

**Хігров І.О., доцент кафедри транспортних технологій
і технічного сервісу, к.т.н., доцент**

Національний університет водного господарства та природокористування

КЛЮЧОВІ АСПЕКТИ МОДЕЛЮВАННЯ ТРАНСПОРТНИХ ПРОЦЕСІВ І СИСТЕМ

Взаємозв'язок автомобільного транспорту з транспортними процесами і системами є багатограним та охоплює різні аспекти організації руху, логістики, інфраструктури, технологій, а також економічних, екологічних і соціальних чинників [1].

Автомобільний транспорт відіграє важливу роль у логістичних ланцюгах постачання, забезпечуючи перевезення вантажів між виробниками, дистриб'юторами і споживачами.

Транспортні процеси включають в себе планування маршрутів, завантаження і розвантаження товарів, управління автопарком, а також координацію між різними видами транспорту. Ефективна організація процесів автомобільних перевезень дозволяє зменшити витрати на логістику, скоротити час доставки і підвищити якість обслуговування [2].

Транспортні системи включають інфраструктуру доріг, автомагістралей, мостів, тунелів, а також системи управління рухом, паркування, світлофори і знаки [3]. Автомобільний транспорт тісно пов'язаний з якістю та доступністю цієї інфраструктури. Наприклад, у міських транспортних системах автомобілі використовуються для особистих і комерційних поїздок, що сприяє розвитку систем інтелектуального управління рухом, які допомагають оптимізувати транспортні потоки. Недостатній розвиток інфраструктури або її перенасиченість призводять до проблем, таких як затори, аварії та погіршення якості повітря.

Автомобільний транспорт є одним з основних рушіїв економіки [4]. Він забезпечує робочі місця в транспортній галузі, впливає на розвиток торгівлі, промисловості та будівництва. Крім того, ефективність транспортних процесів безпосередньо впливає на витрати компаній та загальний рівень економічного розвитку регіонів і країн.

Автомобільний транспорт значною мірою впливає на стан довкілля. Він є основним джерелом викидів парникових газів та інших забруднювачів повітря, що негативно впливає на клімат і здоров'я людей. Електрифікація транспорту та розвиток альтернативних джерел енергії, таких як гібридні або електромобілі, є частиною сучасних тенденцій у транспортних системах, спрямованих на зменшення впливу на екологію [4].

Автомобільний транспорт надає мобільність населенню, дозволяючи легко пересуватися між роботою, домом і місцями дозвілля. Він також відіграє важливу роль у соціальній інтеграції, забезпечуючи доступ до медичних, освітніх і соціальних послуг. Однак високий рівень автомобілізації може спричинити проблеми, такі як перевантаження доріг, стрес водіїв та погіршення якості життя у великих містах через затори та забруднення.

Моделювання активно застосовується у науці, інженерії, економіці, медицині, транспорті та багатьох інших галузях для вирішення складних завдань і покращення процесів. Моделювання – це процес створення моделі та її використання для аналізу або прогнозування поведінки реальної системи. Моделювання дозволяє проводити експерименти без ризику і витрат, отримувати відповіді на запитання «що буде, якщо?»; прогнозувати результати певних дій або змін; оптимізувати системи для досягнення кращих результатів. Необхідність у моделюванні транспортних процесів і систем проявляється в багатьох аспектах організації та оптимізації транспортної діяльності. Воно дозволяє прогнозувати, аналізувати та покращувати різні елементи транспортних систем, що важливо для забезпечення ефективності, безпеки та екологічності перевезень.

Моделювання транспортних потоків допомагає оптимізувати рух на дорогах, зменшувати затори та покращувати пропускну здатність транспортної інфраструктури [5]. Воно дозволяє передбачати поведінку транспортних засобів в умовах різних сценаріїв, таких як зміни в інфраструктурі (наприклад, будівництво нових доріг або розв'язок), збільшення трафіку або аварійні ситуації.

При розробці нових транспортних систем або модернізації існуючих важливо передбачити, як вони будуть функціонувати у різних умовах [6]. Моделювання інфраструктури (дороги, мости, тунелі) дозволяє оцінити їх ефективність до будівництва. Це знижує ризики невиправданих витрат, допомагає вибрати оптимальні варіанти планування і будівництва, а також забезпечує найкращі умови для перевезення пасажирів і вантажів.

Моделі дозволяють передбачити зміни у транспортних потоках у зв'язку зі збільшенням кількості транспортних засобів, зміною поведінки водіїв або введенням нових законодавчих норм (наприклад,

платні дороги або обмеження швидкості). Це особливо важливо у великих містах, де управління трафіком допомагає зменшити затори та поліпшити мобільність.

Моделювання дозволяє оцінити екологічний вплив транспортних систем, зокрема, викиди парникових газів та інших забруднювачів повітря [7]. Можна прогнозувати, як різні заходи (електрифікація транспорту, покращення інфраструктури, зміна маршрутів) можуть знизити рівень забруднення і зменшити негативний вплив транспорту на довкілля.

Моделювання використовується для аналізу і підвищення безпеки руху [5]. Воно дозволяє виявити потенційно небезпечні ділянки доріг, оцінити ризики аварій і розробити заходи для їх попередження. Симуляції можуть показати, як зміни в дизайні доріг, світлофорах, знаках або організації руху можуть вплинути на безпеку.

Економічні моделі транспортних систем допомагають розрахувати витрати на будівництво та експлуатацію інфраструктури, а також визначити найбільш рентабельні рішення для приватного та публічного транспорту [6, 8]. Моделювання дозволяє враховувати витрати на паливо, обслуговування, ремонти та інші операційні витрати, що допомагає оптимізувати ресурси.

Транспортні системи зазвичай складаються з різних видів транспорту (автомобільного, залізничного, авіаційного, водного), і їхня ефективна взаємодія є критичною. Моделі інтегрованих транспортних систем дозволяють оптимізувати перевезення вантажів і пасажирів між різними видами транспорту, забезпечуючи плавні переходи і скорочуючи затрати часу та ресурсів.

Моделі транспортних процесів можуть також враховувати соціальні чинники: доступність транспорту для різних груп населення, вплив транспортної інфраструктури на якість життя, а також вплив на зайнятість у галузі.

Зі зміною глобальних економічних, соціальних та екологічних умов транспортні системи повинні адаптуватися до нових реалій. Моделювання допомагає спрогнозувати довгострокові наслідки різних факторів (зростання населення, зміна клімату, розвиток нових технологій) і розробити стратегії адаптації.

Існує багато видів програмного забезпечення для комп'ютерного моделювання транспортних процесів і систем, що надають широкий спектр можливостей для аналізу та оптимізації (зокрема TransCAD, VISUM, MATSim, SUMO [9-11]).

Висновки. Автомобільний транспорт є невід'ємною частиною транспортної системи, і його ефективність залежить від узгодженої роботи всіх елементів цієї системи – інфраструктури, технологій, екологічних стандартів та соціально-економічних чинників.

Моделювання транспортних процесів і систем є необхідним інструментом для прийняття рішень на всіх етапах: від проектування і планування до впровадження й управління транспортними системами. Це дозволяє забезпечити баланс між ефективністю, безпекою, економікою та екологією.

Література

1. Автомобільний транспорт. Енциклопедія сучасної України : веб-сайт. URL: <https://esu.com.ua/article-42458>.
2. Лашених О. А., Кузькін О. Ф. Методи і моделі оптимізації транспортних процесів і систем. Запоріжжя : ЗНТУ, 2006. 435 с.
3. Гащук П. М., Тимошенко Ю. С. Означуваність і зміст поняття транспортної системи. Вісник Львівського державного університету безпеки життєдіяльності. 2020. № 22. С. 67-77. URL: <https://media.neliti.com/media/publications/388366-definition-and-content-of-the-concept-tr-60257141.pdf>.
4. Савенко В. Я., Гайдукевич В. А. Транспорт і шляхи сполучення. Київ: Арістей, 2007. 256 с.
5. Форнальчик, Є. Ю. Моделювання транспортних потоків : навч. посіб. / Є. Ю. Форнальчик, В. В. Гілевич, І. А. Могила ; за заг. ред. Є. Ю. Форнальчика. Львів : Вид-во Львів. політехніки, 2020. 216 с.
6. Cascetta E. Transportation Systems Analysis: Models and Applications. Springer Science+Business Media, LLC 2009. <https://doi.org/10.1007/978-0-387-75857-2>.
7. Łatuszyńska M., Strulak-Wójcikiewicz R. A model for assessing the environmental impact of transport. Operations research and decisions. 2013. Vol. 23(2). PP. 67-80. URL: https://dbc.wroc.pl/Content/39888/PDF/orad_23_2013_2_067_080.pdf
8. Ellis D., Glover B., Norboge N. Refining a methodology for determining the economic impacts of transportation improvements, University Transportation Center for Mobility at Texas A&M University. 2012. URL: http://utcm.tamu.edu/publications/final_reports/Ellis_11-00-68.pdf.
9. TransCAD Transportation Planning Software. URL: <https://www.caliper.com/tcovu.htm>.
10. The world's leading transport planning software. URL: <https://www.ptvgroup.com/en/products/ptv-visum>.
11. MATSim is an open-source framework for implementing large-scale agent-based transport simulations. URL: <https://www.matsim.org/>.