



УДК 338.4:625.76

*Н. М. Соколова,
к. е. н., доцент кафедри управління виробництвом і майном,
Національний транспортний університет, м. Київ
Ю. А. Маковська,
аспірант, Національний транспортний університет, м. Київ*

ІМІТАЦІЙНА МОДЕЛЬ ОБГРУНТУВАННЯ ЦІНИ ДОВГОСТРОКОВОГО КОНТРАКТУ З УТРИМАННЯ АВТОМОБІЛЬНИХ ДОРІГ

*N. M. Sokolova,
Candidate of Economic Science, associate professor of Production and Property Management Department,
National Transport University, Kyiv, Ukraine
J. A. Makovska,
Postgraduate, National Transport University, Kyiv, Ukraine*

A SIMULATION MODEL GROUNDING OF PRICES LONG-TERM OUTPUT AND PERFORMANCE-BASED CONTRACT FOR ROADS

З позицій теорії агентства виконаний аналіз досліджень обґрунтування ціни контрактів на утримання автомобільних доріг, базованих на забезпеченні кінцевих експлуатаційних показників – рівнів обслуговування. З системних міркувань виконання контракту ex post розглядається як здійснення протилежних процесів: деградації елементів доріг та відновлення їх стану. В якості критерію оптимальності ціни контракту прийняте максимальне значення функції суспільного добробуту з відповідним ньому значенням функції корисності підрядника (агента). Для подолання жорстких обмежень на вид цієї функції запропонована імітаційна модель. Тривалість і вартість ліквідації дефектів доріг визначається методом Монте-Карло за допомогою гістограм, отриманих експертним шляхом. Запропонована імітаційна модель є багатобічним інструментом для вирішення багатьох науково-методологічних проблем, що виникають при впровадженні довгострокових контрактів на утримання доріг.

From the standpoint of the analysis of agency theory studies justify the price of contracts for routine maintenance of roads, based on providing performance indicators – levels of service. With systemic reasons the contract ex post exercise is seen as opposing processes: degradation elements of roads and restoration of their state. As an optimality criterion of contract price taken the maximum social welfare function with the corresponding value of its utility function contractor (agent). To overcome the severe restrictions on the kind of features, offered by the simulation model. The duration and cost of elimination of defects was determined by Monte-Carlo using histograms obtained by an expert. The proposed simulation model is a promising tool for solving many scientific and methodological problems that arise in the implementation of long-term contracts for road maintenance.

Ключові слова: теорія агентства, контракт, утримання доріг, рівень обслуговування, імітаційна модель.

Keywords: agency theory, contract, routine maintenance, level of service, simulation model.

Постановка проблеми у загальному вигляді та її зв'язок шз важливими чи практичними завданнями. Запровадження контрактів тривалого строку дії на утримання автомобільних доріг, їх оцінка системою кількісних показників-індикаторів, що відображують досягнуті рівні споживчих якостей – рівні обслуговування, є одним з напрямів Плану заходів щодо реалізації Концепції реформування системи державного управління автомобільними дорогами загального користування (п. 8) [1].

Такі контракти (Output and Performance-based Contract for Roads – OPRC) призначені для збільшення суспільної ефективності доріг [2, 3]. Відмінність OPRC від традиційного метод-базованого контракту полягає в тому, що більша частина оплати підряднику ґрунтується на досягнутому і вимірному «виході», який відображує прийнятий у контракті цільовий стан доріг через так звані «рівні обслуговування». Дорожні агентства, які впровадили контракти OPRC, досягли економії витрат від 10% до 40% порівняно з традиційними контрактами [3].

Довгострокові контракти з утримання автомобільних доріг на основі забезпечення кінцевих експлуатаційних показників (ДККП) є новим явищем в дорожньому господарстві України. Їх економічне обґрунтування - складне наукове завдання, яке вимагає розв'язання низки теоретико-методологічних проблем: обґрунтування ціни контракту; розробки системи стимулювання підрядника; розподілення ризиків між замовником і підрядником; контролю дотримання встановлених у контракті рівнів обслуговування. В економічній науці такі проблеми розглядаються на основі теорії агентства і теорії трансакційних витрат [4], однак виникає потреба у здійсненні переходу від фундаментальних досліджень до практичної реалізації їх результатів.

Аналіз досліджень і публікацій. В Україні перші роботи, присвячені ДККП, були виконані для реалізації завдань [1] на замов Українатору у 2013-2015 роках [5, 6, 7, 8, 9].

ДККП можуть бути проаналізовані в рамках загальної теорії агентства. Ця теорія намагається пояснити взаємозв'язок, за яким одна сторона (принципал - замовник) делегує певні завдання іншій стороні (агенту - підряднику), і як цей взаємозв'язок регулюється договором (контрактом) або аналогічним засобом [10, 11].

Стимули підряднику надаються платіжною системою, заснованою на встановлених рівнях експлуатаційних показників стану елементів доріг. Замовник не вимірює безпосередньо зусилля підрядника у наданні послуг, а робить це тільки за допомогою спеціальних показників, які можуть спостерігатися і перевірятися замовником. Розбіжності між зусиллям підрядника і ефективністю результатів породжують інформаційну асиметрію і призводять до морального ризику [11, с. 510; 13, с. 24]. Система стимулів для підрядника повинна об'єднати оплату залежно від рівня експлуатаційних показників. У роботі [11] запропонована модель, у якій об'єктом аналізу є оптимізація параметрів, що визначають систему оплати агентів з погляду суспільного добробуту.

Суспільні вигоди, одержувані від експлуатації дороги, можуть бути виміряні за допомогою ряду показників, які в моделі [11] прийняті незалежними один від одного:

$$S = S_0 + \sum_{i=1}^n (a_i \cdot q_i), \quad (1)$$

де S – загальна суспільна вигода; $a_i \geq 0$ – константа; q_i – рівень i -го експлуатаційного показника дороги, який залежить від зусиль підрядника; S_0 – мінімальна суспільна вигода, отримана від стану дороги при виконанні мінімальних умов користування дорогою.

Досягнутий рівень експлуатаційного показника дороги q_i зв'язаний з зусиллями e_i підрядника, які мають випадкову складову (статистичний шум) ε_i :

$$q_i = e_i + \varepsilon_i. \quad (2)$$

Таке формулювання може бути знайдено, наприклад, у роботі [12, с. 7]. Приймається, що кожна випадкова змінна ε_i має нормальний розподіл, з середнім рівним нулю і стандартним відхиленням σ_i . Значення ε_i залежать не тільки від зусиль e_i , але й від інших непередбачуваних факторів, тобто підрядник діє в умовах ризику. Передбачається, що підрядник - не нейтральний до ризику. Це міркування слідує з загальних припущень, прийнятих в теорії агентства [14, с. 62]. Ризик замовника диверсифікований за рахунок великої кількості проектів, за які він несе відповідальність, що робить його ризик-нейтральним.

Підрядник виконує функції управління дорогами з витратами:

$$C = C_0 + \sum_{i=1}^n \psi_i(e_i), \quad (3)$$

де C – вартість послуг підрядника; C_0 – фіксована вартість необхідних початкових інвестицій для надання послуг; $\psi_i(e_i)$ – функція витрат підрядника в залежності від зусиль у грошових одиницях [15, с. 3].

Підрядник отримує суму від замовника, яка залежить від рівня якості q_i , за схемами стимулювання, запропонованими в роботі [13, с. 31]. Беручи до уваги випадкову складову винагороди підрядника і обмеження, встановлені на підставі функції корисності підрядника [15, с. 5; 12, с. 511], очікуване значення U_r – корисності для підрядника:

$$U_r = \alpha + \sum_{i=1}^n (\beta_i \cdot e_i) - C - r \cdot \sigma_i^2 \geq 0, \sigma_i^2 = \sum_{i=1}^n (\beta_i^2 \cdot \sigma_i^2), \quad (4)$$

де σ_i^2 - дисперсія доходу, отриманого підрядником; α , і β_i – фіксовані параметри, встановлені в контракті; C – вартість послуг підрядника; r – параметр відношення підрядника до ризику.

Функція суспільного добробуту W_s , яка максимізується [11, с. 471] по U_r , e_i і β_i має вид:

$$W_s = S_0 + \sum_{i=1}^n (a_i \cdot e_i) - (1 + \lambda) \cdot [C_0 + \sum_{i=1}^n \psi_i(e_i) + r \sum_{i=1}^n (\beta_i^2 \cdot \sigma_i^2)] - \lambda \cdot U_r, \quad (5)$$

де λ – параметр, який характеризує податкову систему країни, $\lambda > 0$.

Розв'язок цієї задачі здійснюється розв'язанням системи диференціальних рівнянь у частинних похідних [11].

У якості прикладів експлуатаційних показників пропонуються [11, с. 475], наприклад:

- індекс дорожньо-транспортних пригод;
- індекс заторів;
- коефіцієнт зчеплення покриття;
- повздовжня рівність покриття дороги;
- час відгуку на заміну дорожніх знаків і сигналів;
- час на очищення проїжджої частини та узбіч.

Аналіз розглянутої моделі дозволяє виділити наступні зауваження:

- суспільні вигоди частіше змінюються нелінійно;
- випадкові змінні ε_i не обов'язково мають нормальний розподіл;
- функції $\psi_i(e_i)$ можуть не бути монотонними, гладкими, випуклими і не мати першу, другу і третю похідні;
- запропонована в [10, 11] модель статична, а не динамічна.

Формулювання цілей статті. Мета статті полягає у розробці імітаційної моделі обґрунтування суми щомісячного платежу підряднику в ДККП на роботи з поточного дрібного ремонту та експлуатаційного утримання автомобільних доріг загального користування.

Виклад основного матеріалу дослідження. Призначення поточного дрібного ремонту та експлуатаційного утримання доріг полягає в постійному профілактичному підтриманні експлуатаційного стану на рівні, не гіршому від такого, що може бути забезпечений *цими видами діяльності*. Недостатній рівень фінансування поточного дрібного ремонту та експлуатаційного утримання доріг призводить до зростання вартості життєвого циклу доріг і зменшення соціально-економічних вигід від експлуатації доріг.

У специфікаціях ДККП встановлюються кінцеві показники, які підрядник повинен підтримувати при виконанні робіт. При дотриманні прийнятих у контракті рівнів обслуговування оплата підряднику проводиться в повному обсязі, рівними частинами щомісяця. Невиконання кінцевих показників робіт або несвоєчасне усунення виявлених дефектів оцінюється штрафними балами і обумовлює зниження щомісячної оплати, в залежності від їх кількості.

Ціна контракту включає: для послуг - **фіксовану суму**; для аварійних робіт - **резервну суму**. Резервна сума, включена в ціну контракту, являє собою оцінену кошторисними розрахунками суму, затверджену замовником.

Модель обґрунтування суми щомісячного платежу підряднику базується на певних концептуальних передумовах, для розуміння яких потрібно навести деякі терміни і визначення понять [7, с. 7-8].

- **дефект (пошкодження)** – це відхилення якості, форми або фактичних розмірів елементу дороги від вимог нормативної чи проектної документації, спричинене руйнуванням, деформацією або погіршення властивостей елементу дороги, яке виникає при проектуванні, виготовленні, в результаті природного зносу, впливу техногенних або антропогенних чинників.

- **вимога з усунення дефекту** - сукупність встановлених для дефекту елементу дороги критеріїв: максимально допустимого періоду між оглядами елементу

дороги; рівня втручання; часу, протягом якого дефект повинен бути усунений;

- *рівень втручання* – характеризується граничними значеннями кількісних характеристик (розмірів, форми, якості тощо) дефекту, при яких порушується відповідність елемента дороги його призначенню;

- *рівень обслуговування елемента дороги* – вимога до стану елемента щодо забезпечення його відповідності призначенню – довговічності та задоволення користувачів дороги доступом, швидкістю поїздки, безпекою і комфортом руху (табл. 1).

Стан елементів автомобільних доріг, від якого залежить значення функції суспільних вигод (1), формується під впливом двох процесів:

процесу деградації – виникнення і розвитку в часі дефектів елементів дороги, які є результатом дії зовнішніх і внутрішніх деструктивних факторів. Процес деградації може бути кумулятивним (неперервним), дискретним і дискретно-неперервним (рис. 1);

процесу відновлення – виконання робіт з ліквідації дефектів дороги. Кожна робота триває певний час, величина якого залежить від призначеної для її виконання кількості ресурсів.

Таблиця 1.
Характеристика рівня обслуговування

Шифр рівня обслуговування	2.1.1.1.1 м
Значення доріг	Міжнародні
Складова дороги	Дорожній одяг
Вид елемента	Покриття дорожнього одягу
Тип елемента	Асфальтобетонне покриття
Дефект	Вибойні
Сезон	Весь рік
Рівень серйозності	Глибина більша 4 см
Рівень розповсюдження	Діаметр найменшого кола, яке повністю описує вибойну більше 15 см і не більше 20 см
Одиниця виміру	Випадок
Одиниця часу	1 доба
Час відгуку	1
За перевищення часу відгуку на	1
Зняти балів	2

Джерело: [7]

Зусилля підрядника e_i і функція витрат у грошових одиницях $\psi_i(e_i)$ залежать від часу відгуку – допустимого часу на ліквідацію дефекту, заданому в рівні обслуговування. Приймаючи до уваги цілочисельність деяких ресурсів (робочих, машин), можна стверджувати, що функція витрат $\psi_i(e_i)$ має кусочно-неперервний характер.

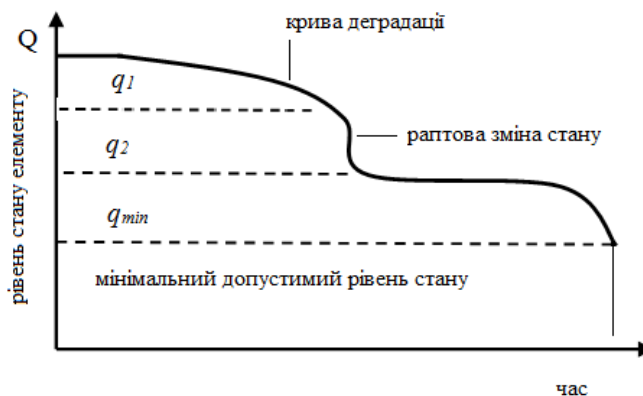


Рис. 1. Дискретно-неперервний характер процесу деградації (q_1, q_2, q_{min} – можливі кінцеві цільові рівні стану елемента, від яких залежить величина суспільної вигоди (1))

Джерело: авторська розробка

Кожна робота з усунення дефекту знаходиться під впливом множини притаманних їй внутрішніх і зовнішніх ризикових подій. Вплив на тривалість і вартість роботи оцінюється через випадкові коефіцієнти затримки і здороження роботи, що знаходяться в інтервалах від мінімального $k_{m,i}^{min}$, $k_{e,i}^{min}$ до максимального $k_{m,i}^{max}$, $k_{e,i}^{max}$ значень, які поділено на m рівних відрізків, і характеризуються гістограмами тривалості та вартості $G_{m,i}$ і $G_{e,i}$ - оцінками функцій розподілу коефіцієнтів, як випадкових величин. В імітаційній моделі конкретні значення цих змінних визначаються методом Монте-Карло за допомогою гістограм $G_{m,i}$ і $G_{e,i}$. Функція витрат $\psi_i(e_i)$ в запропонованій моделі прийнята випадковою величиною:

$$\psi_i(e_i) = C_i(\tau_i) \cdot \frac{k_{e,i}^{max} - k_{e,i}^{min}}{m} \cdot \left(n - 1 + \frac{\xi - \sum_{i=1}^{n-1} P_i}{P_n} \right), \tag{6}$$

де $C_i(\tau_i)$ – проектна вартість роботи по усуненню дефекту за час відгуку τ_i ; ξ – реалізація рівномірно розподіленої в інтервалі від 0 до 1 випадкової величини.

В моделі час на усунення дефекту τ_i^y є випадковою величиною, яка характеризується гістограмою G_i^m імовірного розподілення тривалості усунення дефекту

$$\tau_i^y = \tau_i \cdot \frac{k_{m,i}^{max} - k_{m,i}^{min}}{m} \cdot \left(n - 1 + \frac{\xi - \sum_{i=1}^{n-1} P_i}{P_n} \right). \tag{7}$$

Коли τ_i^y перевищує регламентований у контракті час відгуку r_i , підряднику нараховується штраф [7, с. 23-24].

Функція суспільного добробуту W_S – це зовнішній критерій, значення якого потрібно максимізувати. Найбільш складним питанням є кількісне визначення

впливу на суспільні вигоди параметрів рівнів обслуговування. Вплив деяких дефектів на значення функції суспільного добробуту достатньо досліджений і може бути кількісно оцінений. Для інших дефектів вплив на функцію суспільного добробуту не такий очевидний. Наприклад, існує зв'язок рівнів обслуговування дефектів з показником рівності дорожнього покриття. Показник рівності залежить від якості обслуговування не тільки самого покриття, але й інших елементів дороги, які здійснюють на покриття не безпосередній, а опосередкований вплив (наприклад, система дренажу). А вже через показник рівності можна визначити значення суспільної вигоди (рис. 2).



Рис. 2. Гіпотетичний вплив часу відгуку на суспільну вигоду
Джерело: авторська розробка

На рис. 2 “+” означає, що збільшення (або зменшення) однієї величини визиває збільшення (або зменшення) залежної величини; “-” - збільшення (або зменшення) однієї величини визиває зменшення (або збільшення) залежної величини.

Наявність дефектів елементів дороги, тривалість їх існування впливають на безпеку, швидкість та комфортність дорожнього руху і на збереження елементів дороги. На надання послуг впливають фактори ризику та їх сполучення. В процесі моделювання слід відстежувати одночасний вплив факторів ризику. В моделі запропонована така схема врахування ризиків:

- формування списку ризиків, які визивають негативний вплив дефекту;
- встановлення імовірності впливу ризиків на тривалість і вартість роботи з ліквідації дефекту методом Монте-Карло за допомогою гістограм, подібних $G_{m,i}$ і $G_{6,i}$;

- оцінка імовірності спричиненого ризику в результаті здійснення причинної ризикової події.

Головним фактором при встановлення ціни контракту є об'єм попиту на послуги підрядника і розподілення об'єму попиту в період дії контракту. Об'єм попиту – це об'єми і кількість дефектів елементів доріг, що мають випадковий характер. В моделі передбачений наступний механізм його моделювання.

В деякий момент часу t_k здійснюється контроль стану елементів дороги і фіксується наявність дефектів. Результатом контролю є кількість дефектів певного рівня обслуговування. В залежності від часу відгуку, проектується графік виконання робіт з усунення дефектів із врахуванням щоденних обмежень на нескладовані ресурси. Потім моделюється виконання робіт. Визначаються сумарні витрати на виконання робіт C :

$$C = \sum_{r=1}^R \sum_{s=1}^{S_r} \sum_{e=1}^{E_{rs}} \sum_{d=1}^{D_e} \sum_{l=1}^{L_{ed}} \sum_{t=1}^T \psi_{rsedlt} + C_{tc}, \quad (8)$$

при обмеженнях на нескладовані ресурси

$$\sum_{r=1}^R \sum_{s=1}^{S_r} \sum_{e=1}^{E_{rs}} \sum_{d=1}^{D_e} \sum_{l=1}^{L_{ed}} n_{rsedlt} \leq N_{ij}, j=1,2,\dots,V, j=1,2,\dots,T, \quad (9)$$

де R – кількість ділянок доріг, які обслуговуються підрядником; S_r – кількість складових доріг; E_{rs} – кількість елементів у складовій s ділянці дороги r ; D_e – кількість дефектів, притаманних елементу; L_{ed} – кількість рівнів обслуговування, притаманних дефекту; T – кількість днів у періоді, який моделюється; ψ_{rsedlt} – витрати на виконання робіт з усунення дефекту за день t ; C_{tc} – трансакційні витрати; n_{rsedlt} – потрібна кількість нескладованого ресурсу; V – кількість видів нескладованих ресурсів. Трансакційні витрати включають, зокрема, витрати пошуку інформації, витрати вимірювання (моніторингу стану доріг) тощо.

Питомі витрати C/T в деякі періоди року можуть перевищувати суму питомого фіксованого платежу. В такому разі, місячна різниця між потребою коштів і фіксованим платежем покривається за рахунок власних коштів підрядника або кредиту. Коли місячна різниця між потребою коштів і фіксованим платежем є від'ємною, підрядник може ліквідувати заборгованість.

За період між точками контролю $t_k - t_{k+1}$ з певною вірогідністю можуть виникнути нові дефекти, що не передбачені в оперативному плані робіт, тому інтервал контролю $t_k - t_{k+1}$ встановлюється таким, при якому імовірність виникнення дефекту буде достатньо малою (< 0.05).

Замовник здійснює вибірковий моніторинг процесу ліквідації дефектів елементів доріг і нараховує штрафи у випадку порушення підрядником часу відгуку.

В момент ліквідації дефекту розраховуються можливі впливи дефекту на значення складових функцій добробуту. Оцінку впливу можна розглянути на такому прикладі відновлення відстані видимості. Використаємо дані досліджень впливу відстані видимості на ризик дорожньо-транспортних подій, наведені в роботі [16] (рис. 3).

За період Δt від усунення дефекту до кінця періоду порівняння через ділянку довжиною L проїде $N \cdot \Delta t$ автомобілів, де N - середня інтенсивність руху за одиницю часу. Зовнішній ефект від зниження ризику ДТП $\Delta R_{\Delta mn}$ в результаті усунення дефекту відстані видимості буде:

$$\Delta R_{\Delta mn} = R_{\Delta mn}^d - R_{\Delta mn}^a, \quad (10)$$

де $R_{\Delta mn}^d$ – ризик при наявності дефекту; $R_{\Delta mn}^a$ – ризик після усунення дефекту.

Зниження збитку від ДТП при усередненій вартості втрат від 1 ДТП c_{los} :

$$\Delta C_{\Delta mn} = c_{los} \cdot L \cdot N \cdot \Delta t \cdot \Delta R_{\Delta mn}. \quad (11)$$

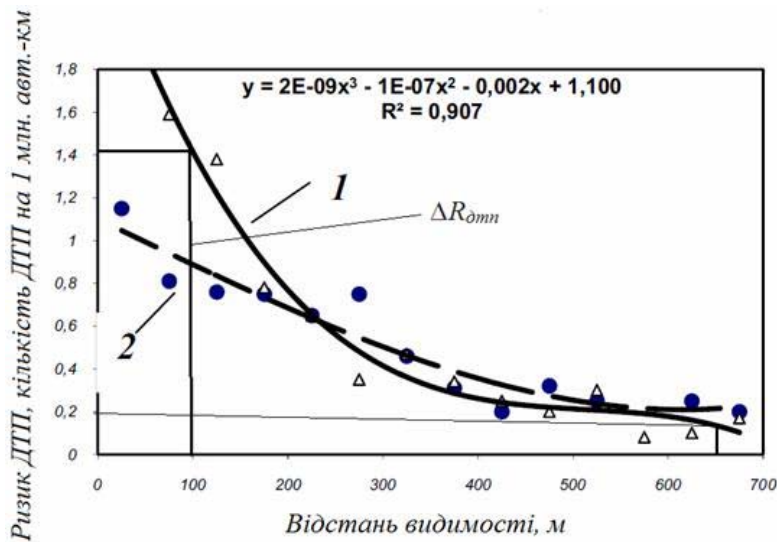


Рис. 3. Залежність показника ризику ДТП від відстані видимості у плані на багато смугових дорогах: 1 – з розподільчою смугою; 2 – без розподільчої смуги
Джерело: Чванов В.В. [16]. Адаптовано авторами

У фазі обґрунтування ціни контракту ex ante, як замовником, так і підрядником, за допомогою імітаційної моделі потрібно прогнозувати встановленої в результаті контролю стану кількість дефектів, параметри яких диференційовані за рівнями обслуговування. Ця кількість моделюється на основі історичних даних, а при їх відсутності – на основі ймовірнісних розподілень, отриманих на основі експертних оцінок.

Випадкова кількість дефектів даного виду і даного рівня обслуговування визначається методом Монте-Карло. Інтервал коефіцієнту відхилення ділиться на 5 рівних відрізків (табл. 3). Розігрується значення випадкової величини ξ , яка рівномірно розподілена в інтервалі від 0 до 1, за ним визначається номер n інтервалу з гістограми, куди попадає ξ , і кількість дефектів D обчислюється за формулою:

$$D = D_{cp} \cdot \frac{k_{max} - k_{min}}{5} \left(n - 1 + \frac{\xi - \sum_{i=1}^{n-1} p_i}{p_n} \right). \tag{12}$$

Таблиця 3.

Вихідні дані для оцінки кількості дефектів

Середня кількість дефектів	Коефіцієнт відхилення		Гістограма оцінки ймовірностей попадання в один з 5 рівних відрізків інтервалу $k_{min} \div k_{max}$				
	мінімум	максимум	p_1	p_2	p_3	p_4	p_5
D_{cp}	k_{min}	k_{max}					

Циклічні роботи, такі як очищення покриття та укріплених узбіч від пилу і бруду або щорічні роботи з озеленення тощо плануються на регулярній основі, а деякі (наприклад, закладення тріщин в покритті) повинні бути виконані до певної дати року, проте точна кількість їх невідома.

Імітація складається з декількох вкладених циклів, зокрема по:

- варіантам ціни контракту;
- прогонам імітаційної моделі;
- точкам (дням) контролю стану елементу;
- дням моделює мого періоду.

У циклі по точкам контролю стану елементу визначаються: кількість дефектів, випадкові величини тривалості усунення дефектів. У циклі по дням модельного періоду визначається випадкова вартість роботи з усунення дефекту, за відповідними моделями, визначається вплив усунення дефекту на функцію суспільного добробуту W_s , а також ψ_{rsedt} – витрати на виконання робіт з усунення дефекту за день t і транзакційні витрати C_{tc} .

Дані одного прогону імітаційної моделі фіксуються у відповідному масиві. Після виконання всіх прогонів при заданому варіанті ціни контракту будуються гістограма та інтегральна крива розподілу випадкової величини суспільного добробуту W_s , яка використовується, наприклад, для розрахунку «вартості під ризиком» (Value-at-Risk - VaR) (рис. 4). VaR - це імовірісно-статистичний підхід для визначення співвідношення цінових показників і ризику. Основним поняттям у ньому є розподіл ймовірностей, який пов'язує всі можливі величини змін модельованих факторів з їх ймовірностями. Цей показник характеризує величину можливого збитку з обраною ймовірністю за певний проміжок часу.

Стан елементу дороги характеризується наявністю дефектів, які існують на протязі часу від їх виникнення до усунення. Якщо дефекти ліквідуються за час відгуку, специфікований в умовах контракту, то фіксована щомісячна оплата послуг підрядника не зменшується. Якщо час відгуку перевищено в одному або більше випадках, то оплата зменшується на вартість штрафних балів. Таким чином фактично досягнутий розмір оплати по відношенню до встановленого в контракті щомісячного розміру оплати може слугувати контрольованим замовником рівнем якості обслуговування елементу дороги:

$$q_i = \frac{1}{m} \sum_{j=1}^m \frac{C_{ij}^\phi}{C_{ij}^n}, \tag{13}$$

де C_{ij}^ϕ, C_{ij}^n – фактичний і запланований розмір оплати; m – кількість місяців.

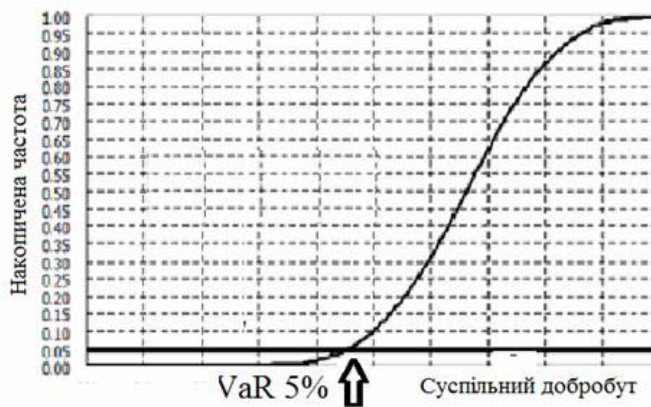


Рис. 4. Суспільний добробут під ризиком

Джерело: авторська розробка

Висновки. Визначення ціни ДККП на поточний дрібний ремонт та утримання автомобільних доріг являє собою складну задачу, для розв'язання якої запропонована імітаційна модель. Імітація дозволяє уникнути строгих вимог на вид функції добробуту і функції корисності підрядника. Показники рівня обслуговування доріг повинні встановлюватися кращими від мінімальних умов забезпечення безпеки, швидкості та комфортності руху і збереження елементів доріг. Ціна контракту встановлюється шляхом послідовного перебору із заданим кроком її можливих значень і вибирається відповідно максимальному значенню функції суспільного добробуту. Запропонована імітаційна модель може використовуватись у фазах ex ante – при закупівлі та ex post – при виконанні контракту для управління ризиками, антикризового управління, перегляду умов контракту тощо. Задачу теорії експлуатації автомобільних доріг повинна бути розробка моделей впливу рівнів обслуговування на величину суспільного добробуту.

Література.

- Деякі питання реформування системи державного управління автомобільними дорогами загального користування [Електронний ресурс] / Розпорядження Кабінету міністрів України від 31 березня 2015 р. № 432-р. - Режим доступу: <http://zakon5.rada.gov.ua/laws/show/432-2015-%D1%80>.
- Performance-Based Contracting for Maintenance. TRB's National Cooperative Highway Research Program (NCHRP) Synthesis 389 [Електронний ресурс] // 2011. - Режим доступу: <http://www.trb.org/Main/Blurbs/161949.aspx>.
- Станкевич Наталья Содержание и улучшение дорожной инфраструктуры с помощью контрактов, основанных на показателях качества работ [Електронний ресурс] / Н.Станкевич, Н. Кюреши, Ц. Кейроз // Транспортный бюллетень TN-27. – Вашингтон (США): Всемирный банк. – Сентябрь, 2005. – Режим доступу: http://www-esd.worldbank.org/pbc_resource_guide/Docslatest%20edition/PBC/PBC_final_Russian_Jan16_2006.pdf
- European Framework for Safe, Efficient and Environmentally-friendly Ship Operations [Електронний ресурс] // 2011. – 82 p. - Режим доступу: <http://www.mits-forum.org/resources/flagship-A1.5.pdf>. (Accessed 07 May 2016).
- Соколова Н.М. Теоретичні аспекти довгострокових контрактів на основі кінцевих показників / Н.М. Соколова, О.П.Канін, А.М.Харченко // Управління проектами, системний аналіз і логістика : Науковий журнал. Вип. 11. – К.: НТУ, 2013. С. 130-139.
- Харченко А.М. Еволюція розвитку та переваги застосування довгострокових контрактів, заснованих на кінцевих показниках, у дорожній галузі. / А.М.Харченко, О.П.Канін, Н.М.Соколова // Вісник Національного транспортного університету. – К.: НТУ, 2013. – Вип. 28. С. 496-504.
- МР В.3.2-02070915-844:2014 «Методичні рекомендації з управління станом автомобільних доріг на основі довгострокових контрактів з поточного дрібного ремонту та утримання доріг за показником рівня їх обслуговування» / Канін О.П., Соколова Н.М., Харченко А.М., Шпиг А.Ю., Маковська Ю.А., Шкарівська Н.Ю. // Укравтодор. К.: 2014.
- Канін О.П. Інформаційно-аналітична система управління довгостроковими контрактами на основі рівнів обслуговування доріг / О.П. Канін // Автомобільні дороги і дорожнє будівництво. Науково-технічний збірник. – К.: НТУ, 2015. – Вип. 94. – С. 112-123.
- Канін О.П. База даних рівнів обслуговування в управлінні довгостроковими контрактами на основі кінцевих показників якості доріг / О.П. Канін, А.М. Харченко, Н.М. Соколова, А.Ю. Шпиг // Автомобільні дороги і дорожнє будівництво. Науково-технічний збірник. – К.: НТУ, 2015. – Вип. 94. – С. 124-134.
- Soliño A. S. (2013). Application of the Agency Theory for the Analysis of Performance Based Mechanisms in Road Management. *13th World Conference on Transport Research*, www.wctr2013rio.com. 15-18 July 2013 Rio de Janeiro, Brazil. 2010. – 13 p. Available at: <http://www.wctrs-society.com/wp/wp-content/uploads/abstracts/rio/selected/863.pdf>. (Accessed 07 May 2016).
- Soliño A. S. Optimizing performance-based mechanisms in road management: an agency theory approach. *EJTIR* 15(4), 2015, - pp. 465-481. Available at: http://www.tbm.tudelft.nl/fileadmin/Faculteit/TBM/Onderzoek/EJTIR/Back_issues/15.4/2015_04_04.pdf. (Accessed 07 May 2016).
- Laffont J.J. (1994). The New Economics of Regulation Ten Years After. *Econometrica*, Vol. 62, No. 3 (May, 1994), pp. 507-537. Available at: <http://econde.org/wp-content/uploads/2011/12/Laffont-94-The-new-economics-of-regulation.pdf> (Accessed 07 May 2016).
- Holmstrom B. and Milgrom P. (1991). Multitask Principal-Agent Analyses: Incentive Contracts, Asset Ownership, and Job Design. *Journal of Law, Economics, & Organization*, Vol. 7, Special Issue: [Papers from the Conference on the New Science of Organization, January 1991], pp. 24-52. Available at: <https://faculty.fuqua.duke.edu/~cq2/BA532/1991%20JLEO%20Holmstrom%20Milgrom.pdf>. (Accessed 07 May 2016).
- Eisenhardt, K.M. (1989). Agency Theory: An Assessment and Review. *Academy of Management Review*, 14(1), 57-74. Available at: <http://www.pppe.ufrgs.br/giacomo/arquivos/ecop26/eisenhardt-1989.pdf> (Accessed 07 May 2016). (Accessed 07 May 2016).
- Laffont J.-J. and Tirole J. (1993) A Theory of Incentives in Procurement and Regulation. MIT, Cambridge, London, Lecture Notes Text 14, 1993. – 22 p. Available at: https://tudresden.de/die_tu_dresden/fakultaeten/vkw/iad/die_tu_dresden/fakultaeten/fakultaet_wirtschaftswissenschaften/bwl/ee2/lehrstuhleseiten/ordner_lehre/ordner_ss_06/ordner_energiewirtschaft_4_ss_06/Lecture_Notes_Laffont_Tirole.pdf. (Accessed 07 May 2016).pan>
- Чванов В.В. Исследование влияния расстояния видимости на дорожную аварийность [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://www.rosdormii.ru/UserFiles/File/dim/21-1/14.pdf>.

References.

- Cabinet of Ministers of Ukraine (2015), Resolution “Some issues of public administration system reform automobile roads of common use”, available at: <http://zakon5.rada.gov.ua/laws/show/432-2015-%D1%80> (Accessed 10 May 2016).
- NCHRP (2011), “Performance-Based Contracting for Maintenance”, available at: <http://www.trb.org/Main/Blurbs/161949.aspx> (Accessed 10 May 2016).
- Stankevich, N. Kjureshi, N. and Kejroz, C. (2015), “Content and Infrastructure Improvement dorozhnoy with pomoshchju contracts, osnovannyh indicators on quality of works”, *Transportnyj bjulleten' TN-27*, available at: http://www-esd.worldbank.org/pbc_resource_guide/Docslatest%20edition/PBC/PBC_final_Russian_Jan16_2006.pdf (Accessed 10 May 2016).
- Flagship (2011), “European Framework for Safe, Efficient and Environmentally-friendly Ship Operations”, available at: <http://www.mits-forum.org/resources/flagship-A1.5.pdf>. (Accessed 07 May 2016).
- Sokolova, N.M. Kanin, O.P. and Xarchenko A.M. (2013), “Theoretical aspects of long-term contracts based on the final performance”, *Upravlinnya proektamy, systemnyj analiz i lohistyka : Naukovyj zhurnal*, Vol. 11, pp. 130-139.
- Harchenko A.M. Evoljucija rozvritku ta perevagi zastosuvannja dovgostrkovih kontraktiv, zasnovanih na kincevih pokaznikah, u dorozhnij galuzi. / A.M.Harchenko, O.P.Kanin, N.M.Sokolova // Visnik Nacional'nogo transportnogo universitetu. – K.: NТУ, 2013. – Vip. 28. S. 496-504.
- Kanin, O.P. Sokolova, N.M. Xarchenko, A.M. Shpyh, A.Yu. Makovsk'ka, Yu.A. and Shkarivsk'ka, N.Yu. (2014), *Metodychni rekomendaciyi z upravlinnya stanom*

avtomobil"nyx dorih na osnovi dovhstrokovyx kontraktiv z potochnoho dribnoho remontu ta utrymannya dorih za pokaznykom rivnya yix obsluhovuvannya [Guidelines for the management position as automobile roads through long-term contracts with current small repairs and maintenance of roads in terms of their level of service], Ukravtodor, Kyiv, Ukraine.

8. Kanin, O.P. (2015), "Information-analytical system of long-term contracts based on levels of service of roads", *Avtomobil"ni dorohy i dorozhnye budivnytvo. Naukovo-texnichnyj zbirnyk*, vol. 94, pp. 112-123.

9. Kanin, O.P. Xarchenko, A.M. Sokolova, N.M. and Shpyh, A.Yu. (2015) "The database service levels in the management of long-term contracts based on the finite parameters of quality of roads", *Avtomobil"ni dorohy i dorozhnye budivnytvo. Naukovo-texnichnyj zbirnyk*. – K.: NTU, vol. 94, pp. 124-134.

10. Soliño, A. S. (2013), "Application of the Agency Theory for the Analysis of Performance Based Mechanisms in Road Management", *13th World Conference on Transport Research*, Rio de Janeiro, Brazil, 15-18 July, Available at:

<http://www.wctrs-society.com/wp/wp-content/uploads/abstracts/rio/selected/863.pdf>. (Accessed 07 May 2016).

11. Soliño, A. S. (2015), "Optimizing performance-based mechanisms in road management: an agency theory approach", *EJTIR*, Available at: http://www.tbm.tudelft.nl/fileadmin/Faculteit/TBM/Onderzoek/EJTIR/Back_issues/15.4/2015_04_04.pdf. (Accessed 07 May 2016).

12. Laffont, J.J. (1994). "The New Economics of Regulation Ten Years After", *Econometrica*, Vol. 62, No. 3, pp. 507-537. Available at: <http://econdse.org/wp-content/uploads/2011/12/Laffont-94-The-new-economics-of-regulation.pdf> (Accessed 07 May 2016).

13. Holmstrom, B. and Milgrom, P. (1991), "Multitask Principal-Agent Analyses: Incentive Contracts, Asset Ownership, and Job Design", *Journal of Law, Economics, & Organization*, Vol. 7, pp. 24-52, Available at:

<https://faculty.fuqua.duke.edu/~qc2/BA532/1991%20JLEO%20Holmstrom%20Milgrom.pdf>. (Accessed 07 May 2016).

14. Eisenhardt, K.M. (1989), "Agency Theory: An Assessment and Review", *Academy of Management Review*, vol.14(1), 57-74. Available at: <http://www.pppe.ufrgs.br/giacomo/arquivos/ecop26/eisenhardt-1989.pdf> (Accessed 07 May 2016).

15. Laffont, J.-J. and Tirole, J. (1993), *A Theory of Incentives in Procurement and Regulation*, MIT, Cambridge, London, Lecture Notes Text 14, Available at: https://tudresden.de/die_tu_dresden/fakultaeten/vkw/iad/die_tu_dresden/fakultaeten/fakultaet_wirtschaftswissenschaften/bwl/ee2/lehrstuhlseiten/ordner_lehre/ordner_ss_06/ordner_energiwirtschaft_4_ss_06/Lecture_Notes_Laffont_Tirole.pdf. (Accessed 07 May 2016).

16. Chvanov, V.V. (2009), "Study visibility distance influence on road accidents", available at: <http://www.rosdornii.ru/UserFiles/File/dim/21-1/14.pdf> (Accessed 10 May 2016).

Стаття надійшла до редакції 16.06.2016 р.



ТОВ "ДКС Центр"