

## ЛІТЕРАТУРА

1. Похідні одиниці фізичних величин Міжнародної системи одиниць та позасистемні одиниці. Основні поняття, назви та позначення : ДСТУ 3651-97. – Київ: Держстандарт України, 1998. – 62 с.
2. Хантли Г. Анализ размерностей. – Москва : Мир, 1970. – 126 с.
3. Пожидаев С. П. К вопросу о радиусах эластичного колеса // Автошляховик України. – № 4. – 2014. – С. 6–8.
4. История механики с древнейших времен до конца XVIII / Под общ. ред. А. Т. Григорьяна, И. Б. Погребыского. – Москва : Наука, 1971. – 298 с.
5. Жуковский Н. Е. Теоретическая механика. – Москва-Ленинград : Государственное издательство технико-теоретической литературы, 1952. – 812 с.
6. Автомобили. Качение колеса. Термины и определения : ГОСТ 17697-72. – Москва : Госстандарт, 1972. – 24 с.
7. Литвинов А. С., Фаробин Я. Е. Автомобиль: Теория эксплуатационных свойств. – Москва : Машиностроение, 1989. – 240 с.
8. Кутьков Г. М. Тракторы и автомобили: теория и технологические свойства. – Москва : ИНФРА-М, 2014. – 506 с.
9. Шабаров А. А. Отдельные вопросы процесса равномерного качения ведущего пневматического колеса // Исследование ходовых систем колесных тракторов : Труды НАТИ. – Вып. 212. – Москва, 1971. – С. 3–30.
10. Гришкевич А. И. Автомобили. Теория. – Минск : Высшая школа, 1986. – 207 с.

## УДК 656.1/5

© М. В. Мнацаканян, (ГВУЗ “Приазовський державний технічний університет”);

© Т. Г. Данилова, канд. техн. наук, старший наук. співробітник;

© М. Б. Назаренко, канд. техн. наук, старший наук. співробітник;

© В. П. Кузьмич, зав. відділу

(відділ науково-методичного забезпечення та підвищення кваліфікації персоналу автомобільного транспорту; лабораторія досліджень використання палив та екології, ДП “ДержавтотрансНДІпроект”)

## ФОРМУВАННЯ ТРАНСПОРТНОЇ МЕРЕЖІ ІНДУСТРІАЛЬНОГО ЦЕНТРУ НА БАЗІ МЕТОДІВ ІМІТАЦІЙНОГО МОДЕЛЮВАННЯ

**Анотація.** Розглянуто проблему створення нової системи управління процесом функціонування ситілогістичної системи промислового центру в режимі реального часу. Проведено аналіз розвитку існуючих архітектурних форм ЛЕРМУ, виявлено їхні основні характеристики. Як шлях підвищення ефективності управління процесом функціонування ситілогістичної системи промислового центру в режимі реального часу обґрунтовано необхідність формування раціональних маршрутів руху на основі імітаційної моделі.

**Ключові слова:** ситілогістична система, лінійні елементи районів муніципальних утворень (ЛЕРМУ), математична модель, циклічний транспортний каркас.

**Аннотация.** Рассмотрено проблему создания новой системы управления процессом функционирования ситилогистической системы промышленного центра в режиме реального времени. Произведен анализ развития существующих архитектурных форм ЛЭРМО и выделены их основные характеристики. В качестве пути повышения эффективности управления процессом функционирования ситилогистической системы промышленного центра в режиме реального времени обоснована необходимость формирования рациональных маршрутов движения на основании имитационной модели.

**Ключевые слова:** ситилогистическая система, линейные элементы районов муниципальных образований (ЛЕРМО), математическая модель, циклический транспортный каркас.

**Annotation.** The problem of creating a new system for managing the process of functioning of the sitylogistical system of an industrial center in real time is considered. The analysis of the development of existing architectural forms of LEDMF is made and their main characteristics are identified. The necessity of forming rational traffic routes based on the simulation model as a way of increasing the efficiency of managing process functioning sitylogistical system of the industrial center in real time.

**Keywords:** sitylogistical system, linear elements of districts of municipal formations (LEDMF), mathematical model, cyclic transport frame.

ВСТУП

Транспортні системи великих індустріальних центрів – це сукупність лінійних, вузлових і супутніх об’єктів соціального і технічного призначення, що забезпечують надійне функціонування пасажирського та вантажного транспорту, пішохідні пересування населення. Їх основне призначення полягає в задоволенні попиту населення і потреб виробництва в транспортних послугах. При цьому важливим є підвищення ефективності роботи транспортних систем, безпеки, зручності, доступності перевезень пасажирів і вантажів передусім з урахуванням прийнятних витрат часу на пересування з одного боку, і витрат на забезпечення перевезення – з другого.

У наслідок значного перенасичення міст легковими автомобілями і збільшення обсягів вантажоперевезень виникла транспортна проблема з пропуском концентрованих автомобільних потоків, до освоєння яких вулична мережа міст виявилася не підготовленою. Це призвело до суттєвого зниження загальної швидкості руху транспортного потоку, і, як наслідок, до негативного впливу на навколишнє середовище. У зв’язку з цим постає завдання створення нової системи управління процесом функціонування сітілогістичної системи індустріального центру в режимі реального часу.

Аналіз останніх досліджень і публікацій у сфері сітілогістичних систем показав, що більшість розробок спрямовані на впровадження технічних і планувальних рішень щодо вирівнювання транспортно-навантаження на магістральних мережах індустріальних центрів (організація реверсивного руху, виділення смуг для пріоритетного руху, розробка і впровадження транспортних перетинів нового типу), заходів із захисту навколишнього середовища, систем швидкісних автомобільних трас, модернізації двигунів внутрішнього згорання [1-3].

Практичні розробки спрямовані на використання інтелектуальних транспортних систем, телеавтоматичних систем управління рухом транспорту і “розумних” світлофорів, в основі яких лежить використання методів штучного інтелекту [4].

Водночас важливою проблемою є розробка методів логістичного управління транспортними системами міст, спрямованих на забезпечення умов надійної та безпечної роботи всіх видів транспорту, підвищення їх взаємодії, ефективності використання транспортних засобів і пропускної здатності транспортних комунікацій.

*Мета статті* – моделювання транспортних потоків сітілогістичної системи індустріального центру задля створення нової системи управління вантажопотоками в режимі реального часу.

ОСНОВНА ЧАСТИНА

Аналіз стану транспортної системи та визначення факторів, що формують ефективність роботи окремих її ланок показав, що раціонально об’єктом дослідження представити на розгляд транспортну систему великого індустріального центру, приміром, Маріупольського вузла. У цьому індустріальному центрі, розташованому на кордоні зони зіткнення, відбувається взаємодія автомобільного, залізничного, електричного, морського транспорту і військової техніки (рис. 1).

Проблемні моменти для Маріупольського індустріального центру поглиблюються особливістю його розташування, оскільки транспортні комунікації міста, що пролягають через щільно забудовані житлові райони, пропускають поряд із пасажиропотоками експортні, імпортні та транзитні вантажопотоки, потоки військової техніки під час перебазування військ.

Транспортна інфраструктура індустріального центру – складна ієрархічна нестационарна система мережевої структури, інтегральна взаємопов’язана система мереж різного виду, які базуються на транспортному каркасі районів муніципальних утворень і належать різним власникам з урахуванням соціальних, екологічних, фінансових, часових та інших чинників. На основі європейських норм проведена класифікація вулиць і доріг досліджуваної системи м. Маріуполя (табл. 1).

Архітектура лінійних елементів районів муніципальних утворень (ЛЕРМУ) – сукупність міських ву-



Рис. 1. Транспортні одиниці міської системи Маріупольського вузла

## Основні критерії класифікації вулиць і доріг [5]

Критерій	Коментар
Систематично характеристики, що використовуються	
1. Швидкість	Проектна швидкість або верхнє обмеження швидкості
2. Відстань поїздки	Відстань поїздок / кореспонденцій, що обслуговуються вулицею
3. Рівень зв'язку	Між сусідніми районами міста
4. Стратегічна роль	Рівень, значимість елементів вулично-дорожньої мережі міста, що з'єднуються даної вулицею (тобто зв'язок між елементами одного або різних рівнів)
5. Рух	Вулиці призначені для пропуску автомобільного, вантажного і пасажирського транспорту, пішоходів
6. Досяжність	Досяжність від дорожніх комунікацій до під'їздів об'єктів, що обслуговуються
Частково використані характеристики	
7. Мережеві функції	Належність до магістральних вулиць і доріг або до місцевої мережі
8. Контроль доступу	Контроль в'їзду-виїзду, тобто дозвіл або заборона облаштування прилягань місцевих проїздів. Інтенсивність руху
9. Види руху	Автомобілі, громадський транспорт (автобуси, тролейбуси, трамваї), залізничний транспорт, вантажний автомобільний транспорт, пішоходи тощо
10. Навколишнє середовище	Стійкість і вплив навколишнього середовища
11. Забудова	Наявність забудови вздовж вулиці

лиць і транспортних проїздів, а також підземні, надземні або наземні транспортні лінії, які можуть бути не пов'язані з вуличною мережею, наприклад, відокремлені ділянки трамвайних ліній. Визначальною особливістю ЛЕРМУ є їх нерозривний взаємозв'язок із містом, яке вони обслуговують, характеристиками розселення, особливістю забудови, рельєфом місцевості, кліматичними особливостями тощо.

Тісний взаємозв'язок між характеристиками ЛЕРМУ і міста, яке вони обслуговують, визначає властиву транспортним мережам індивідуальність, яка впливає на організацію, умови, ефективність їх роботи. Це пояснює неможливість уникнути індивідуального вивчення і оптимізації ЛЕРМУ для конкретного міста.

Багато особливостей ЛЕРМУ пов'язано з історією їх розвитку. В історичних містах характеристики ЛЕРМУ визначалися абсолютно іншими вимогами. Відповідно, не завжди є змога раціонально модернізувати їх під сучасні вимоги.

Архітектуру ЛЕРМУ міських районів, які розвиваються, планують так, щоб створити найефективніші транспортні зв'язки між різними районами і зовнішнім транспортом, забезпечити їх пропускну здатність на перспективу. Відповідно Державні будівельні норми передбачають архітектурну структуру ЛЕРМУ і чітку класифікацію їх зв'язків за призначенням і характеристиками.

Основні властивості ЛЕРМУ визначаються їхніми морфологічними характеристиками (архітектурні характеристики форми і будови), представляють їх у вигляді графа. Прості конфігураційні частини ЛЕРМУ називаються структурними елементами, а складні – структурними компонентами.

Структурні елементи містять замкнуті контури – цикли і лінійні елементи – гілки. Структурні компоненти

складаються з цих елементів. Залежно від видів структурних елементів, мережі поділяються на три типи:

- деревовидні, що складаються тільки з гілок (рис. 2-а);
- циклічні, що включають і цикли, і гілки (рис. 2-б);
- комірчасті, що складаються тільки з циклів (рис. 2-в).

Сукупність, в якій у кожного циклу є хоча б одне спільне ребро з другим циклом, називається циклічний транспортний каркас. Деревоподібна (незамкнута) структурна компонента називається дендритом. Дендрити залежно від свого положення відносно циклічних компонентів поділяються на з'єднувальні, внутрішні й зовнішні. Вершина, загальна для дендрита і циклічного компонента, називається коренем дендрита. Від кореня ведеться відлік значень топологічного радіуса дендрита і виділяються топологічні яруси розгалуження.

Складність архітектури ЛЕРМУ характеризується кількістю топологічних ярусів – замкнутих кілець циклів. Яруси виділяються, починаючи із зовнішнього кордону остова. Перший ярус виділяється шляхом кругового обходу всіх циклів, що прилягають до зовнішньої межі остова і мають хоча

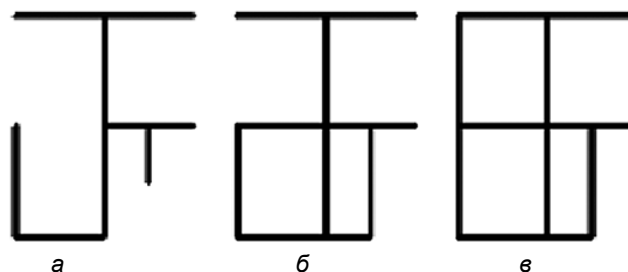


Рис. 2. Топологічні типи лінійних елементів районів муніципальних утворень

б одну спільну вершину з нею. Сукупність циклів у цьому зовнішньому кільці утворює перший топологічний ярус. Наступний ярус виділяється шляхом кругового обходу внутрішньої кордону першого ярусу.

Наприклад, транспортна мережа м. Маріуполя має один топологічний ярус, тобто є найпростішою транспортною мережею без резервування. Управління такою мережею призведе до низки проблемних ситуацій (рис. 3).

Аналіз розвитку існуючих архітектурних форм ЛЕРМУ, на прикладі м. Маріуполя дав змогу виокремити низку їх характеристик:

- архітектура ЛЕРМУ відображає історичне накреслення залізничних і автомобільних доріг у вигляді пучка ліній, що розходяться в різні боки;
- функційність маршрутів ЛЕРМУ, визначається дефіцитом характеристик “меридіонального” руху вантажних і пасажирських потоків;
- навколо однієї потужної транспортної артерії розташовується “рідка сітка тупикових” доріг, що найчастіше не відповідає вимогам сучасних ЛЕРМУ.

Отже, управління транспортними потоками в досліджуваних районах характеризується такими проблемами:

- нерівномірний розподіл вантажопотоків за видами транспорту (значне збільшення перевезень автотранспортом);
- затори на основних напрямках руху вантажопотоків;

- негативний вплив на навколишнє середовище і здоров'я мешканців, а також тяжкі наслідки дорожньо-транспортних пригод.

Дослідження транспортних потоків систем індустріальних центрів засновано на моделюванні транспортної мережі. Це дає змогу провести оцінку пропускної здатності елементів системи і пошук вузьких місць у технології обслуговування споживачів транспортних послуг.

Для вирішення поставленого завдання запропоновано імітаційну модель (ІМ) міської транспортної мережі для вантажного транспорту, реалізована відповідно до базової схеми формалізації системи моделювання MICIC4 [6].

Маршрутна транспортна мережа для вантажного транспорту, який обслуговує виробників дрібної й середньої ланок, представлена у вигляді однорівневого нелінійного динамічного технологічного процесу виробництва з ймовірними характеристиками [7], де в ролі операндів виступають вантажні автомобілі. Пункти зупинок, місця роздрібної торгівлі, дороги є технологічними операціями (рис. 4).

Окрім технологічних операцій на схемі представлені генератори операндів автомобілів (TRUCKS) і операндів вантажів (CARGO), а також поглиначі цих операндів. Технологічними операціями є світлофори {SVET}, транспортні маршрути {ROAD}, пункти зупинки {STOP}, місця обробки інформації {MPT}. Функціонування міської транспортної мережі відбувається зі змінними інтервалами руху транспортних засобів і інтенсивністю надходження вантажів протя-

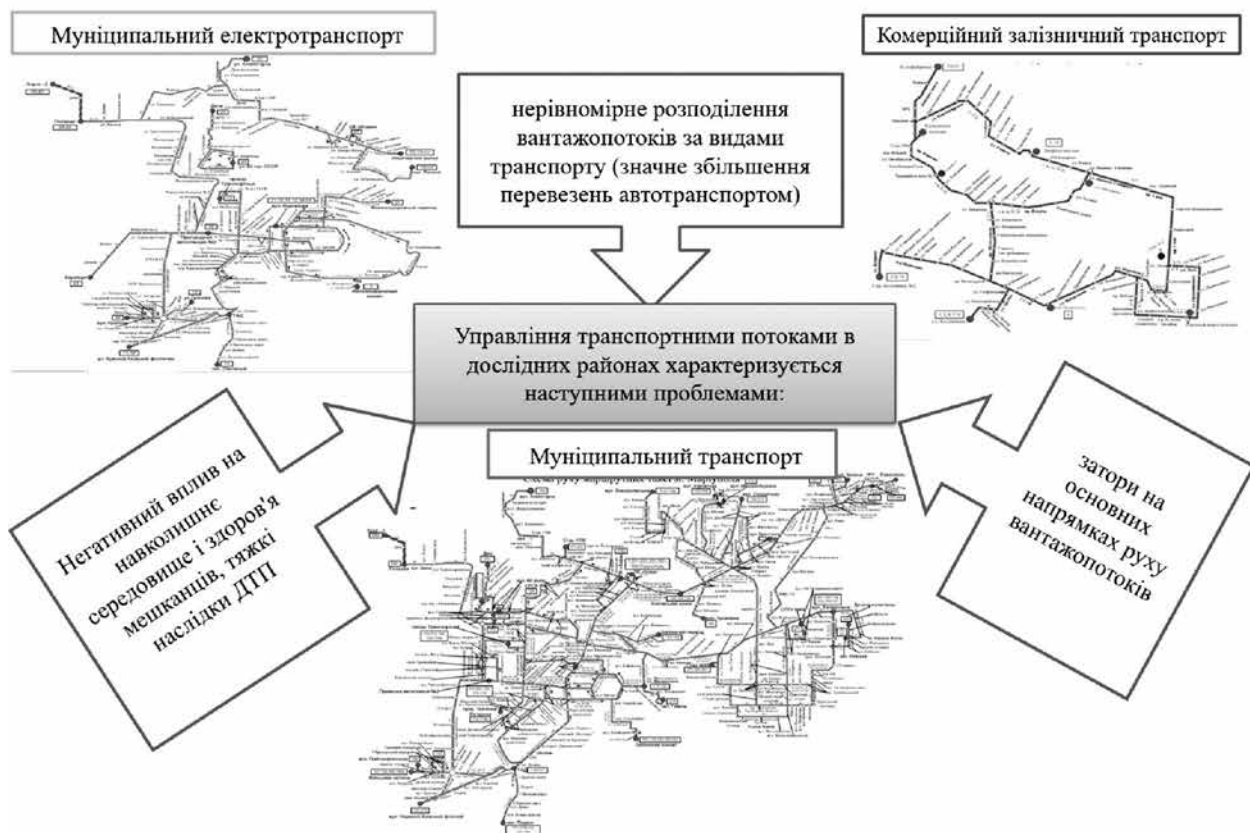


Рис. 3. Особливості сформованої інфраструктури транспортної системи м. Маріуполь

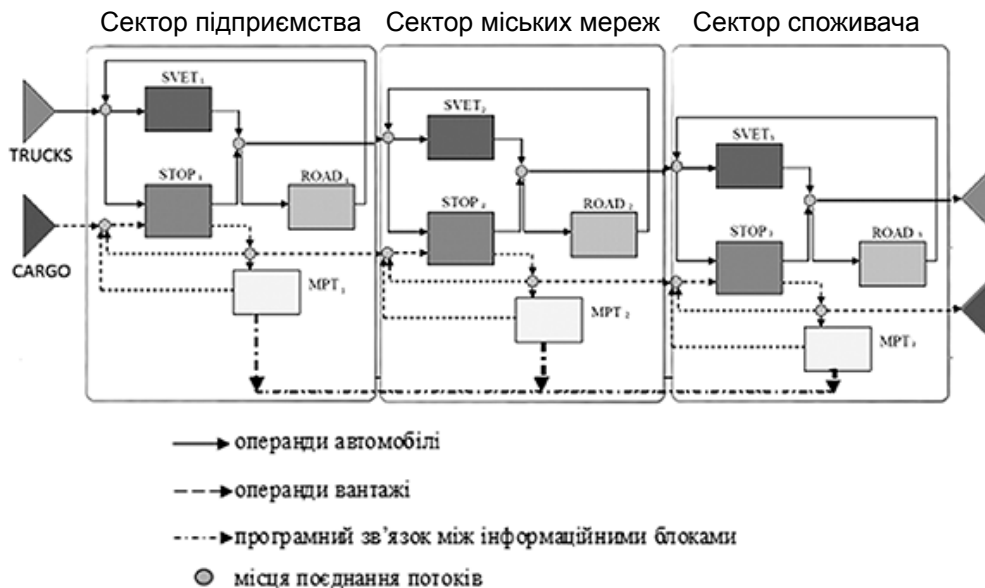


Рис. 4. Граф-схема транспортної мережі вантажопотоків

гом доби. Пункт призначення руху вантажу, наявність або відсутність перевантаження – все це задається у вхідних даних моделі [6].

Серед вхідних даних зазначають: кількість, назви, параметри роботи світлофорів; відстані між об'єктами маршрутів (зупинками і світлофорами);

кількість маршрутів і маршрути транспортних засобів; параметри (режим роботи за часом доби) та назви місць роботи; інтенсивність прибуття вантажів на місця роздрібної торгівлі за часом доби; інтервали виходу на лінію транспортних засобів за часом доби; маршрутні карти водіїв.

## ВИСНОВКИ

1. Із метою досягнення ефективних управлінських рішень у сітілогістичній системі індустріального центру проведено дослідження розвитку існуючих архітектурних форм ЛЕРМУ на прикладі м. Маріуполя.
2. Моделювання транспортної системи Маріупольського індустріального центру показало виникнення великої кількості конфліктних ситуацій у процесі її функціонування.
3. Як шлях підвищення ефективності управління процесом функціонування сітілогістичної системи індустріального центру в режимі реального часу обґрунтовано необхідність формування раціональних маршрутів руху на підставі імітаційної моделі.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Губенко В. К. Безпека дорожнього руху в системі міської логістики : VI Міжнародна науково-практична конференція ["Безпека дорожнього руху: правові та організаційні аспекти"] / В. К. Губенко, А. А. Лямзин, Е. А. Український. – Донецьк, 2011. – С. 178–180.
2. Заходи щодо покращення дорожньо-транспортної ситуації [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.gisocdd.ru/about/activity/projects>.
3. Нефьодова Я. І. Формування раціональних маршрутів руху транспортних засобів в умовах індустріального центру / Я. І. Нефьодова, А. А. Лямзин, М. С. Мнацаканян, Е. А. Український // Наукові вісті Далієвського університету. – 2012. – № 7. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [http://www.nbu.gov.ua/e-journals/Nvdu/2012\\_7/12nyiuic.pdf](http://www.nbu.gov.ua/e-journals/Nvdu/2012_7/12nyiuic.pdf).
4. Нефьодова Я. І. Керування транспортними потоками індустріальних центрів Донецького регіону / Я. І. Нефьодова, А. А. Лямзин, М. С. Мнацаканян // Вісник Донецької академії автомобільного транспорту. – Донецьк : "Рекламно-видавнича фірма "Молнія", 2012. – № 1. – С. 19–23.
5. Попков Г. В. Застосування теорії гіпермереж в задачах оптимізації систем мережевої структури. Проблеми оптимізації складних систем : Матер. III Азійської міжнар. школи-семінара, (Бішкек, Киргизька Республіка, 1-12 лип. 2007 р.). – Новосибірськ, 2007. – С. 87–92.
6. Четет П. Л. Реалізація імітаційної моделі мережі міського пасажирського транспорту / П. Л. Четет. – Гомель : Известия ДКУ ім. Ф. Скорини, 2006. – № 4 (37). – С. 102–104.
7. Левчук В. Д. Програмно-технологічні комплекси імітації складних дискретних систем / В. Д. Левчук, І. В. Максимей. – Гомель : ГГУ ім. Ф. Скорини, 2006. – 263 с.
8. Попков В. К. Максимальний потік і мінімальний розріз в гіпермережах : Матеріали 9-ї міжнар. конф. ПФІС-2006/ В. К. Попков, О. Д. Соколова, А. Н. Юргенсон. – Новосибірськ – С. 242–246.
9. Юргенсон А. Н. Пошук простий (s-t) ланцюга з максимальною пропускну здатністю в нестационарній гіпермережі : Матеріали конференції молодих вчених ІВМІМГ / О. М. Юргенсон. – Новосибірськ, 2005. – С. 264–274.