

**Ніконов Вадим Володимирович** – доктор медичних наук, Харківська медична академія післядипломної освіти; професор, завідувач кафедри медицини невідкладних станів, медицини катастроф і військової медицини, вул. Корчагинців, 58, м. Харків, Україна, 61176; тел.: 050-970-94-76; e-mail: [sofi\\_star@mail.ru](mailto:sofi_star@mail.ru).

**Nikonov Vadim** – Doctor of Medicine, Kharkiv Medical Academy of Postgraduate Education; Professor, Head of Department medicine of emergency conditions, disaster medicine and military medicine, Korchagintsev st., 58, Kharkiv, Ukraine, 61176; tel.: 050-970-94-76; e-mail: [sofi\\_star@mail.ru](mailto:sofi_star@mail.ru).

**Порван Андрей Павлович** – кандидат технических наук, Харьковский национальный университет радиоэлектроники; старший научный сотрудник кафедры биомедицинской инженерии, пр. Ленина, 14, г. Харьков, Украина, 61166; тел.: 066-294-06-70; e-mail: [porvan\\_a\\_p@mail.ua](mailto:porvan_a_p@mail.ua).

**Porvan Andrei** – PhD, Kharkiv National University of Radioelectronics; Senior Research Department of Biomedical Engineering, Lenina Ave., 14, Kharkiv, Ukraine, 61166; tel.: 066-294-06-70; e-mail: [porvan\\_a\\_p@mail.ua](mailto:porvan_a_p@mail.ua).

**Довнар Александр Иосифович** – кандидат технических наук, Харьковский национальный университет радиоэлектроники; доцент кафедры Биомедицинской инженерии, пр. Ленина, 14, г. Харьков, Украина, 61166;

**Довнар Олександр Йосипович** – кандидат технічних наук, Харківський національний університет радіоелектроніки; доцент кафедри Біомедицинської інженерії, пр. Леніна, 14, м. Харків, Україна, 61166;

**Dovnar Alexander** – Ph.D., Kharkiv National University of Radioelectronics; Associate Professor Department of Biomedical Engineering, Lenina Ave., 14, Kharkiv, Ukraine, 61166; tel.: 067-575-75-16; e-mail: [dov-alexandr@yandex.ua](mailto:dov-alexandr@yandex.ua).

**Чижик Елена Игоревна** – студентка, факультет Электронной техники, Харьковский национальный университет радиоэлектроники, пр. Ленина, 14, г. Харьков, Украина, 61166; тел.: 067-574-90-01; e-mail: [chizhik\\_nina@mail.ru](mailto:chizhik_nina@mail.ru).

**Чижик Елена Игоревна** – студентка, факультет Електронної техніки, Харківський національний університет радіоелектроніки, пр. Леніна, 14, м. Харків, Україна, 61166; тел.: 067-574-90-01; e-mail: [chizhik\\_nina@mail.ru](mailto:chizhik_nina@mail.ru).

**Chizhik Elena** – student, Faculty of Electronic Engineering, Kharkiv National University of Radioelectronics, Lenina ave., 14, Kharkov, Ukraine, 61166; tel.: 067-574-90-01; e-mail: [chizhik\\_nina@mail.ru](mailto:chizhik_nina@mail.ru).

УДК 656.222.3

**Г. М. СІКОНЕНКО, К. А. МУХОРТОВА**

## УДОСКОНАЛЕННЯ ОРГАНІЗАЦІЇ ВАГОНОПОТОКІВ В СУЧАСНИХ УМОВАХ

Розглядається організація вагонопотоків з урахуванням наявності вагонів інших держав та компаній операторів. Підвищення дальності прямування поїздів істотно впливає на термін доставки вантажу за рахунок ліквідації переробки на попутних технічних станціях, що особливо важливо відносно вагонів що не належать Укрзалізниці, оскільки плата за їх використання значно вища. Пропонується збільшити транзитність вагонопотоку за рахунок формування неповновагових поїздів із поповненням до повної маси на шляху прямування за умови економічної доцільності згідно із наведеною моделлю. Результати досліджень можуть бути використані при розробці мережевого плану формування поїздів.

**Ключові слова:** вагонопотік, план формування поїздів, рівень транзитності, власний вагон.

**Вступ.** Однією із фундаментальних компонент організації перевезень є робочий парк вагонів. В теперішній час доля вагонів що належать компаніям операторам та іншим державам складає 39 %. Питома вага перевезень що здійснюються компаніями-операторами стабільно зростає; згідно звітних даних за 2014р. у вагонах компаній операторів було перевезено понад 73млн. т вантажу що складає 20%. Більшість вагонів операторських компаній (31-32 тис вагонів) належать іноземним державам (Перша вантажна компанія України, Федеральна вантажна компанія). При організації роботи операторські компанії орієнтуються не на показники використання рухомого складу (порожній пробіг, продуктивність, вантажонапруженість), а на доходність у одиницю часу. Виникає парадоксальна ситуація: дії компанії оператора спрямовані на власну вигоду погіршують організацію експлуатаційної роботи залізниць. Даний феномен відображається у вигляді експлуатаційних показників які, традиційно вище для перевезень що здійснюється у вагонах Укрзалізниці у порівнянні компаній операторів. Таким чином однією із актуальних проблем сьогодення для залізниць є удосконалення організації ро-

боти з урахуванням обслуговування великої кількості приватних вагонів.

**Аналіз літературних даних та постановка проблеми.** Для розрахунку плану формування поїздів Укрзалізницею використовується методика [1] яка базується на фундаментальних методах розрахунку [2,3] які передбачають оцінку варіантів організації прямування вагонопотоків на мережі по витратам приведення вагоно-годин, власність вагону не враховується.

Розвитком попередніх праць є оцінювання потенціалу транзитності вагонопотоку [4]. Розглядаються можливі варіанти збільшення дальності прямування за рахунок формування групових поїздів.

У роботі [5] обґрунтовується перехід від приведення вагоно-годин до багатокритеріальної оптимізації на основі часу доставки, вагоно-кілометрів, кількості локомотивів на енерговитратах; вагонопотік вважається однорідним. Дослідження [6, 7] розглядають використання вагонів власності інших держав та компаній операторів при організації вагонопотоків, але не наведено моделей використання вагонів змішаного парку (з урахуванням вагонів власності держави).

© Г. М. Сіконенко, К. А. Мухортowa. 2015

Автор роботи [8] при реалізації багатокритеріального автоматизованого розрахунку плану формування поїздів визначає необхідний технічний рівень розвитку інфраструктури без виділення пріоритетного вагонопотоку.

**Мета і задачі дослідження.** Метою дослідження є удосконалення організації вагонопотоків з урахуванням пріоритетності. Процес вирішення поставленої проблеми включає розгляд наступних завдань:

- аналіз організації вагонопотоків в сучасних умовах;
- аналіз можливості підвищення рівня транзитності вагонопотоків;
- удосконалення плану формування поїздів за рахунок врахування пріоритетного вагонопотоку, варіації вагових норм та поповнення поїздів на шляху прямування.

**Удосконалення організації вагонопотоків з урахуванням вагонів власності інших держав та компаній операторів.** Суттєве підвищення ефективності організації перевезень в умовах значної кількості вагонів що не належить Укрзалізниці потребує комплексних заходів. До цього комплексу входять: удосконалення системи тарифів на залізничні перевезення, розвиток автоматизованих систем для взаємодії компаній-операторів між собою та залізницями, покращення системи організації вагонопотоків.

Сучасна система тарифів на залізничні перевезення є наслідком планової економіки часів СРСР. В умовах планової економіки акцент в організації роботи залізниць був на забезпеченні обороноздатності та здійсненню значних перевезень в умовах обмеженої провзної спроможності. Органічним у таких умовах є спрямованість на високі показники використання технічних засобів. При організації роботи компанії-оператора головною метою є отримання більшого доходу за одиницю часу, при цьому, за великим рахунком, компанію не цікавить які показники чи організаційні складнощі отримає залізниця. Тому в сучасних умовах дуже важливо переглянути складання тарифу на залізничні перевезення з урахуванням особливостей організації перевізного процесу в ринкових умовах.

Автоматизованої системи керування вантажними перевезеннями Укрзалізниці (АСК ВП УЗ) дозволяє здійснювати планування експлуатаційної роботи та динамічний контроль за її виконанням. В сучасних реаліях дуже важливо продовжувати розвиток даної системи з урахуванням значної кількості компаній операторів. Перспективним напрямком є створення технічної можливості по організації пулу вагонів що належать компаніям та використовуються ними узгоджено для власних потреб, враховувати інфраструктурні можливості та більшу кількість економічних критеріїв при підв'язці вагонів до замовлень.

Система організації вагонопотоків є одним із важливих інструментів організації роботи залізниць. Аналіз показників перевезень за останні 10 років свідчить, що доля відправлень які доставлені з перевищенням терміну доставки коливається у діапазоні 25-40%. При цьому більшу частину часу вагон знаходиться не у русі а на станціях; завантажені вагони, мають призначення на відстань у 2-2,5 разу більше, ніж місцезнаходження пунктів переробки [9,10]. Тому

необхідно збільшення відстані прямування вагону без переробки.

Задача підвищення транзитності вагонопотоку полягає в реалізації декількох етапів:

- 1) визначити різницю у відстані прямування кореспонденції вагонопотоку та поїзда (згідно існуючого плану формування поїздів);
- 2) встановити наскільки можна підвищити дальність прямування вагонів без переробки за рахунок формування поїздів певних категорій (наприклад групових поїздів з поповненням маси на шляху прямування);
- 3) визначити організаційні заходи для реалізації встановлених призначень.

Визначення раціонального плану поїздоутворення зручно навести у вигляді графу (рис. 1).

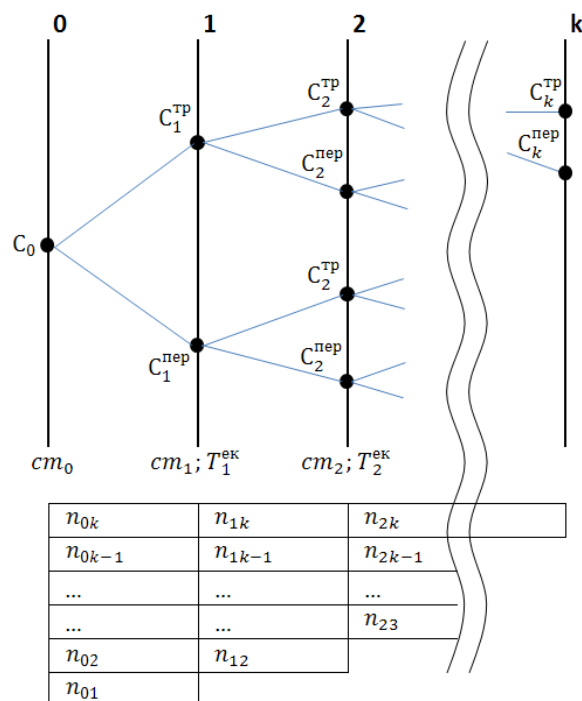


Рис. 1 – Граф формування поїздів з підвищенням транзитності

На графі представлено напрямки який складається із  $k$  станцій, що відображено у вигляді осей. У графіку сумішених струменів вагонопотоку (нижня частина рисунку) перелічені вагонопотоки, що прямують на полігоні від  $-тої$  до  $k$ -тої станції – . Вершинами графу  $C_i$  позначені технічні станції визначені планом формування поїздів, які вагон може проходити з переробкою або транзитом  $C_i^{mp}$ . Для кожної станції графу визначаються витрати на накопичення складу  $cm_i$  та приведена економія від прослідування станції без переробки  $T_i^{ek}$ . Відповідно для станції  $C_i$  загальна потужність транзитних призначень що проходять станцію складатиме  $\sum n_{i,i+1}$ . Вершини графу поєднані між собою ребрами, послідовність ребер  $C_i^{nep} \dots C_k^{nep}$  відповідає призначенню  $p_{ik}$  потужністю  $n_{ik}$ , що не виділене в наскрізне самостійне призначення ПФП загальною методикою розрахунку.

Існуючі методи розрахунку ПФП передбачають формування по кожній станції полігону поїзда встановленої вагової норми. Всі вагонопотоки, що не були виділені в самостійні призначення включаються до дільничних і будуть перероблятися на кожній попутній технічній станції на шляху прямування, що значно підвищує реалізований термін доставки та негативно впливає на конкурентоспроможність залізниць. Тому для призначень що не були виділені у самостійні доцільно розглянути можливість формування поїздів зменшеної норми з поповненням на шляху прямування. Наприклад розглянемо струмись  $n_{ok}$  який не був виділений у самостійне призначення. Пропонується формування поїзду зменшеної ваги  $m'$  та здійснювати поповнення маси на попутних технічних станціях групами вагонів із вагонопотоків  $n_{2k} \dots n_{k-2,k}$ . Доцільність формування поїздів пропонується оцінити вартісним критерієм, оскільки витрати вагоно-годин, які використовуються у встановленій методиці розрахунку ПФП не враховують велику кількість факторів (зокрема різну вартість використання вагонів різних власників). Витрати на реалізацію плану формування можна оцінити як:

$$E = EE_{ек} - \Delta E_{пот} + \Delta E_{нак} + \Delta E_{ман} + \Delta t \quad (1)$$

де  $E$  – економія витрат, за рахунок прискорення переміщення вагонів у шляху прямування, скорочення простою на технічних станціях, зменшення використання технічних засобів станцій, перечеплення поїзних локомотивів, грн;

– додаткові витрати пов'язані із недовикористанням потужності локомотиву, збільшенню поїздів на графіку, грн;

– різниця вартості накопичення вагонів при перевезенні дільничними поїздами та при організації поповнення маси поїзда на шляху прямування, грн;

– різниця вартості маневрової роботи при формуванні дільничних поїздів та груп вагонів що причіпляються, грн;

– скорочення виплат за повернення власних вагонів, за несвоєчасну доставку вантажу, грн.

**Висновки.** Існуюча система організації вагонопотоків склалася в часи існування лише парку вагонів власності залізниці, тому на рівні розрахунку плану формування не враховує пріоритетний вагонопотік. У теперішній час парк вагонів власності інших держав та компаній операторів перевищує третину, а особливості його використання потребують суттєвих змін при розрахунках плану формування поїздів.

Пропонується удосконалення методів розрахунку плану формування поїздів на основі визначення можливості підвищення транзитності пріоритетного вагонопотоку за рахунок формування поїздів зменшеної ваги з поповненням по маршруту прямування. Ви-

бір варіантів формування поїздів здійснюється на основі приведених експлуатаційних витрат.

Реалізація запропонованих моделей дозволить зменшити переробку на попутних технічних станціях, скоротити термін доставки вантажу та підвищити ефективність використання технічних засобів залізничного транспорту.

**Список літератури:** 1. Інструктивні вказівки з організації вагонопотоків на залізницях України [Текст] / Затв. наказом Укрзалізниці від 29.12.2004 № 1028-ЦЗ. 2. Дувалян, С. В. Методы и алгоритмы решения задач планирования и учета на железнодорожном транспорте [Текст] / С. В. Дувалян // Труды ЦНИИ МПС. – 1969. – Вып. 401. – 256 с. 3. Попов, А. И. Расчет на ЭЦВМ плана формирования поездов по способу направленного перебора вариантов [Текст] / А. И. Попов // Железнодорожный транспорт – 1967. – № 2. – С. 42–46. 4. Аветикян, А. А. Исследование потенциала транзитности вагонопотока на железнодорожном транспорте [Текст]: диссертация доктора техн. наук / А. А. Аветикян; ЦНИИТЭИ МПС. – М., 1982. – 276 с. 5. Асьминин, А. Т. Рациональная организация вагонопотоков на основе методов многокритериальной оптимизации [Текст]: диссертация доктора техн. наук / А. Т. Асьминин; Самарский институт инженеров железнодорожного транспорта. – Самара, 2000. – 260 с. 6. Дегтярев, В. Г. О моделировании процессов управления вагонопотоками с учетом вагонов других государств [Текст] / В. Г. Дегтярев, С. Ю. Елисеев, В. И. Ковалев // Известия Петербургского университета путей сообщений. – 2004. – №2 – С.16–19. 7. Бородин, А. Ф. Адаптивное управление вагонопотоками [Текст] / А. Ф. Бородин // Железнодорожный транспорт, 2005. – № 1. – С. 33–37. 8. Раев, П. В. Развитие методов автоматизированного расчета плана формирования поездов с учетом параметров инфраструктуры железнодорожного транспорта [Текст]: диссертация кандидата техн. наук / П. В. Раев; Петербургский государственный университет путей сообщений. – Санкт-Петербург, 2006. – 156 с. 9. Малахова, О. А. Удосконалення управління вагонопотоками при збільшенні транзитності перевезень [Текст] / О. А. Малахова, К. Е. Таратущка // Збірник наукових праць УкрДАЗТ. – 2012. – №133 – С. 105–109. 10. Сіконенко Г. М. Удосконалення технології перевезення вантажів з використанням вагонів власності інших держав [Текст] / Г. М. Сіконенко, А. А. Моніч // Вісник НТУ «ХПІ». – 2013. – №70(1043) – С. 66–70.

**Bibliography (transliterated):** 1. Zatverdzheno nakazom Ukrzaliznitsi vid № 1028-CZ (2004). Instruktivni vkazivki z organizatsii vagonopotokiv na zaliznitsyakh Ukraini. 2. Duvalyan, S. (1969). Metody i algoritmy resheniya zadach planirovaniya i ucheta na zheleznodorozhnom transporte. Trudy CNII MPS, 401, 256. 3. Popov, A. (1967). Raschet na ECVM plana formirovaniya poezdov po sposobu napravlenno perebora variantov. Zheleznodorozhnyj transport, 2, 42–46. 4. Avetikian, A. (1982). Issledovanie potentsiala tranzitnosti vagonopotokov na zheleznodorozhnom transporte. dissertatsiya doktora tekhn. nauk. MPS, 276. 5. Asminin, A. (2000). Racionalnaya organizatsiya vagonopotokov na osnove metodov mnogokriterialnoj optimizatsii. dissertatsiya doktora tekhn. Nauk. institut inzhenerov zheleznodorozhnogo transporta, Samara, 260. 6. Degtyarev, V., Eliseev, S., Kovalev, V. (2004). O modelirovanii processov upravleniya vagonopotokami s ucheto vagonov drugih gosudarstv. Izvestiya Peterburgskogo universiteta putej soobshhenij, 2, 16–19. 7. Borodin, A. (2005). Adaptivnoe upravlenie vagonopotokami. Zheleznodorozhnyj transport, 1, 33–37. 8. Raev, P. (2006). Razvitie metodov avtomatizirovannogo rascheta plana formirovaniya poezdov s ucheto parametrov infrastruktury zheleznodorozhnogo transporta. dissertatsiya kandidata tekhn. nauk. Peterburgskij gosudarstvennyj universitet putej soobshhenij. Sankt-Peterburg, 156. 9. Malaxova, O., Taratushka, K. (2012). Udokonalennyya upravlinnya vagonopotokami pri zbilshenni tranzitnosti perevezen. Zbirnik naukovix prac UkrDAZT, 133, 105–109. 10. Sikonenko, G., Monich, A. (2013). Udokonalennyya texnologii perevezenyya vantazhiv z vikoristannyam vagoniv vlasnosti inshix derzhav. Visnik NTU «XPI», 70(1043), 66–70.

Надійшла (received) 26.10.2015

Відомості про авторів / Сведения об авторах / About the Authors

**Сіконенко Григорій Михайлович** – кандидат технічних наук, Український державний університет залізничного транспорту, доцент кафедри «Управління експлуатаційною роботою»; майдан Фейєрбаха, 7, м. Харків, Україна, 61050; тел.: 050-027-24-07; e-mail: [gregsik79@gmail.com](mailto:gregsik79@gmail.com).



**Мухортובה Кристина Андріївна** – студентка, Український державний університет залізничного транспорту, Кафедра «Управління експлуатаційною роботою», майдан Фейєрбаха, 7, м. Харків, Україна, 61050.

**Сиконенко Григорій Михайлович** – кандидат технічних наук, Український державний університет залізничного транспорту, доцент кафедри «Управління експлуатаційною роботою», площа Фейєрбаха, 7, г. Харків, 61050; тел.: 050-027-24-07; e-mail: [gregsik79@gmail.com](mailto:gregsik79@gmail.com).

**Мухортובה Кристина Андреевна** – студентка, Український державний університет залізничного транспорту, Кафедра «Управління експлуатаційною роботою», площа Фейєрбаха, 7, г. Харків, 61050.

**Sikonenko Gregorii** – candidate of technical sciences, Associate professor, Ukrainian State University of Railway Transport, Kharkiv, Feuerbach sq, 7, 61050; tel.: 050-027-24-07; e-mail: [gregsik79@gmail.com](mailto:gregsik79@gmail.com)

**Mukhortova Christine** – student, Ukrainian State University of Railway Transport, Kharkiv, Feuerbach sq, 7, 61050; tel.: 050-012-38-13.

УДК 004.942(519.876.5)

**С. В. СИРОТА**

## МОДЕЛЬ СИНХРОНІЗАЦІЇ РОБОТИ АДАПТИВНИХ СИСТЕМ РЕГУЛЮВАННЯ ДОРОЖНЬОГО РУХУ НА ПЕРЕХРЕСТЯХ ТРАНСПОРТНОГО ВУЗЛА ДОВІЛЬНОЇ ТОПОЛОГІЇ НА БАЗІ РЕСУРСНОЇ МЕРЕЖІ

Обґрунтовано використання ресурсної мережі для моделювання завантаженості регульованих перехрестів в реальному часі. Запропонований підхід дозволяє досліджувати і порівнювати різноманітні модулі управління рухом на перехресті з метою оптимізації пропускної здатності транспортного вузла довільної топології, моделювати складні автотранспортні мережі великих міст з великою кількістю автомобілів. Розроблено дискретно-подієву модель перехрестя, та запропоновано структуру ресурсної мережі з допомогою, якої моделі перехрестів поєднуються в модель дорожньої ділянки.

**Ключові слова:** ресурсні мережі, пропускна спроможність, адаптивні системи регулювання руху, транспортні потоки.

**Вступ.** Нагальною проблемою багатьох сучасних міст є оптимальне керування дорожнім рухом. Запобігання транспортних заторів зменшує кількість шкідливих викидів, підвищує безпеку руху та заощаджує час, який витрачає людина в транспорті і в результаті поліпшує якість життя в місті в цілому.

Необхідність впровадження автоматизованих систем керування дорожнім рухом сьогодні не викликає сумнівів. Основою таких систем є програмна модель транспортної системи реалізована з використанням спеціалізованих структур даних і дозволяє проводити аналіз здійсненності планів перевезень з виявленням «вузьких» місць в транспортно-логістичній системі з метою оптимізації планів перевезень в нормальному режимі та при проведенні масштабних заходів.

Зазвичай дорожній рух на регульованому перехресті в автоматичному режимі контролюється світлофором з фіксованим часом зміни сигналу або світлофором, режим перемикання якого змінюється в залежності від часу доби. В розвинутих країнах застосовуються адаптивні світлофори які автоматично відповідно до дорожньої ситуації змінюють час перемикання сигналу. Але перед тим як запровадити таку систему на реальному перехресті необхідно моделювання та дослідження її роботи і взаємодії з іншими перехрестями. Тому створення адекватних моделей транспортних вузлів є актуальною задачею.

**Аналіз літературних даних та постановка проблеми.** Задача моделювання транспортних мереж є досить відомою задачею з 1736 року, часів Л. Ейлера та появи теорії графів [1]. Становлення поняття потокова мережа пов'язане з доведенням теореми про максимальний потік [2] та розробкою алгоритму Форда – Фалкерсона. Основи математичного моделювання закономірностей дорожнього руху були закладені на початку XX сторіччя. [3] Розгорнутий аналіз стратегій автома-

тизованого управління дорожнім рухом наведено в роботі [4]. Слід виділити підходи до моделювання транспортної мережі і моделювання роботи окремого перехрестя. Найпростішим варіантом є світлофор з фіксованим часом роботи кожного сигналу. Більш складним є той, тривалість сигналів якого встановлюється для певних проміжків доби, або навіть тижня. Такі ділянки руху поєднувались в системи пультового управління, роботу яких контролював диспетчер. Наступним етапом стало застосування адаптивних світлофорів, які мали датчики для відстеження транспортних засобів на в'їздах перехрестя і корегували час перемикання в залежності від їх показників. [5, 6]. Для моніторингу поточної ситуації на перехресті використовуються дані зі встановлених камер спостереження та різноманітні датчики, аналіз інформації з яких, дозволяє регулювати рух на перехресті в режимі реального часу із застосування нечіткої логіки [7] нейромережевого підходу та інших інтелектуальних методів.

Основним недоліком такого варіанту є неможливість автоматично адаптуватись до дорожньої ситуації на суміжних перехрестях і змінювати час перемикання сигналу відповідно до дорожньої ситуації на транспортному вузлі в цілому. Останнім часом було проведено ряд досліджень [8, 9] з метою порівняти ефективність застосування різноманітних методів керування адаптивним світлофором, результат яких показав доцільність побудови моделі транспортного вузла де адаптивні світлофори виступають в якості агентів.

**Ціль та задачі дослідження.** Метою даного дослідження є імітаційне моделювання транспортного вузла, що складається з декількох перехрестів із адаптивними і фіксованими світлофорами для подальшої розробки методів оптимального керування його роботою. Модель повинна вирішувати питання підтримки прийняття