг / В.О. Алексієв, С.А. Серіков, С.М. Костюченко // Опыт и проблемы современного развития дорожного комплекса Украины на этапе вхождения в европейское сообщество: материалы Международной научной конференции. – Харьков. – 2002. – С.11–13.
251. Алексеев В.О. Измерительный комплекс для оценки динамических свойств гоночного автомобиля формулы 1600 / В.О. Алексеев, А.В. Ужва // Автомобильный транспорт : сб. научн. тр. – 2001. – Вып. 7–8. – С. 212–213.
252. Алексеев О.П. Информатика в проектировании, строительстве и эксплуатации автомобильных дорог / О.П. Алексеев. – К.: УМК ВО, 1988. – 108 с.
253. Матеріально-технічне забезпечення інформаційних технологій навчання в ХНАДУ в умовах входження України до Європейського освітнього простору / Туренко А.М., Гладкий І.П., Алексієв О.П., Левтеров А.І. – Харків: ХНАДУ, 2007. – С. 3–7.
254. Прусенко Е.Д. Система управления транспортно-эксплуатационным состоянием автомобильных дорог / Е.Д. Прусенко, В.Ф. Демишкан // Вестник ХГАДТУ: сб. науч. тр. – 1999. – Вып. 10. – С. 45–47.
255. Основные направления научно-технической политики в дорожной отрасли Украины: материалы Международной научной конференции «Опыт и проблемы современного развития дорожного комплекса Украины на этапе вхождения в Европейское сообщество» / Е.Д. Прусенко. – Харьков: ХНАДУ, 2002. – С. 6–9.
256. Алексієв В.О. Принципи інтелектуалізації моніторингу транспортних засобів та систем / В.О. Алексієв, В.О. Хабаров, О.В. Дзюбенко // Автомобильный транспорт : сб. научн. тр. – 2007. – Вып. 20. – С. 143–145.
257. Алексієв В.О. Створення GRID-технології / В.О. Алексієв, С.М. Неронов, В.П. Табулович // Автомобильный транспорт : Сборник научн. трудов. – 2008. – Вып. 23. – С. 166–169.

258. Богомолів В.О. Проблема створення єдиного інформаційного простору транспортних організацій / В.О. Богомолів, В.О. Алексієв // Автомобільний транспорт : сб. научн. тр. – 2009. – Вып. 25. – С. 222–225.
259. Богомолів В.О. Концептуальне обґрунтування та синергетичний підхід до розвитку транспортних систем / В.О. Богомолів, В.О. Алексієв // Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті : науково-технічний журнал. – 2009. – № 5(78). – С.59–63.

ЗМІСТ

ВСТУП	3
1. МЕХАТРОНІКА ТРАНСПОРТНИХ МАШИН ТА СИСТЕМ	7
1.1. Технологія X-Bu-Wire, мехатроніка та телематика.....	7
1.2. Сучасні транспортні системи, технології та процеси	30
1.3. Транспортні мехатронні системи	38
1.4. Інтелектуалізація та синергетика.....	47
2. ІНФОРМАТИЗАЦІЯ ТРАНСПОРТНИХ ОРГАНІЗАЦІЙ.....	57
2.1 Транспортна інфраструктура.....	57
2.2. Математичний опис та формалізація.....	63
2.3. Гетерогенні комп'ютерні ресурси	71
2.4. Візуальне моделювання	75
3. АВТОМОБІЛЬНА ТЕЛЕМАТИКА	92
3.1. Автомобільні комп'ютеризовані прилади та пристрої.....	92
3.2. Телематичний комплекс	102
3.3. Оцінка стану автомобільних доріг	112
3.4. Інтелектуальна технологія моніторингу умов руху автомобілів	121
4. РОЗПОДІЛЕНІ КОМП'ЮТЕРНІ СИСТЕМИ.....	128
4.1. Комп'ютерні ресурси на місцевому та регіональному рівнях	128
4.2. Інформатизація транспортної інфраструктури.....	132
4.3. Обчислювальний кластер транспортної організації.....	142
4.4. Розвиток комп'ютерних ресурсів транспортних систем.....	152
5. СИНЕРГЕТИКА ТРАНСПОРТНИХ МАШИН ТА СИСТЕМ	161
5.1. Принцип «невпинного розвитку»	161
5.2. Інтелектуалізація транспортних систем	170
6. ЗАКЛЮЧЕННЯ, ПЕРЕВІРКА ЗНАНЬ, САМОТЕСТУВАННЯ	182
ЛІТЕРАТУРА	185

Навчальне видання

АЛЕКСІЄВ Володимир Олегович

АЛЕКСІЄВ Олег Павлович

Ніконов Олег Якович

МЕХАТРОНІКА, ТЕЛЕМАТИКА, СИНЕРГЕТИКА
У ТРАНСПОРТНИХ ДОЛАТКАХ

Навчально-методичний посібник

Відповідальний за випуск *Ю.О. Ковтунов*

Авторська редакція

Комп'ютерна верстка Н.А. Купіної

Підписано до друку _____ р. Формат 60×84 1/16. Папір офетний.

Гарнітура Times New Roman Сут. Віддруковано на ризографі

Ум.друк. арк. _____. Обл.-вид.арк. _____.

Зам.№ _____. Тираж _____ прим. Ціна договірна

ВИДАВНИЦТВО

Харківського національного автомобільно-дорожнього університету

Видавництво ХНАДУ, 61002, Харків-МСП, вул. Петровського, 25.

Тел. /факс: (057)700-38-72; 707-37-03, e-mail: rio@khadi.kharkov.ua

*Свідоцтво Державного комітету інформаційної політики, телебачення
та радіомовлення України про внесення суб'єкта видавничої справи
до Державного реєстру видавців, виготівників і розповсюджувачів
видавничої продукції, серія ДК №897 від 17.04 2002 р.*