

МОДЕЛІ ПРОГНОЗУВАННЯ РОБОТИ ДОРОЖНЬОГО ГОСПОДАРСТВА

ROAD MANAGEMENT FORECASTING MODELS



Кисельов Володимир Борисович, доктор технічних наук, професор, Таврійський національний університет імені В.І. Вернадського, професор кафедри загальноінженерних дисциплін та теплоенергетики, e-mail: kyvglush1953@gmail.com, тел. +380(67)465-7845,

<https://orcid.org/0000-0003-3437-2825>



Кошарний Олександр Миколайович, кандидат технічних наук, доцент, Національний транспортний університет, доцент кафедри транспортних систем та безпеки дорожнього руху, e-mail: o.kosharnyi@gmail.com, тел. +38(067)377-1861,

<https://orcid.org/0000-0002-5969-4858>



Лановий Олександр Тимофійович, доктор технічних наук, доцент, Національний транспортний університет, професор кафедри транспортних систем та безпеки дорожнього руху, e-mail: al.lanovoy@gmail.com, +38(063)932-0341

<https://orcid.org/0000-0002-0717-9870>

Анотація. Мережа автомобільних доріг загального користування має забезпечувати переміщення людей та обмін товарів і послуг шляхом надання рівномірного наземного доступу в різні місця, окрім того, забезпечувати безперервне, безпечне і зручне сполучення з належною суспільно-економічною ефективністю. Автомобільні дороги є суспільним продуктом, мають важливе значення, надаючи суспільству послугу, яка приносить суттєву вигоду.

Мережа автомобільних доріг є так названою транспортною інфраструктурою. Інфраструктура в економічній системі – це сукупність елементів, що забезпечують безперебійне функціонування взаємозв'язків елементів системи. Отже інфраструктура, як підсистема, покликана забезпечити функціонування взаємозв'язків між елементами системи. У цьому полягає її основна функція, що, очевидно є пасивною. Крім функції, що забезпечує, інфраструктура одночасно має регулюючу функцію, упорядковуючи взаємодію елементів самої системи. Ця функція є активною.

Економічна оцінка вигод від задоволення об'єктивних потреб суспільства – ключова категорія орієнтації ринкової економіки на ефективний розвиток. Кількісним вимірювачем потреб і заходів, спрямованих на підвищення ефективності, є суспільна її складова. Отже суспільна сфера стає на один рівень з економічною. Цим може бути переборений не виправданий поділ ефективності на економічну й суспільну, їх протиставлення, що у дійсності має вузьке фінансове значення. У суспільно неефективній системі неможлива ефективна економічна політика.

Аналіз функціонування мережі автомобільних доріг дозволив уявити його як частину суспільно-економічної системи відтворення макропоказників функціонування економічної системи країни; це дозволяє розробити основу для створення ефективної системи прогнозування та управління функціонуванням і розвитком мережі автомобільних доріг. Зроблений синтез моделей прогнозування роботи дорожнього господарства дозволяє підтвердити гіпотезу про методологічну відповідність моделей функціонування мережі автомобільних доріг як на мікрорівні, так і на макрорівні

функціонування, що надає можливість побудувати відповідну до вимог часу систему управління. Зроблений синтез моделей прогнозування роботи дорожнього господарства. У статті розглядаються моделі прогнозування роботи дорожнього господарства, які дозволяють визначати необхідні загальні суспільні витрати на удосконалення функціонування мережі автомобільних доріг на підставі урахування попиту на рух автомобільними дорогами з боку їх користувачів, а також розробити принципи та критерії оптимізації ефективності функціонування мережі автомобільних доріг; доведено, що існує єдність і взаємозумовленість матеріально-речовинного і ціннісного (цінового, вартісного) аспектів розвитку мережі автомобільних доріг. Отримані моделі демонструють принцип суспільно-економічної ефективності – спільно враховуються рівноваги матеріальних і вартісних (ціннісних, цінових) потоків при функціонуванні мережі автомобільних доріг.

Ключові слова: мережа автомобільних доріг загального користування, транспортна система України, макрорівень функціонування економічної системи країни, ефективність функціонування, управління функціонуванням і розвитком мережі автомобільних доріг.

Вступ. Метою функціонування мережі автомобільних доріг загального користування є забезпечення рівномірного наземного доступу в усі регіони країни, а також безпечного і надійного переміщення людей та транспортування вантажів із належною ефективністю. Автомобільні дороги є однією з підсистем транспортної системи України, яка, у свою чергу, є елементом економічної системи країни. Вони є суспільним продуктом, мають важливе значення, надаючи суспільству послугу, яка приносить йому суттєву вигоду. Постійне недофінансування призводить до так названих «недоремонтів» доріг.

Мета і методи. Моделі функціонування мережі автомобільних доріг загального користування можна вважати областю оптимального прогнозування, що об'єднана загальною схемою синтезу таких моделей:

1) задача поточного розподілу заданої програми дорожнього господарства на рівні її підприємств, що утримують автомобільні дороги;

2) задача перспективного розвитку, що охоплює, зокрема, будівництво нових і реконструкцію існуючих автомобільних доріг та допоміжних виробництв (асфальтобетонні заводи, асфальтобетонні заводи, кар'єри).

При синтезі моделей оптимального прогнозування вихідними є:

- попит на продукцію дорожнього господарства по регіонах з боку автомобільного транспорту (попит на рух автомобільними дорогами, їх довжина, категорія, щільність мережі доріг та її транспортно-експлуатаційний стан, а також досягнення відповідного рівня безпеки та рівня зручності руху);

- можливі способи утримання автомобільних доріг у належному транспортно-експлуатаційному стані, що відповідає визначеним рівням безпеки руху та рівням зручності руху, а також варіанти поліпшення їх стану з урахуванням виробничих можливостей і спеціалізації організацій, що утримують ці дороги, собівартості виробництва, можливими розмірами ресурсного забезпечення з урахуванням вартості трудових, енергетичних, сировинних і водних ресурсів, наявності або відсутності альтернативної транспортної мережі та інших факторів;

- можливі трасування нових автомобільних доріг і характеристики нових підприємств з їхнього утримання, що охоплюють вищезазначені умови;

- можливі місця розміщення нових допоміжних виробництв.

У якості вихідних виступають інтенсивності режимів забезпечення попиту користувачів на рух у відповідних дорожніх умовах (потреби у перевезеннях вантажів і пасажирів автомобільними дорогами відповідної якості). При цьому, у залежності від конкретних умов завдання, інтенсивність способу (режиму) має виражати необхідність досягнення визначеної продуктивності автомобільної дороги.

Мета публікації. Мета статті полягає в дослідженні впливу функціонування мережі автомобільних доріг на економічну систему суспільства, визначення напрямків ефективності макрорівня функціонування мережі автомобільних доріг, розробці моделей прогнозування роботи дорожнього господарства.

Об'єктом дослідження є підвищення ефективності функціонування мережі автомобільних доріг загального користування України через забезпечення умов безперервного, безпечного та зручного руху транспортних потоків. В роботі використані наступні методи: теорія складних систем;

морфологічний, функціональний та інформаційний описи функціонування мережі автомобільних доріг як підсистеми складної транспортної системи; математичне моделювання; імітаційне моделювання, а також теорії: транспортних потоків, автомобільних перевезень, інформації, управління, транспортно-експлуатаційних властивостей автомобільних доріг.

Результати та пояснення. Питанням функціонування мережі автомобільних доріг на економічну систему суспільства приділяли увагу вчена спільнота, зокрема в таких роботах [1 - 10]. У роботі [1] визначено чинники, які визначають втрати транзитних вантажопотоків та потребують вирішення на загальнодержавному рівні та корінного реформування транспортної сфери в цілому. Наведено потенційні можливості до залучення додаткових транзитних потоків. Розроблена методика до залучення додаткових транзитних потоків. У роботі [2] розроблено комплексний показник оцінки якості, який включає агреговані, блочні та одиничні критерії, дає змогу оцінити якість транспортного обслуговування. У роботі [3] запропоновано використання нових моделей, методів та алгоритмів для безперервного підвищення якості проектів, розроблених на основі міжнародних стандартів. У роботі [4] розроблена методика розміщення транзитного терміналу, яка забезпечує зниження транспортної роботи і підвищення ефективності при транзитних перевезеннях. Запропонована оцінка ресурсного забезпечення функціонування та необхідності розвитку мережі автомобільних доріг у транспортній системі регіону «Автомобільні дороги державного та місцевого значення – Національні та міжнародні транспортні потоки». У роботі [5] наведено методику проектного аналізу вибору проектів перевезення вантажів на проектно-орієнтованих підприємствах, основна діяльність яких зосереджена в галузі міжнародних перевезень, розроблена з урахуванням якості за критеріями. У роботі [6] розроблені рекомендації по подальшому розвитку інтеграції національних транспортно-логістичних кластерів в міжнародну транспортну систему з використанням міжнародних транспортних коридорів.

Розроблено модель прогнозування необхідних обсягів ресурсного забезпечення виконання дорожніх робіт на підставі визначеного попиту з боку користувачів автомобільних міжнародних транспортних коридорів. У роботі [7] розроблена модель N-критеріальних оцінок прийняття оптимального рішення розроблена з урахуванням важливості набору критеріїв, якими визначається якість транспортного обслуговування як продукту проекту. Удосконалено N-модель прийняття оптимального рішення щодо важливості критеріїв з урахуванням експертної інформації. У роботі [8] запропоновані методи математичного програмування для проектування транзитних транспортних мереж. Розроблено метод формування системи управління функціонуванням і розвитком мережі автомобільних міжнародних транспортних коридорів на основі суспільно-економічного прогнозування у вигляді ієрархічної структури елементів та їх взаємозв'язків. У роботі [9] наведені різноманітні методи вирішення проблем побудови оптимальних маршрутів транспортних перевезень. Розроблено методологію визначення ефективності функціонування мережі автомобільних міжнародних транспортних коридорів. У роботі [10] надана характеристика різних видів транспортних систем, наведені основні напрями оптимізації транспортних систем без врахування проміжних транспортних пунктів.

Головною метою функціонування мережі автомобільних доріг є забезпечення переміщення людей та обміну товарів і послуг шляхом надання рівномірного наземного доступу в різні місця, а також забезпечення безперервного, безпечного і зручного сполучення з належною суспільно-економічною ефективністю. Автомобільні дороги є суспільним продуктом, мають важливе значення, надаючи суспільству послугу, яка приносить суттєву вигоду.

Визначення ефективності макrorівня функціонування мережі автомобільних доріг моделюється з позиції суспільства, коли уявлення базуються із суспільної точки зору (на макrorівні функціонування), на відміну від визначення, яке практикувалося дотепер, коли ці уявлення базувалися з позицій індивідуальної точки зору (на мікрорівні функціонування).

Загальна схема синтезу моделі функціонування дорожнього господарства

Нехай дорожнє господарство об'єднує I підприємств (автомобільних доріг загального користування разом із організаціями по їхньому утриманню), і на кожному підприємстві (автомобільній дорозі) можна реалізувати один або декілька n_j ($j = 1, 2, \dots, I$) заходів з утримання автомобільних доріг. Будемо вважати, що визначене поняття вагового коефіцієнта використання k -го заходу на j -й автомобільній дорозі як підприємстві ($k = 1, 2, \dots, n_j$). Якщо $\gamma_j^k = 0$, то захід (обсяг робіт) зовсім не використовується, а якщо $\gamma_j^k = 1$, то j -е підприємство працює тільки по k -му режиму. Таким чином:

$$\sum \gamma_j^k = 1; \quad \gamma_j^k \geq 0 \quad (j = 1, 2, \dots, I). \quad (1)$$

Деякі заходи (обсяги робіт) можуть використовуватися з будь-яким коефіцієнтом, і тоді γ_j^k – безперервна величина з відрізка 0-1 (наприклад, при визначенні ефективності роботи автомобільної дороги). Інші заходи (обсяги робіт) можуть або цілком відхилятися ($\gamma_j^k = 0$), або цілком прийматися ($\gamma_j^k = 1$).

При складанні прогнозу необхідно також урахувати балансові обмеження щодо роботи автомобільної дороги (пропозиції послуг щодо ефективного функціонування автомобільної дороги відповідно до визначеного рівня безпеки руху) та користування при визначеному рівні зручності (попиту користувачів на рух автомобільною дорогою при характеристиках дорожніх умов відповідної якості) за умови можливого ресурсного забезпечення. Об'єм (продуктивність дороги – інтенсивність руху) i -го продукту ($i = 1, 2, \dots, N$) на j -й автомобільній дорозі залежить від обсягів відповідних дорожніх робіт γ_j^k :

$$Y_{ij} = f_{ij}(\gamma_j^1, \gamma_j^2, \dots, \gamma_j^{nj}). \quad (2)$$

Балансові обмеження для дорожнього господарства мають вигляд:

$$\sum Y_{ij} \geq Q_i, \quad (3)$$

де Q_i – попит користувачів на рух i -ю автомобільною дорогою, тобто попит на рух автомобільною дорогою у відповідних дорожніх умовах.

Припустимо, що прогнозом роботи дорожнього господарства називається сукупність величин γ , що задовольняє умовам (1) і (3), а також вимогам цілочисельності γ_j^k , якщо такі є. Задача оптимального прогнозування складається у знаходженні такого прогнозу розвитку серед усіх припустимих, який досягає екстремуму цільової функції $F(\gamma)$. Таку модель можна сприймати як статичну, так і як динамічну. В останньому випадку необхідно лише значення однієї й тієї ж величини в різні моменти часу розглядати як різні величини.

При проведенні практичних розрахунків необхідно задати в явному вигляді функції виду f_{ij} та F . Обчислювальні труднощі змушують у більшості випадків обмежитися найпростішими припущеннями про їхню структуру.

Модель функціонування дорожнього господарства може бути подана так:

$$\sum Y_{ij} = \sum q_{ij}^k \gamma_j^k \geq Q_i; \quad (4)$$

$$F(\gamma) = \sum S_j^k \gamma_j^k = \text{extremum}. \quad (5)$$

При цьому S_j^k можна інтерпретувати або як вигоду, або як взяті зі знаком « \leftarrow » витрати для забезпечення роботи j -ї дороги по k -му заходу з одиничною інтенсивністю, а інтерпретація ресурсу q_{ij}^k залежить від конкретного характеру задачі.

При прогнозуванні в якості критерію оптимізації потрібно приймати або максимум загальної суспільної вигоди при наявності обмежень витрат на ресурсне забезпечення та заданих мінімальних рівнів зручності руху при користуванні мережею автомобільних доріг, або мінімум сумарних витрат при тих же обмеженнях.

Через те, що у деяких задачах є альтернатива між цими двома критеріями, а результати рішення можуть залежати від вибору цільової функції, корисним буде зупинитися на поняттях, що стосуються вибору критерію оптимальності в прогнозуванні роботи дорожнього господарства.

Як правило, моменти складання прогнозу та його реалізація відділені одне від одного значними інтервалами часу. Тому обмеження на дорожні витрати і рівень зручності руху, що підлягає задоволенню, на кінцевий суспільний продукт (відповідної якості дорожні умови), а також прогноз транспортної цінності руху можуть бути задані тільки з деякою достовірністю. При виборі критерію оптимізації варто керуватися порівняльною надійністю цих оцінок. Так, постановка задач мінімуму витрат доцільна при виконанні хоча б однієї з умов:

1) попит на рух автомобільною дорогою практично не залежить від транспортної цінності руху та обсягів ресурсного забезпечення дорожніх робіт і підлягає обов'язковому задоволенню;

2) значення транспортної цінності на рух автомобільною дорогою не може бути встановлене до моменту рішення задачі;

3) прогнози лімітів на ресурсне забезпечення менш надійні, ніж прогнози попиту на рух автомобільною дорогою.

Навпаки, задачу досягнення максимуму загальної суспільної вигоди доцільно ставити у таких випадках:

1) попит на рух автомобільною дорогою істотно залежить від транспортної цінності руху та обсягів ресурсного забезпечення дорожніх робіт;

2) потреба в дорожніх умовах, що відповідають потрібному рівню безпеки руху, не може бути повністю задоволена;

3) структура заходів (об'ємів дорожніх робіт) не може бути заздалегідь задана й підлягає визначенню в процесі рішення задачі.

У задачах перспективного прогнозування, зокрема, при розподілі бюджетного фінансування, необхідно ставити задачу оптимізації як динамічну. Причина цього не тільки й не стільки в зміні показників (4) і (5) за довготривалий прогнозований період, але й у тому, що моменти впровадження витрат на дорожні роботи (задоволення попиту транспортних потоків на дорожні умови, що відповідають потрібним рівням безпеки й зручності руху, та його фактичної реалізації) розділені значним часовим лагом.

Статична модель розвитку дорожнього господарства

Статична модель розвитку дорожнього господарства має застосовуватися, головним чином, в задачах поточного планування [11, 12]. Типовим відрізком поточного періоду варто вважати рік, перспективного прогнозованого періоду – більш тривалі періоди. Проте тривалість часового періоду не пояснює принципового розходження в задачах поточного планування та перспективного прогнозування. Основна їхня якісна відмінність пов'язана з тим, що в поточному (короткостроковому) періоді визначені розміри основних виробничих фондів. У той же час, всередині перспективного прогнозованого періоду можуть бути створені нові виробничі фонди. Тому розміри частки продукції дорожнього господарства у валовому внутрішньому продукті у цьому періоді істотно залежать від масштабів упровадження в дію тих або інших основних виробничих фондів (наприклад, введення у дію нової дороги).

Нехай, галузь – дорожнє господарство – складається з I підприємств, що утримують мережу автомобільних доріг загального користування. Стан кожної автомобільної дороги (а також її окремих ділянок) визначається вектором:

$$\gamma_j = \{\gamma_j^1, \gamma_j^2, \dots, \gamma_j^{n_j}\} \quad (j = 1, 2, \dots, I),$$

$$\text{де} \quad \sum_{j,k} \gamma_j^k \leq 1; \quad \gamma_j^k \geq 0.$$

Під γ_j^k розуміється коефіцієнт досягнення k -го рівня завантаження рухом j -ї ділянки наприклад, частку часу, яку j -а ділянка автомобільної дороги працює при k -му рівні завантаження рухом. Тоді $\sum \gamma_j^k \leq 1$ виступає як обмеження на завантаження автомобільної дороги рухом у часі.

Інший вид обмежень, що є у моделі, – балансові обмеження. Дорожнє господарство як галузь споживає різноманітні ресурси і виробляє різну продукцію. Для упорядкування балансових обмежень зручно буде їх розділити на дві групи.

До першої групи відноситься продукція, що не виробляється жодним підприємством дорожнього господарства, у жодному з можливих режимів, але споживаються у виробництві окремими підприємствами. Це зовнішні ресурси: сировина, паливо, енергія, різноманітні види праці, продукція, що вироблена іншими галузями економіки, а також фінансові ресурси. Балансові обмеження по кожному виду зовнішніх ресурсів варто обчислювати в цілому по дорожньому господарству. Що стосується такого ресурсу як фінансування, то свобода в його розподілі між окремими підприємствами галузі, що обслуговують окремі автомобільні дороги у границях обмеженого загального ліміту, стає визначальною при побудові оптимального прогнозу.

Позначимо витрати i -го виду зовнішнього ресурсу при роботі j -ї автомобільної дороги при k -му рівні завантаження рухом з одиничною інтенсивністю через q_{ij}^k ($q_{ij}^k > 0$), а наявна кількість цього виду ресурсів через Q_i . Тоді балансове обмеження в повній відповідності до загальної схеми (не враховуючи зміни знака нерівності) має вигляд:

$$\sum_{j,k} \gamma_j^k q_{ij}^k \leq Q_i \quad (i = 1, 2, \dots, N) \quad (6)$$

Друга група складається з продукції, що вироблена підприємствами дорожнього господарства. У найпростішому випадку метою пропозиції є задоволення попиту інших галузей економіки та окремих користувачів автомобільних доріг. При цьому балансові обмеження мають загальний вигляд. Структуру внутрішньогосподарчого споживання прийнято характеризувати так званою технологічною матрицею. Елементи цієї матриці $a_{ll'j}^k$, відповідають витратам l -го ресурсу при виробництві l' -го продукту на j -му підприємстві в k -му режимі роботи. З урахуванням внутрішньогосподарчого споживання балансові обмеження вже не будуть мати настільки ж простого вигляду. По-перше, ускладниться вигляд їхньої правої частини: необхідно буде розрізняти позагосподарче та внутрішньогосподарче споживання. По-друге, необхідно складати балансові рівняння по кожному підприємству одночасно, тобто число обмежень істотно зростає.

Позначимо через y_{lj}^k випуск l -го продукту j -м підприємством, що працює по k -му режиму. Тоді сумарний випуск цього продукту j -м підприємством:

$$\sum_{j,k} y_{lj}^k \gamma_j^k = Y_{lj}. \quad (7)$$

Продукція, що виробляється, витрачається на позагосподарче та внутрішньо-господарче споживання. Позначимо через $T_{ljj'}$ об'єм поставок l -го продукту від j -го підприємства j' -му, а через Y_{ljm} – обсяг поставок тієї ж продукції від j -го підприємства m -му позагосподарчому споживачу. Тоді балансове рівняння має вигляд:

$$\sum_{j,k} y_{lj}^k \gamma_j^k = \sum_j T_{ljj'} + \sum_{m=1}^M Y_{ljm}. \quad (8)$$

Підрахуємо тепер потребу j -го підприємства в l -му виді продукції, користуючись технологічною матрицею. Легко бачити, що ця потреба складає:

$$\sum_i^L \sum_{k=1}^{n_j} a_{ll'j}^k y_{ij}^k \gamma_j^k, \quad (9)$$

а покриватися вона повинна за рахунок внутрішньогосподарчих постачань:

$$\sum_{k=1}^{n_j} a_{ll'j}^k y_{ij}^k \gamma_j^k = \sum_j T_{ljj'}. \quad (10)$$

Повернемося ще раз до балансу зовнішніх ресурсів. Часто буває зручно характеризувати витрати цих ресурсів такою самою технологічною матрицею, як матриця внутрішньогосподарчого споживання. Нехай a_{ij}^k – витрати i -го ресурсу на виробництво l -го продукту на j -му підприємстві, що працює в k -му режимі. Тоді нерівність (6) можна записати у вигляді:

$$\sum_{ljk} a_{ij}^k y_{lj}^k \gamma_j^k = Q_i. \quad (11)$$

Легко побачити, що:

$$q_{ij}^k = \sum_l a_{ij}^k y_{lj}^k. \quad (12)$$

Нарешті, є ще обмеження за позагосподарчим споживанням (попитом) продукції дорожнього господарства. У поставленій задачі під m слід розуміти позагосподарчих користувачів (загальний об'єм

дорожнього руху на одиницю довжини мережі автомобільних доріг, наприклад, 1 км). При цьому необхідний об'єм руху може бути обмежений як знизу (попит мінімальний, щоб покрити усі витрати пропозиції – утримуваної мережі автомобільних доріг) або зверху (максимальна пропускна здатність цієї мережі), так і по обидва боки одночасно. Таким чином, балансові умови користування мережею автомобільних доріг матимуть вигляд:

$$Y_{lm}^{\min} \leq \sum_j Y_{ljm} \leq Y_{lm}^{\max} \quad (13)$$

де Y_{ljm} , Y_{lm}^{\min} , Y_{lm}^{\max} – відповідно фіксований, мінімальний та максимальний попит на рух l -ю ланкою мережі автомобільних доріг із боку m -го користувача мережі.

Побудуємо цільову функцію. Нехай S_{jl}^k – витрати на утримання одиниці l -ї ланки мережі доріг j -м підприємством дорожнього господарства, що працює в k -му режимі. Тоді сумарні виробничі витрати складуть:

$$S_{vump} = \sum_{j,k,l} S_{jl}^k q_{jl}^k \gamma_j^k \quad (14)$$

Сумарні додаткові витрати на забезпечення безпеки та організацію дорожнього руху складуть:

$$S_{ood} = \sum_{j,j,l} V_{jj}^l T_{jjl} + \sum_{j,m,l} V_{jm}^l Y_{ljm} \quad (15)$$

де V_{jj}^l – витрати на забезпечення безпеки руху;

V_{jm}^l – витрати на організацію зручного дорожнього руху (надання у користування l -ї ланки мережі від j -го підприємства з урахуванням потреб m -го користувача доріг).

Загальні суспільні доходи дорожнього господарства D через необхідні розміри оподаткування, а з урахуванням останнього – обсяги фінансування мережі автомобільних доріг користувачами одиниці l -ї ланки цієї мережі p_l складуть:

$$D = \sum_{j,m,l} p_l Y_{ljm} \quad (16)$$

Таким чином, при постановці задачі на мінімум витрат, цільова функція для дорожнього господарства:

$$F(\gamma) = S = \sum_{j,k,l} S_{jl}^k q_{jl}^k \gamma_j^k + \sum_{j,j,l} V_{jj}^l T_{jjl} + \sum_{j,m,l} V_{jm}^l Y_{ljm} \rightarrow \min,$$

а при постановці задачі на досягнення загальної суспільної вигоди, цільова функція матиме вигляд:

$$F(\gamma) = \sum_{j,m,l} p_l Y_{ljm} - S \rightarrow \max. \quad (17)$$

Динамічна модель розвитку дорожнього господарства

Моделі оптимального перспективного прогнозування розвитку дорожнього господарства за своєю суттю є динамічними [11, 12]. Особливість динамічної моделі – врахування часу на будівництво автомобільної дороги. Витрати на будівництво здійснюються протягом тривалого часу, причому у визначеній послідовності. У динамічній моделі для перспективного прогнозу величини створення основних виробничих фондів і моменту початку їх створення визначаються лише в результаті розрахунку, у зв'язку з чим час створення основних виробничих фондів кожного виду та витрати на будівництво повинні бути передбачені в умовах задачі. Тому до показників моделі необхідно включити нормативи витрат у кожному поточному відрізку прогнозованого періоду на одиницю основних виробничих фондів (наприклад, на 1 км дороги), що мають бути визначені будівництвом у кожному з інтервалів цього періоду.

Можна вважати, що витрати на одиницю основних виробничих фондів існують і після закінчення будівництва, маючи на увазі постійні витрати, що не залежать від значень інтенсивності руху, витрат на ремонт, на ліквідацію зношеного обладнання.

Кожний проект будівництва або реконструкції передбачає суворо визначене збільшення одного

або декількох видів потужностей. Щоб перейти від проекту до варіанта розвитку, варто зазначити терміни закінчення будівництва й освоєння потужностей, що вводяться. Таким чином, варіанти розвитку можуть різнитися, наприклад, лише термінами їхнього здійснення. Кожний можливий варіант можна характеризувати розмірами y_{ij}^k в усі роки прогнозованого періоду. Нехай є β_j варіантів розвитку j -ї ланки мережі автомобільних доріг. Коефіцієнт використання кожного варіанта позначимо μ_j^β (1, 2, ..., β_j), щоб відрізнити їх від величин γ , уведених раніше. Потрібно вважати, що кожний варіант має бути або прийнятний, або заперечений повністю, тобто перемінні μ_j^β повинні бути цілочисельними:

$$\mu_j^\beta = \begin{cases} 1, & \text{якщо } \beta - \text{й варіант розвитку;} \\ 0 - & \text{в іншому випадку.} \end{cases}$$

β -й варіант розвитку j -ї ланки мережі автомобільних доріг характеризується набором величин $\Delta y_{ij}^{k\beta}(\tau)$ – приростами величин від початку прогнозованого періоду ($\tau = 0$) до року τ .

Отже, у рік τ маємо:

$$y_{ij}^k(\tau) = y_{ij}^k(0) + \sum_{\beta} \Delta y_{ij}^{k\beta}(\tau) \mu_j^\beta. \quad (18)$$

Фіксування варіанта розвитку (тобто значень розмірів μ_j^β) для кожної ланки мережі доріг цілком визначає множину виробничих можливостей для всіх років прогнозованого періоду. Вибір визначеного варіанта розвитку для кожної ланки мережі будемо називати прогнозом розвитку мережі автомобільних доріг. Щоб порівняти різноманітні прогнози розвитку, необхідно для кожного з них вирішити задачу оптимального розподілу виробничої програми на всі роки прогнозованого періоду. Іншими словами, необхідно вирішити загальну задачу – вибрати варіанти розвитку та розподілити виробничі програми по роках прогнозованого періоду.

Балансові обмеження моделі.

$$\sum_{k=1}^{n_j} \gamma_j^k(\tau) \leq 1; \quad \gamma_j^k(\tau) \geq 0 \quad (j = 1, 2, \dots, I);$$

$$\gamma_{ij}^k(\tau) = \gamma_{ij}^k(0) + \sum_{\beta} \Delta \gamma_{ij}^{k\beta}(\tau) \mu_j^\beta. \quad (19)$$

$$(\tau = 1, 2, \dots, T; \quad \beta = 1, 2, \dots, B_j); \quad \sum \mu_j^\beta = 1; \quad \mu_j^\beta = 0 \quad \text{або } 1.$$

Баланс зовнішніх ресурсів на кожний рік прогнозного періоду:

$$\sum_{ljk} a_{ij}^k \gamma_{ij}^{k\beta}(\tau) \gamma_j^k = Q_i(\tau). \quad (20)$$

У даній моделі необхідно враховувати обмеження на загальний обсяг інвестицій, пов'язаних із створенням нових виробничих потужностей:

$$\sum_{j,\beta} \varphi_j^\beta(\tau) \mu_j^\beta \leq G(\tau). \quad (21)$$

де $G(\tau)$ – обмеження обсягів інвестицій на рік τ .

Рівняння балансу випуску продукції на кожний рік:

$$\sum_k y_{li}^k(\tau) \gamma_j^k(\tau) = \sum_j T_{lij}(\tau) + \sum_m Y_{ljm}(\tau). \quad (22)$$

$$\sum_{l,k} a_{ll}^k y_{lj}^k(\tau) \gamma_j^k(\tau) = \sum_j T_{lj}(\tau). \quad (23)$$

Нарешті, обмеження по задоволенню попиту на користування дорогами:

$$\sum_{j=0}^I Y_{ljm}(\tau) = Y_{lm}(\tau). \quad (24)$$

Критерієм оптимальності необхідно прийняти максимум загальних суспільних вигод за весь прогнозний період. При цьому, при розрахунку витрат необхідним є урахування можливої залежності витрат як від часу, так і від варіанта розвитку мережі автомобільних доріг. Потрібні при цьому інвестиції повинні бути включені у відповідну величину φ_j^β .

Очевидно, кількість обмежень і перемінних може виявитися настільки великою, що використання її в такій задачі для безпосереднього обчислення в розрахунках у єдиній моделі є практично нездійсненним.

Висновки та рекомендації

Ефективність функціонування мережі автомобільних доріг загального користування як складової економічної системи суспільства визначається на наступних засадах.

Оцінка ефективності функціонування мережі автомобільних доріг загального користування як складової економічної системи суспільства надає можливість регулювання державою процесів необхідного рівня ресурсного забезпечення дорожніх робіт і формування транспортного попиту на користування автомобільними дорогами. Ці послуги є суспільно необхідними й надаються на умовах обмеженої (регульованої) монополії.

Принципи визначення ефективності функціонування мережі автомобільних доріг як складової економічної системи суспільства:

- функціонування мережі автомобільних доріг як системи відноситься до макрорівня аналізу через те, що вона є однією з підсистем транспортної системи країни, яка, у свою чергу, є підсистемою економічної системи держави;

- мережа автомобільних доріг відноситься до транспортної інфраструктури економічної системи країни;

- функціонування мережі автомобільних доріг має отримувати суспільно-економічну оцінку вигод від задоволення об'єктивних потреб суспільства – як ключової категорії орієнтації ринкової економіки на ефективний розвиток.

Оцінка ефективності макрорівня функціонування мережі автомобільних доріг є обґрунтованою, якщо всі її чотири функції (вимірювальна, стимулююча, розподільча, балансова) урівноважені.

Визначення ефективності макрорівня функціонування мережі автомобільних доріг моделюється з позиції суспільства, коли уявлення базуються із суспільної точки зору (на макрорівні функціонування), на відміну від визначення, яке практикувалося дотепер, коли ці уявлення базувалися з позицій індивідуальної точки зору (на мікрорівні функціонування).

Розроблені моделі прогнозування роботи дорожнього господарства дозволяють визначити необхідні загальні суспільні витрати на удосконалення функціонування мережі автомобільних доріг на підставі урахування попиту на рух автомобільними дорогами з боку їх користувачів, а також розробити принципи та критерії оптимізації ефективності функціонування мережі автомобільних доріг;

Зроблений синтез моделей прогнозування роботи дорожнього господарства дозволяє підтвердити гіпотезу про методологічну відповідність моделей функціонування мережі автомобільних доріг як на мікрорівні, так і на макрорівні функціонування, що надає можливість побудувати відповідну до вимог часу систему управління;

Доведено, що існує єдність і взаємозумовленість матеріально-речовинного і ціннісного (цінового, вартісного) аспектів розвитку мережі автомобільних доріг. Отримана модель демонструє принцип суспільно-економічної ефективності – спільно враховує рівноваги матеріальних і вартісних (ціннісних, цінових) потоків при функціонуванні мережі автомобільних доріг.

Перелік посилань

1.Мазуренко О.О. Перспективи подальшого розвитку міжнародних транспортних коридорів України / Мазуренко О.О. , Кудряшов А.В. // Збірник наукових праць Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту. – 2016. – 2. – С.25-30.

2.Концева В.В. До питання вибору магістралей для аналізу транспортних потоків // В.В. Концева, Т.В. Макарова // Зб. наук. праць ДААТ. – 2015. – № 4. – С. 8–12.

- 3.Прейгер Д. К., Реалізація потенціалу транспортної інфраструктури України в стратегії посткризового економічного розвитку // Д. К. Прейгер, О. В. Собкевич, О. Ю. Ємельянова – К.: НІСД. – 2014. – С. 37-40.
- 4.Чернявська Т. А. Стратегічні напрями розвитку транспортно-комунікативної системи України в контексті забезпечення національної безпеки і самодостатності / Т. Чернявська // Вісн. Нац. гірн. ун-ту. — 2015. — № 3. — С. 68–76
- 5.Брагінський В. В. Розвиток транспортно-логістичної системи як форма реалізації транзитного потенціалу України / В. В. Брагінський // Державне управління: теорія і практика. — 2014. — № 2 [Електронний ресурс]. — Режим доступу : <http://www.academy.gov.ua/ej/ej14/index.htm>.
- 6.Михайличенко К. М. Відновлення транзитного потенціалу як чинник підвищення конкурентоспроможності України / К. Михайличенко // Стратегічні пріоритети. — 2015. — № 4. — С. 59–65.
- 7.Механізми ефективного використання та розвитку потенціалу транспортно-дорожнього комплексу України: аналіт. доп./ О.В. Собкевич, К.М. Михайличенко, О.Ю. Ємельянова. – К.: НІСД, 2014. – 60 с.
- 8.Cancela, H. Mathematical programming formulations for transit network design [Text] / H. Cancela, M. Mauttone, E. María // Transportation Research. – Part B: Methodological. –V.77. – 2015. – P. 17–37.
- 9.Sungs, S. Various Method to Solve the Optimality for the Transportation Problem [Text] / S. Sung, G. C. Dubey, R. Shrivastava // Statistical Mechanics and its Applications. – V.12. – 2016. – P. 161-169.
10. Teodorovic, D. (2016). Transportation Systems. [Text] / D. Teodorovic, M. Janic // Transportation Engineering. – 2016. – N2. – P. 5–62.
- 11.Кобринский Н. Е. Введение в экономическую кибернетику. Уч. пособ. / [Кобринский Н. Е., Майминас Е. З., Смирнов А. Д.] – М. : «Экономика», 1975. – 343 с.
- 12.Петраков Н. Я. Кибернетические проблемы управления экономикой / Петраков Н.Я. – М. : «Наука», 1974.

ROAD MANAGEMENT FORECASTING MODELS

Kiselyov Volodymyr Borysovych, Doctor of Technical Sciences, Professor, Tavriya National University named after VI Vernadsky, Professor of the Department of General Engineering Disciplines and Heat Power Engineering, e-mail: al.lanovoy@gmail.com, tel. +380674657845, <https://orcid.org/0000-0003-3437-2825>

Kosharnyi Oleksandr Mykolayovych, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, National Transport University, Associate Professor of the Department of Transport Systems and Road Safety, e-mail: o.kosharnyi@gmail.com, tel. +380673771861, <https://orcid.org/0000-0002-5969-4858>

Lanovyi Oleksandr Tymofiiovych, Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, National Transport University, Professor of the Department of Transport Systems and Road Safety, e-mail: al.lanovoy@gmail.com, tel. +380639320341, <https://orcid.org/0000-0002-0717-9870>

Summary. The network of public roads should ensure the movement of people and the exchange of goods and services by providing uniform land access to different places, in addition to ensuring continuous, safe and convenient connections with appropriate socio-economic efficiency. Highways are a public product, important in providing a service to society that brings significant benefits.

The road network is the so-called transport infrastructure. The infrastructure in the economic system is a set of elements that ensure the smooth operation of the relationships of the elements of the system. Thus, the infrastructure, as a subsystem, is designed to ensure the functioning of the relationships between the elements of the system. This is its main function, which is obviously passive. In addition to the function it provides, the infrastructure also has a regulatory function, streamlining the interaction of elements of the system itself. This feature is active.

Economic evaluation of the benefits of meeting the objective needs of society is a key category of market economy orientation towards effective development. The social component is a quantitative measure of needs and measures aimed at improving efficiency. Thus, the social sphere becomes on a par with the economic one. This can overcome the unjustified division of efficiency into economic and social, their opposition, which in fact has a narrow financial significance. In a socially inefficient system, an effective economic policy is impossible.

Analysis of the functioning of the road network allowed to present it as part of the socio-economic system of reproduction of macro indicators of the functioning of the economic system of the country; this allows us to develop a basis for creating an effective system for forecasting and managing the operation and development of the road network. The synthesis of road forecasting models confirms the hypothesis of methodological compliance of road network operation models both at the micro and macro levels, which makes it possible to build a time-appropriate management system. The article considers the models of forecasting the work of the road sector. efficiency of functioning of the road network; it is proved that there is a unity and interdependence of material and value (price, cost) aspects of the development of the road network. The obtained models demonstrate the principle of socio-economic efficiency - the balances of material and value (value, price) flows are taken into account in the functioning of the road network.

Key words: network of public highways, transport system of Ukraine, macro level of functioning of the economic system of the country, efficiency of functioning, management of functioning and development of the network of highways.

References

1. Mazurenko, O.O., Kudryashov, A.V. (2016). Perspektyvy podalshoho rozvytku mizhnarodnykh transportnykh korydoriv Ukrainy (Prospects for further development of international transport corridors of Ukraine) Collection of scientific works of Dnipropetrovsk National University of Railway Transport, 2. 2016. 25-30. [in Ukrainian].
2. Kontseva, V.V., Makarova, T.V. (2015). Do pytannia vyboru mahistrlei dlia analizu transportnykh potokiv (On the choice of highways for the analysis of traffic flows). Coll. Science. against the DAAT. 2015. № 4. 8-12. [in Ukrainian].
3. Preiger, D.K., Sobkevich, O.V., Emelyanova, O.Yu. (2014). Realizatsiia potentsialu transportnoi infrastruktury Ukrainy v stratehii postkryzovoho ekonomichnogo rozvytku (Realization of the potential of transport infrastructure of Ukraine in the strategy of post-crisis economic development). K. : NISS. 2014. 37-40. [in Ukrainian].
4. Chernyavska, T.A. (2015). Stratehichni napriamy rozvytku transportno-komunikatyvnoi systemy Ukrainy v konteksti zabezpechennia natsionalnoi bezpeky i samodostatnosti (Strategic directions of development of transport and communication system of Ukraine in the context of ensuring national security and self-sufficiency). Visn. Nat. horn. un-tu. 2015. № 3. 68-76. [in Ukrainian].
5. Braginsky, V.V. (2014). Rozvytok transportno-lohistychnoi systemy yak forma realizatsii tranzitnoho potentsialu Ukrainy (Development of transport and logistics system as a form of realization of transit potential of Ukraine). Public administration: theory and practice. - 2014. - № 2 [Electronic resource]. - Access mode: <http://www.academy.gov.ua/ej/ej14/index.htm>. [in Ukrainian].
6. Mykhailychenko, K.M. (2015). Vidnovlennia tranzitnoho potentsialu yak chynnyk pidvyshchennia konkurentospromozhnosti Ukrainy (Restoration of transit potential as a factor in increasing the competitiveness of Ukraine). Strategic priorities. 2015. № 4. 59-65. [in Ukrainian].
7. Sobkevich, O.V., Mikhaylichenko, K.M., Yemelyanova, K.M. (2014). Mekhanizmy efektyvnoho vykorystannia ta rozvytku potentsialu transportno-dorozhnoho kompleksu Ukrainy (Mechanisms of effective use and development of the potential of the transport and road complex of Ukraine). analyst.dop. K. : НІСД, 2014. 60. [in Ukrainian].
8. Cancela, H., Mauttone, M., María E. (2015). Mathematical programming formulations for transit network design // Transportation Research. Part B: Methodological. V.77. 2015. 17-37. [in English].
9. Sung, S., Dubey, C., Shrivastava R. (2016). Various Method to Solve the Optimality for the Transportation Problem / S. Sung, G. // Statistical Mechanics and its Applications. V.12. 2016. 161-169. [in English].
10. Teodorovic, D. (2016). Transportation Systems / D. Teodorovic, M. Janic // Transportation Engineering. 2016. - N2. 5-62. [in English].
11. Kobrinsky, N.E., Maiminas, E.Z., Smirnov, A.D. (1975). Vvedenye v ekonomicheskuiu kybernetyku (Introduction to economic cybernetics). Uch. allowance. M. : "Economics", 1975. 343. [in Ukrainian].
12. Petrakov N.Ya. (1974). Kyberneticheskiye problemy upravleniya ekonomykoi (Cybernetic problems of economic management). Petrakov N.Ya. M. : "Science", 1974. [in Ukrainian].