



УДК 625.7/8:338

Шпиг А.Ю.

МОДЕЛІ ВИЗНАЧЕННЯ РІВНЯ ВТРУЧАННЯ ДЛЯ ЕЛЕМЕНТІВ ВОДОВІДВОДУ

Ключові слова: система водовідводу, рівень втручання, рівень обслуговування, марківський процес.

Анотація. У статті розглянуто підхід щодо визначення експлуатаційного стану елементів водовідводу та обґрунтування рівня втручання.

Постановка проблеми. Система водовідводу – це одна з складових конструкції автомобільної дороги. Від стану водовідводу залежить стан земляного полотна і, в решті, дорожнього одягу. Відновлення стану елементів водовідводу потребує техніко-економічного обґрунтування так званого рівня втручання – мінімального значення параметрів елементу, при якому потрібно відновлювати його стан, що являє собою складну задачу.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Починаючи з другої половини минулого століття вчені почали звертати велику увагу на стан автомобільних доріг, який повинен відповідати сучасним вимогам. Одним з факторів, які впливають на стан автомобільної дороги є система водовідводу. У світі зроблені спроби для обґрунтування експлуатаційних станів водовідводу [1, 2]. Але обґрунтування рівня втручання, що впливає на вибір ремонтних заходів потребує глибокого і повного вивчення.

Постановка завдання. Розробити модель обґрунтування рівня втручання для елементів водовідводу.

Виклад основного матеріалу. Велику роль у забезпеченні нормального функціонування автомобільної дороги відіграє система водовідводу. У залежності від стану земляного полотна та системи водовідводу в процесі експлуатації дороги виникає необхідність виконання різних видів ремонтно-відновлювальних робіт, пов'язаних з підвищенням стійкості і працездатності земляного полотна, удосконалення форми та приведення його геометричних параметрів у відповідність до нормативних вимог.

Відповідно до Закону України «Про автомобільні дороги», до споруд дорожнього водовідводу відносяться бокові канали, водовідвідні канали, водопропускні труби, відкриті та закриті дренажні системи, зливові каналізація, тощо [3].

Протягом життєвого циклу всі елементи дороги піддаються процесу деградації, тобто процесу погіршення своїх властивостей (рис. 1). Прийнято, що елементи дорожнього водовідводу протягом життєвого циклу перебувають послідовно в одному з п'яти експлуатаційних станів [4]. Віднесення окремого елементу до певного експлуатаційного стану відбувається на основі візуальних спостережень або вимірювань.

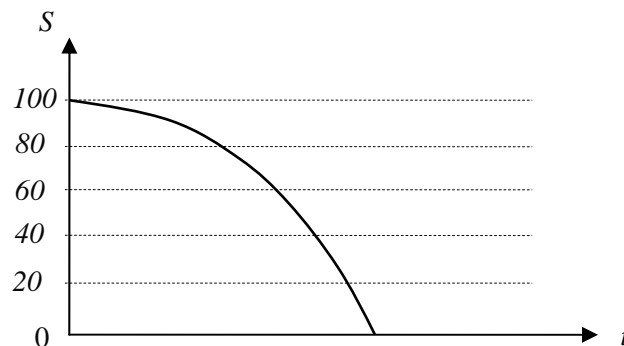


Рис.1. Процес деградації елемента водовідводу дороги протягом життєвого циклу

Кожному експлуатаційному стану відповідає певний рейтинг, який має верхню та нижню границі. Рейтинг стану елементу визначається на основі спостереження рівня серйозності і рівня розповсюдження пошкоджень елемента. Рівень серйозності визначає ступінь пошкодження елемента, а рівень розповсюженості – поширеність пошкодження (чи пошкодження існує на всьому елементі, чи на деякій його частині).



Під час процесу деградації відбувається накопичення пошкоджень, що виникають в результаті зносу елемента, тобто стан елемента погіршується. Такий процес зручно описати за допомогою марківського процесу [5] (рис. 2).

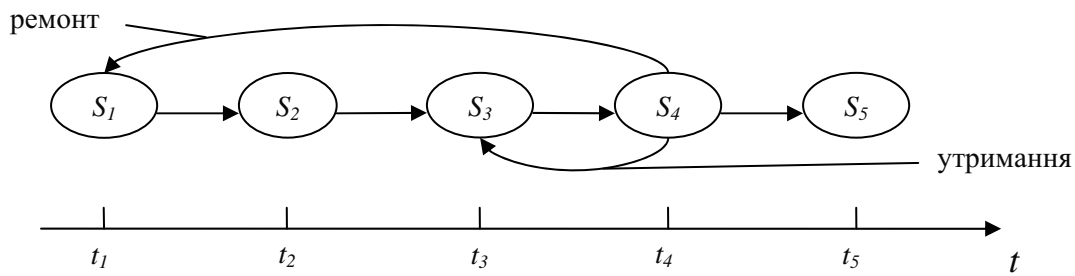


Рис. 2. Процес деградації елемента за Марковим

Процесу деградації протидіє процес відновлення, тобто процес проведення певних ремонтно-відновлювальних заходів, який дозволяє перейти з гіршого стану в кращий. Але процес відновлення відбувається не безперервно, а через деякі проміжки часу. Тому, для того щоб визначити час, коли потрібно виконувати роботи необхідно мати певний критерій. Таким критерієм може бути рівень втручання - це такий розмір пошкодження, при якому необхідно виконувати певні ремонтно-відновлювальні заходи. Графічно цей процес можна зобразити наступним чином:

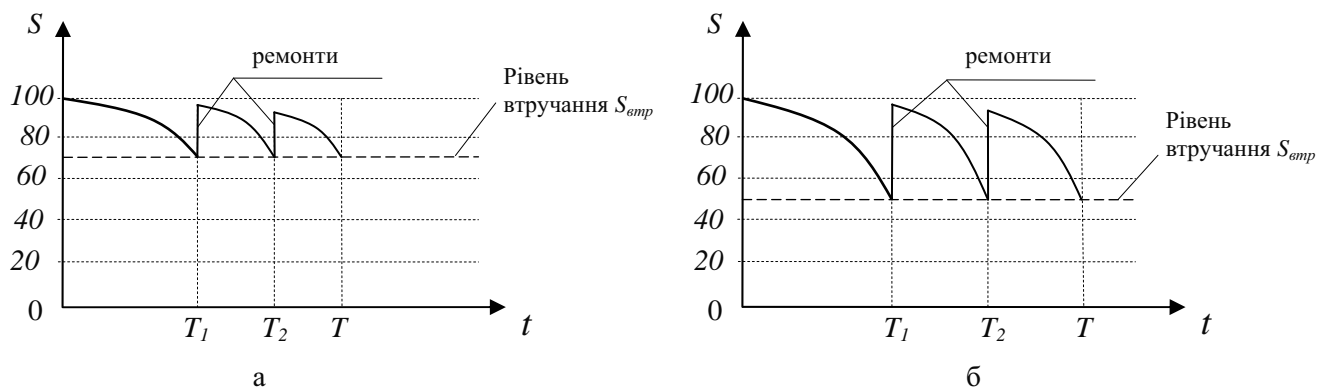


Рис. 3. Процес деградації елемента водовідводу з своєчасним проведенням ремонтних заходів

Обґрунтування рівня втручання визначається як деяка оптимізаційна задача. Тобто, щоб підтримувати вищий стан елемента потрібно частіше проводити ремонтні заходи, і навпаки, що впливає на вартість робіт.

Для опису вищезгаданих процесів можна використати підхід, який викладено в роботі [6] та інших. Ймовірнісний розподіл елементів водовідводу в рік t визначається вектором X_t . Зміна у станах описується матрицею ймовірностей переходу P . Дана матриця використовується для того, щоб визначити стан елемента у наступному році, $t + 1$:

$$X_{t+1} = P^T \cdot X_t \quad (1)$$

де, P^T – транспонована матриця.

Елементи P_{ij} в матриці P показують ймовірності переходу, де i – стан елемента в рік t , а j – стан у рік $t + 1$. Так як частина елементів водовідводу утримуються постійно та щорічно, а частина залишається не утриманою, тобто продовжує піддаватися процесу деградації, то і ймовірнісна матриця переходу також поділена на дві частини. Елементи ймовірнісної матриці переходу (таблиця 1, як приклад) визначаються наступним чином:

$$P_{ij} = a_i \cdot M_{ij} + (1 - a_{i,t}) \cdot D_{ij} \quad (2)$$

де, M_{ij} – елемент матриці, який щорічно утримується;

D_{ij} – елемент матриці, який піддається процесу деградації;

$a_{i,t}$ – частка елементів водовідводу у стані i , що утримані в рік t , при чому $0 \leq a_{i,t} \leq 1$.

Шуканою змінною за даним розрахунком являється $a_{i,t}$.

Таблиця 1. Ймовірна матриця переходу станів елементів водовідводу

Стан елементу у рік t	Стан елементу у рік $t+1$				
	1	2	3	4	5
1	0,8	0,2	0	0	0
2	0	0,86	0,14	0	0
3	0	0	0,91	0,09	0
4	0	0	0	0,88	0,12
5	0	0	0	0	1

Відповідно до даної моделі, будь-який дорожній елемент залишається в початковому стані або переходить в інший – гірший стан. Таким чином, тільки ті елементи матриці, що піддаються процесу деградації, для яких $j = i$ чи $j = i + 1$ – відмінні від нуля. Елементи водовідводу, що знаходяться у найгіршому стані залишаються у ньому до тих пір, доки не відбудуться певні ремонтно-відновлювальні заходи. Це призведе до того, що вони перейдуть у кращий стан, ніж поточний. Крім того, усі елементи матриці, де відбувається щорічне обслуговування, для яких $j \leq i$ (нижня трикутна матриця) можуть бути відмінними від нуля.

Таким чином, після проведення ремонтно-відновлювальних заходів збільшується строк служби елементів, а в комплексі всі елементи подовжують строк служби автомобільної дороги. Відповідно до цього ймовірна матриця переходу станів елементів водовідводу після процесу відновлення матиме вигляд:

Стан елементу у рік t	Стан елементу у рік $t+1$				
	1	2	3	4	5
1	1	0	0	0	0
2	0	1	0	0	0
3	0,15	0,85	0	0	0
4	0	0,89	0,11	0	0
5	0	0,75	0,25	0	0

Перебування елементів водовідводу у поганому стані вимагає більших витрат на їх майбутнє відновлення і суттєво впливає на стан земляного полотна та дорожнього одягу. Вартість відновлення кожного стану та загальну вартість відновлення в рік t можна розрахувати за формулою:

$$C_t = N \sum_{k=1}^K \sum_{i=1}^m x_{i,t} a_{i,t} c_{i,t} \cdot R \quad (3)$$

де N – протяжність елементу водовідводу;

K – кількість видів елементів;

m – кількість станів;

$x_{i,t}$ – частка елементів водовідводу у стані i в рік t ;

$a_{i,t}$ – частка елементів водовідводу у стані i , що утримані в рік t ;

$c_{i,t}$ – вартість обслуговування у стані i в рік t ;

R – коефіцієнт впливу на дорожньо-транспортні витрати.

Приймаючи до уваги відсутність аналітичних залежностей для кривої деградації (рис.1), доцільно дискретизувати криву, розділивши для потрібної точності кожен стан елементу на декілька частин. Це

робиться тому що рівень втручання має рейтинговий показник, а за марківським процесом використовується поняття стану. Тому, доцільно буде зробити такий поділ і присвоїти рівню втручання значення стану, який буде складатися, наприклад, з десяти балів за рейтингом. У такому випадку, стан S_1 , що має рейтинг від 100 до 80 балів, буде додатково поділений на дві частини: a і b (рис. 4). Аналогічно відбувається поділ решти станів.

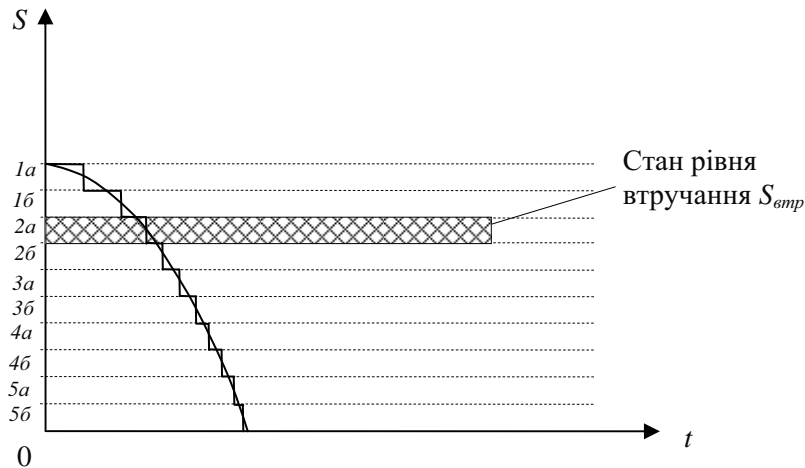


Рис. 4. Дискретизована крива деградації

Відповідно до такого поділу матриця переходу станів елементу водовідводу також збільшиться в два рази і матиме наступний вигляд:

Стан елементу у рік t	Стан елементу у рік $t+1$									
	1a	1б	2a	2б	3a	3б	4a	4б	5a	5б
1a	0,95	0,05	0	0	0	0	0	0	0	0
1б	0	0,9	0,1	0	0	0	0	0	0	0
2a	0	0	0,84	0,16	0	0	0	0	0	0
2б	0	0	0	0,78	0,22	0	0	0	0	0
3a	0	0	0	0	0,91	0,09	0	0	0	0
3б	0	0	0	0	0	0,89	0,11	0	0	0
4a	0	0	0	0	0	0	0,93	0,07	0	0
4б	0	0	0	0	0	0	0	0,9	0,1	0
5a	0	0	0	0	0	0	0	0	0,85	0,15
5б	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1

Для оптимізації потрібно виконати перебір варіантів з різними станами рівня втручання та вибрати той варіант, при якому значення вартості відновлення буде найменшою. Це дозволить більш раціональніше використовувати державні кошти. Вирішення проблеми обґрунтування рівня втручання не тільки для елементів водовідводу, але й для інших елементів автомобільних доріг – дуже важливе завдання для України, так як нині дорожня галузь функціонує в умовах обмеженого фінансування. Але на сьогодні таку роботу можливо провести тільки за наявності статистичної інформації. Тому з вищесказаного випливає ще одна важлива задача – створення банків даних про наявність автомобільних доріг, на основі яких можна буде реалізувати даний підхід.

Висновок. Застосування запропонованої моделі дає можливість розрахувати вартість відновлення елементів водовідводу при різних рівнях втручання.

Література

1. Highway Maintenance Levels of Service. Manual. Prepared for Colorado Department of Transportation // prepared by Cambridge Systematics, Inc. - December 22, 1999. – 78 pp.
2. Отраслевой дорожный методический документ. Руководство по оценке уровня содержания автомобильных дорог (временное). ОДМ 218.0.000-2003. // Росавтодор – 2004 г. – 72с.



3. Закон України «Про автомобільні дороги» від 8 верес. 2005 року № 2862-IV. // Голос України. – 2005. – 07 жовт. – № 189. Із внесенням змін до Закону України від 20 грудня 2011 року № 4203-VI.
4. Інструкція по визначенню рівнів експлуатаційного стану автомобільних доріг державного значення та їх елементів. ІН В.3.1-218-336:2010 // Укравтодор. – 48с.
5. Лантух-Лященко А.І. Оцінка технічного стану транспортних споруд, що знаходяться в експлуатації. // Вісник ТАУ та УТУ. – К., РВВ УТУ. – 1999. – Вип. 3. – с. 59-63.
6. Antti Ruotoistenmäki. Road maintenance management system – a simplified approach / Quantitative Methods of Economics and Management Science. – Helsinki School of Economics. – October 2007. – 25pp.

