

БУДІВНИЦТВО ТА ЦИВІЛЬНА ІНЖЕНЕРІЯ (192)

УДК 625.151

**ВСТАНОВЛЕННЯ НОРМАТИВІВ СТРОКІВ СЛУЖБИ СТІЛОЧНИХ ПЕРЕВОДІВ
ДЛЯ УМОВ ЕКСПЛУАТАЦІЇ КИЇВСЬКОГО МЕТРОПОЛІТЕНУ**

Кандидати техн. наук В. Д. Бойко, В. М. Молчанов, інж. О. О. Сорока

**УСТАНОВЛЕНИЕ НОРМАТИВОВ СРОКОВ СЛУЖБЫ СТРЕЛОЧНЫХ
ПЕРЕВОДОВ ДЛЯ УСЛОВИЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ КИЕВСКОГО МЕТРОПОЛИТЕНА**

Кандидаты техн. наук В. Д. Бойко, В. Н. Молчанов, инж. О. А. Сорока

**ESTABLISHMENT OF STANDARDS SWITCH'S WEAR-RESISTANCE FOR
OPERATING CONDITIONS IN KIEV UNDERGROUND**

Phd. tehn. V. D. Boiko, V. M. Molchanov, engineer, pg. O. O. Soroka

Подано результати комплексних експлуатаційних досліджень щодо встановлення нормативних строків служби стрілочних переводів типу Р65 і Р50 на основі характеристик зносостійкості основних металевих елементів переводів для умов експлуатації в головних коліях Київського метрополітену. Результати проведених досліджень дали змогу, на основі прогнозування зносу металевих елементів стрілочних переводів, обґрунтовано встановити нормативи строків служби переводів для різного конструктивного оформлення та різних умов експлуатації метрополітену.

Ключові слова: стрілочні переводи, стрілка, гостряк, хрестовина, знос, умови експлуатації, нормативні строки служби.

Представлены результаты комплексных эксплуатационных исследований по установлению нормативных сроков службы стрелочных переводов типа Р65 и Р50 на основе характеристик износоустойчивости основных металлических элементов переводов для условий эксплуатации в главных путях Киевского метрополитена. Результаты проведенных исследований разрешили обосновано установить нормативы сроков службы стрелочных переводов для разного конструктивного исполнения и разных условий эксплуатации метрополитена.

Ключевые слова: стрелочные переведы, стрелка, остряк, крестовина, износ, условия эксплуатации, нормативные сроки службы.

This research is devoted to the solution of a difficult task which concerns justification and establishment of rational rationing of size of the missed tonnage on metal elements of railroad switches depending on wear size, defines operability of separate elements and a design in general. The specified norm directly has functional communication with complex characteristics which consider design features (type, brand, a type of the subrail basis) and operational conditions on sites of a way (freight density, the missed tonnage, speed of the movement, axial loadings, the primary direction of train service, etc.).

As railroad switches work in more difficult service conditions, have more difficult constructive registration, the increased power interaction, the wear of their separate elements has differences in the course of formation from a usual track and demands individual consideration. The worn most out by elements of railroad switches is crosspieces and shooters depend on their state admissible speeds of train service. Therefore the conducted researches provided establishment of standard service life of the specified elements.

Results of complex operational researches on establishment of standard service life of R65 and R50 railroad switches on the basis of characteristics of wear resistance of the basic metal elements of the translations for service conditions on the main ways of the Kiev subway are presented.

Theoretical calculations the special technique which is developed by professor E.I. Danilenko has been assumed as a basis, it has well proved for establishment of the corresponding standards on the main railroads.

In the specified technique service conditions of a design are considered by the complex characteristic of power loading of a way, considers not only the major factors influencing wear, but also additional parameters: sizes and a range of the passed wheel loadings, diameters of wheels of the rolling stock, size of additional dynamic forces from roughnesses on the surface of driving of a rail and time of action of dynamic force.

Results of the conducted researches have allowed to establish reasonably standards of service life of the translations for various constructive registration and various service conditions of the subway on the basis of forecasting of wear of metal elements of railroad switches.

Key words: *switch, switch tongue, frogs, wear, working conditions, operating life, service conditions, standard service life.*

Вступ. Одним із спеціальних видів міського транспорту, який використовує для руху поїздів рейкову колію та стрілочні переводи, є метрополітен.

Відмінність конструкції залізничної колії та стрілочних переводів метрополітену, їх умов експлуатації та конструкції ходових частин рухомого складу порівняно із магістральними залізницями суттєво впливає на формування силової динаміки взаємодії. Відповідно буде різнитись зносостійкість металевих елементів стрілочних переводів у процесі взаємодії.

Тому дослідження щодо зносостійкості елементів стрілочних переводів, що проводились для магістральних залізниць, некоректно використовувати для оцінювання роботи конструкцій переводів та їх строків служби в умовах метрополітену.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Дослідження впливу експлуатаційних чинників і конструктивних відмінностей стрілочних переводів на фор-

мування зносу та дефектності металевих елементів, а відповідно, прогнозування їх «життєвого циклу» проведено низкою наукових шкіл. Зокрема у Санкт-Петербурзькому університеті шляхів сполучення (раніше ЛПЗТ) плідно працювала наукова школа під керівництвом професорів С. В. Амеліна та В. Ф. Яковлева [1]; починаючи з другої половини ХХ сторіччя робота стрілочних переводів у різних умовах експлуатації детально вивчалася у ВНДІЗТ, де в подальшому було створено стрілочну лабораторію, серед основних досліджень якої можна виділити наукові праці професора Б. Е. Глюзберга [2]; в Україні можна виділити наукову школу ДПТ [3, 4], до представників якої належать такі відомі вчені, як професори М. А. Фрішман і Ю. Д. Волошко, доценти О. М. Орловський, В. П. Гнатенко та ін.; з кінця 1990-х років до сьогодні в Київському інституті залізничного транспорту діє наукова школа під керівництвом професора Е. І. Даніленка,

багато розробок якої було безпосередньо присвячено дослідженню експлуатаційних характеристик стрілочних переводів [5–8].

За кордоном при вивченні процесів зносу елементів стрілочних переводів найчастіше застосовують методи математичного моделювання й зокрема метод скінченних елементів [9–11].

Різні наукові школи дотримуються своїх підходів до оцінювання працездатності конструкцій та впливу умов експлуатації на ресурси роботи стрілочних переводів.

Зокрема в основу нормативів строків служби стрілочних переводів на залізницях РФ [2] покладено таблиці середньомережевих нормативних строків служби стрілок і хрестовин різних типів і марок переводів на дерев'яних і залізобетонних брусах для головних та приймально-відправних колій. При цьому середньомережеві нормативи строків служби коригуються відповідними коефіцієнтами, які враховують вплив осьових навантажень, вантажонапруженість та співвідношення поїздопотоків по прямій та боковій коліях. Нормативні строки служби стрілочних переводів визначають як добуток середньомережевих строків служби на коефіцієнти коригування для конкретних умов експлуатації.

У свою чергу розробки під керівництвом професора Е. І. Даніленка враховують умови експлуатації для конкретного типу та марки стрілочного переводу через узагальнену характеристику силового навантаження колії [5–8].

Загальнодоступні дослідження закордонних вчених щодо даної проблематики досить обмежені і не можуть бути повною мірою використані на вітчизняних залізницях через значні відмінності в умовах експлуатації та конструктивному оформленні стрілочних переводів.

Визначення мети та завдання дослідження. Метою дослідження є встановлення нормативних строків експлуатації конструкцій для організації раціонального ведення колійного

господарства за умови забезпечення безпеки руху поїздів, а також для встановлення потреби в стрілочних переводах при плануванні робіт з їх ремонту або заміни. Для досягнення поставленої мети проведено комплексні експлуатаційні і теоретичні дослідження щодо особливостей формування зносу основних металевих елементів стрілочних переводів типів Р50 і Р65 марки 1/9 у головних коліях Київського метрополітену.

Основна частина дослідження. В сучасних умовах ведення стрілочного господарства як магістральних залізниць, так і метрополітенів, гостро стоїть проблема оптимального використання наявних ресурсів. Особливо це стосується питання зношуваності металевих елементів залізничної колії і зокрема частин стрілочних переводів – хрестовин та стрілок. Одним із критеріїв фактичного використання ресурсів є строки експлуатації конструкцій у певних умовах.

Загальноприйнятим є нормувати [5–8] гарантійні та нормативні строки служби конструкцій – стрілочних переводів та їх елементів (стрілок і хрестовин).

Нормативні строки служби стрілок і хрестовин [5, 7, 8] визначаються кількістю пропущеного по них тоннажу T_n до досягнення величини допустимого нормативного зносу h_n .

Нормативні строки служби для хрестовин призначають по досягненні допустимого вертикального зносу h_n вусовиків у найбільш зношуваному місці – зоні перекочування (між горлом і перерізом сердечника 30 мм) або сердечника (в перерізі 40 мм).

Нормативний строк служби стрілок визначають за допустимим зносом рамних рейок h_n (за потреби замінюються окремі передчасно зношені гостряки).

Нормативні строки служби стрілочного переводу в цілому визначають за станом стрілки і, насамперед, за зносом її головних рейкових елементів – гостряків і рамних рейок.

Вертикальний знос поверхні кочення несучих металевих елементів стрілочних переводів є одним із двох головних критеріїв, що визначають строк працездатності конструкції (другий критерій – дефектність) [5, 6, 13–15]. У відсотковому співвідношенні вихід металевих елементів стрілочних переводів з тих чи інших причин на різних лініях і категоріях колій може бути різним і визначатись, насамперед, різницею в експлуатаційних умовах, в яких працюють дані конструкції, що підтверджено дослідженнями провідних вчених. Процеси і закономірності формування вертикального зносу поверхні кочення хрестовин достатньо добре вивчені та неодноразово викладені в наукових працях [5–8, 13].

Зносостійкість основних металевих елементів стрілочних переводів було встановлено при комплексних експлуатаційних дослідженнях стрілочних переводів головних колій Київського метрополітену залежно від умов експлуатації [12, 13, 16, 17].

В дослідженні було задіяно 62 % стрілочних переводів від загальної кількості, що експлуатуються в підземних і наземних ділянках на головних коліях усіх трьох ліній. Дослідження зносостійкості проводились на 22 (52 %) стрілочних переводах типу Р50 марки 1/9 і 15 (83 %) переводах типу Р65 марки 1/9.

Досліджувані конструкції різнилися характеристиками пропущеного при експлуатації тоннажу, а також мали різні умови експлуатації: переважний напрямок руху поїздів – пошерстний (ПШ), та протишерстний (ПРШ); встановлені швидкості руху V на стрілочних переводах у прямому напрямку складала $V_{max} = 80$ км/год, а у боковому напрямку – V_{max} до 35 км/год.

Для ділянок зі стрілочними переводами типу Р50 марки 1/9 вантажонапруженість G , складала 21–

25 млн т за рік, а для ділянок з переводами Р65 марки 1/9 складала 17 млн т за рік. Пропущений тоннаж T на час досліджень зносостійкості хрестовин типу Р50 становив від 13,1 до 133,4 млн т, а хрестовин типу Р65 – від 24,6 до 106,2 млн т. Для елементів стрілки типу Р50 пропущений тоннаж становив від 31,3 до 367,4 млн т, а типу Р65 – від 224,7 до 397,7 млн т.

Для дослідження зносу елементів стрілочних переводів використано стандартну методику, що регламентована нормативними документами метрополітену та Укрзалізниці [5, 7, 8, 13, 16, 17].

За основу для прогнозування зносостійкості стрілочних переводів залежно від умов експлуатації (крім пропущеного тоннажу) прийнято аналітичну залежність

$$h = a\sqrt{T} + bT, \quad (1)$$

де T – тоннаж, що пропущений по конструкції хрестовини;

a і b – числові коефіцієнти, які мають конкретні значення для кожної конструкції, місця розміщення перерізу на хрестовині та експлуатаційних чинників.

Результати натурних вимірювань вертикального зносу на вусовиках й сердечниках хрестовин та гостряках і рамних рейках дали змогу провести апроксимацію та встановити прогнозні аналітичні залежності зносостійкості у вигляді функції (1) [13, 17].

До останнього часу нормативний строк служби основних металевих елементів стрілочних переводів у Київському метрополітені було встановлено відповідно до табл. 1 на підставі [12]. Зазначені нормативи враховували тільки типи та марки стрілочного переводу, їхній конструктивний елемент (стрілка або хрестовина) і призначення колій (головні або станційні).

Нормативний тоннаж основних елементів стрілочних переводів у Київському метрополітені

Найменування елементів	Тип, марка переводу	Нормативний тоннаж, млн т бруто	
		Головні	Станційні (приймально-відправні) колії
Стрілки	P50, 1/5	-	250
	P50, 1/9	230	260
	P65, 1/9	300	360
Хрестовини	P50, 1/9	85	120
	P50, 2/9	100	120
	P65, 1/9	100	120

Зазначені норми не враховували низки особливостей, що обумовлюють роботу стрілочних переводів у конкретних умовах експлуатації.

Тому нормативні строки служби мають бути різними для конструкцій, що працюють у різних умовах експлуатації, тобто при різних осьових навантаженнях, різних швидкостях руху поїздів, різній вантажонапруженості тощо. Вони також є різними для різних типів і марок стрілочних переводів та відмінного переважного напрямку руху по переводах. Так, стрілочні переводи пошерстного (ПШ) і протишерстного (ПРШ) напрямків мають різні особливості формування зносу, тому їх треба розглядати окремо. Також слід враховувати, що вусовики хрестовин зношуються більш інтенсивно, ніж сердечники хрестовин, тому знос вусовиків і сердечників слід розглядати окремо. Більш інтенсивно зношуються вусовики ПШ-напряму у порівнянні з ПРШ-хрестовинами. І навпаки, сердечники хрестовин ПРШ-напряму зношуються більш інтенсивно у порівнянні з ПШ-хрестовинами. Вусовики ПШ-напряму більш інтенсивно зношуються навпроти перерізу сердечника 20 мм, рідше – навпроти перерізу 12 мм, тому нормативи зносу по вусовиках слід встановлювати по перерізу 20 мм. Нормативи зносу по сердечниках хрестовин встановлюють по

перерізу 40 мм. В усіх випадках вусовики навпроти перерізів 20-12 мм сердечника зношуються з більшою інтенсивністю, ніж сердечники в перерізі 40 мм, тому нормативи для строків служби хрестовин у цілому слід призначати по зносу вусовиків.

Крім того, має враховуватись якість хрестовин (виконані з металу вищої категорії якості зношуються менш інтенсивно у порівнянні з хрестовинами з металу гіршої якості).

На основі наведених особливостей для магістральних залізниць України [5, 8] використовується спеціально розроблена методика [5, 6, 8, 17], яку було взято за основу для нормування зносу елементів стрілочних переводів метрополітенів.

У зазначеній методиці, окрім вказаних особливостей, враховується комплексна характеристика силового навантаження колії $U_i = f(P_i, V_i, d_i, P_k^{дин})$, що включає всі основні чинники (крім пропущеного тоннажу T), які впливають на знос хрестовин, у тому числі: величини й спектр пропущених колісних навантажень P_i , швидкості руху поїздів V_i , діаметри коліс рухомого складу d_i , величини додаткових динамічних сил від нерівностей на поверхні кочення $P_k^{дин}$ та час дії динамічної сили Δt .

Розрахунок характеристик $U_3 = U + U_1$ виконано за методикою, наведеною у [5, 6, 8, 17]. Для одного із варіантів експлуатації стрілочних переводів типу Р65 і Р50 марки 1/9 при осьових навантаженнях $P_{oc} = 15$ тс та швидкості

руху поїздів по переводах на головних коліях $V_{зол} = 40$ км/год прогнозні розрахунки нормативного тоннажу з використанням залежності формування вертикального зносу $h = f(T)$ наведені в табл. 2.

Таблиця 2

Прогнозний пропущений тоннаж для хрестовин типу Р50 і Р65 марки 1/9

Тип і марка стрілочного переводу	Середньо-зважені за тоннажем осьові та колісні навантаження, $\frac{P_{сер}^{ось}}{P_{сер}^{кол}}$, кН	Середньо-зважені за тоннажем швидкості руху поїздів, км/год / м/с	Комплексна характеристика експлуатаційних умов, U , кН·с	Основна характеристика експлуатаційних умов, U_1 , кН·с	Переважає напрям руху	Рівняння кривої зносу $h = f(T)$ в перерізі а) для сердечників хрестовин 40 мм; б) для вусовиків 20 мм	Прогнозний максимальний тоннаж, млн т брутто, для набуття відповідної величини вертикального зносу h , мм, за рівняннями кривих $h = f(T)$		
							4	5	6
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Р50 1/9	150/75	40/11,1	131	111	ПШ	а) $h = 0,1162\sqrt{T} + 0,0135T$ б) $h = 0,2109\sqrt{T} + 0,0153T$	181	239	297
	150/75	40/11,1	131	111	ПРШ	а) $h = 0,3930\sqrt{T} + 0,0029T$ б) $h = 0,2498\sqrt{T} + 0,0085T$	114	155	197
Р65 1/9	150/75	40/11,1	131	111	ПШ	а) $h = 0,0606\sqrt{T} + 0,0130T$ б) $h = 0,1569\sqrt{T} + 0,0169T$	234	302	370
	150/75	40/11,1	131	111	ПРШ	а) $h = 0,1990\sqrt{T} + 0,0111T$ б) $h = 0,1670\sqrt{T} + 0,0107T$	130	172	218
							145	197	254
							169	230	294

На основі багатоваріантних розрахунків, виконаних за вказаною методикою, було встановлено рекомендовані значення нормативного тоннажу, що наведено в табл. 3, які визначають строк експлуатації металевих елементів стрілочних переводів для різних експлуатаційних умов Київського метрополітену. Нормативи встановлено для головних колій при осьових навантаженнях

до $P_{oc} = 15$ тс та швидкостях руху поїздів по переводах $V_{зол} = 70$ км/год.

Необхідними умовами забезпечення надійної та довготривалої експлуатації стрілочних переводів у колії є:

1) неперевищення допустимих норм зносу елементів стрілочних переводів, вказаних у табл. 3;

2) недопущення появи дефектів елементів стрілочних переводів, при яких

не дозволяється експлуатація стрілочних переводів;

3) неперевищення сумарного пропущеного тоннажу за період служби

стрілочних переводів відповідно до нормативів, що зазначені в табл. 3.

Таблиця 3

Рекомендовані нормативи пропущеного тоннажу для елементів стрілочних переводів типу P50 і P65 марки 1/9

Тип і марка хрестовини	Переважаючий напрям руху	Зношуваний елемент	Рекомендовані нормативи пропущеного тоннажу Т, млн т бруто
P65 1/9	ЗШ	Вусовик хрестовини	115
	ПРШ	Сердечник хрестовини	150
	ЗШ,ПРШ	Рамна рейка	350
P50 1/9	ЗШ	Вусовик хрестовини	90
	ПРШ	Сердечник хрестовини	115
	ЗШ,ПРШ	Рамна рейка	260

Примітка. Нормативні терміни служби стрілочних переводів P65 1/9 і P50 1/9 встановлено відповідно до існуючої методики [5, 6, 8, 17] з визначення залежності вертикального зносу h_H елементів стрілочних переводів від пропущеного тоннажу $h = f(T)$ на основі експлуатаційних досліджень формування зносу елементів стрілочних переводів для умов Київського метрополітену.

При встановленні нормативних строків служби елементів стрілочних переводів не враховувались наявність та вплив дефектів елементів стрілочних переводів.

Умови експлуатації стрілочних переводів на ділянках головних колій метрополітену, де пропущений тоннаж перевищує нормативний, що вказаний в табл. 3, необхідно визначати залежно від стану стрілки та хрестовини й наявності непридатних і дефектних елементів. Для обстеження таких стрілочних переводів з перепропущеним нормативним тоннажем доцільно створювати спеціальну комісію згідно з встановленим на метрополітені порядком, яка визначає можливість, строки й умови подальшої експлуатації.

Висновки. Дослідженнями встановлено, що загальні закономірності напрацювання пропущеного тоннажу до граничних значень вертикального зносу елементів стрілочних переводів в умовах метрополітену мають характер, аналогічний до магістральних залізниць, тому є підстави застосовувати відповідну методику для обґрунтування нормативних строків служби для умов експлуатації Київського метрополітену. Також в обов'язковому порядку необхідно брати до уваги переважний напрям руху (ПШ або ПРШ), що спричиняє суттєвий вплив на формування зносу металевих елементів стрілочних переводів.

Проведені дослідження зносостійкості дали змогу більш обґрунтовано підійти до встановлення нормативних строків служби

стрілочних переводів, що дозволило збільшити норми напрацювання нормативного тоннажу до набуття максимально допустимого вертикального зносу для умов експлуатації в головних коліях.

Порівняння нормативів табл. 1 зі встановленими на підставі виконаних досліджень величинами нормативного тоннажу показує:

1) для стрілочних переводів типу Р65 марки 1/9 при існуючій вантажнапруженості 17 млн т брутто / р. :

- для хрестовин при ПШ русі нормативний тоннаж можна збільшити на 15 %; при ПРШ русі – на 50 %, що в часовому еквіваленті становить відповідно 10 і 35 місяців;

- стрілки незалежно від напрямку руху нормативний тоннаж можна збільшити на 16,7 %, що в часовому еквіваленті становить відповідно 35 місяців;

2) для стрілочних переводів типу Р50 марки 1/9 при існуючій вантажнапруженості до 25 млн т брутто / р.:

- для хрестовин при ПШ русі нормативний тоннаж можна збільшити на 5,9 %; при ПРШ русі – на 35,3 %, що в часовому еквіваленті становить відповідно 2 і 14 місяців;

- стрілки незалежно від напрямку руху нормативний тоннаж можна збільшити на 26,1 %, що в часовому еквіваленті становить відповідно 14 місяців.

Отримані результати вказують на можливість суттєвої економії ресурсів не лише пов'язаних з вартістю матеріалів, але й ресурсів, обумовлених необхідністю проведення ремонтно-колійних робіт. Вказані підвищення норм пропущеного тоннажу не впливають на умови взаємодії колії та рухомого складу.

Список використаних джерел

1. Совершенствование ведения стрелочного хозяйства [Текст] / под ред. С. В. Амелина. – М. : Транспорт, 1983. – 240 с.
2. Руководство по ведению стрелочного хозяйства [Текст] / ОАО «РЖД». Департамент пути и сооружений. ОАО «ВНИИЖТ». – М. : ВНИИЖТ, 2009. – 240 с.
3. Волошко, Ю. Д. Как работают стрелочные переводы под поездами [Текст] / Ю. Д. Волошко, А. Н. Орловский. – М. : Транспорт, 1987. – 120 с.
4. Волошко, Ю. Д. Теоретическое исследование взаимодействия облегченных хрестовин с подвижным составом [Текст] / Ю. Д. Волошко, В. П. Гнатенко // Исследования взаимодействия пути и подвижного состава: сб. статей / под ред. М. А. Фришмана // Труды ДИИТ. – Днепропетровск : ДИИТ, 1977. – Вып. 188/18. – С. 8–13.
5. Даниленко, Э. И. Прогнозирование износа элементов рельсовых нитей с учетом эксплуатационных факторов [Текст] / Э. И. Даниленко // Сб. науч. трудов ПИИЖТ. – СПб. : ПИИЖТ, 1992. – С. 80–85.
6. Стрелочные переводы железных дорог Украины (Технология производства, эксплуатация в пути, расчеты и проектирование) [Текст] / Э. И. Даниленко, С. Д. Тараненко, А. П. Кутах; под ред. д.т.н., профессора Э. И. Даниленко. – К., 2001. – 296 с.
7. Експлуатаційні випробування стрілочних переводів на залізобетонних брусах марки Р65 1/11 та 1/9 українського та російського виробництва [Текст] : звіт про НДР (заключний) / Київський ун-т економ. і технол. трансп. – № 372/02-1027.02-Цтех. – К., 2003. – 150 с.
8. Даніленко, Е. І. Положення про нормативні строки служби стрілочних переводів у різних експлуатаційних умовах [Текст] / Е. І. Даніленко, М. І. Карпов, В. Д. Бойко. – К. : Транспорт України, 2003. – 30 с.

9. Jingmang Xu, Ping Wang, Li Wang, Rong Chen. Effects of profile wear on wheel-rail contact conditions and dynamic interaction of vehicle and turnout [Text] // *Advances in Mechanical Engineering*. 2016, Vol. 8(1) 1–14.
10. M. Wiest, W. Daves, F.D. Fischer, H. Ossberger. Deformation and damage of a crossing nose due to wheel passages [Text] // *Original Research Article. Wear*, Volume 265, Issues 9–10, 30 October 2008, P. 1431-1438.
11. Simulation of wheel climb at worn switch points [Text] / Huimin Wu, Russell Walker, Scott Cummings, Sabri Cakdi // *RT and S: Railway Track and Structures*. – 2016. Vol. 112, No. 1, P. 12–14.
12. Технічні вказівки на експлуатацію рейок та елементів стрілочних переводів Київського метрополітену [Текст]: затв. 29.12.2001 р. наказом начальника КП «Київський метрополітен» № 289-Н.
13. Бойко, В. Д. Дослідження зносостійкості стрілочних переводів для умов експлуатації київського метрополітену [Текст] / В. Д. Бойко, В. М. Молчанов, Т. Д. Артюхович // *Зб. наук. праць Укр. держ. ун-ту залізнич. трансп.* – Харків : УкрДУЗТ, 2017. – Вип. 169. – С. 39–47.
14. Класифікація і каталог дефектів і пошкоджень елементів стрілочних переводів [Текст] / Е. І. Даніленко, А. М. Орловський, А. П. Татуревич [та ін.]. – Дніпропетровськ : Арт-Пресс, 2000. – 81 с.
15. Інструкція з улаштування та утримання колії залізниць України [Текст] / Е. І. Даніленко, А. М. Орловський, М. Б. Курган [та ін.]. – К. : ТОВ «НВП Поліграфсервіс», 2012. – 495 с.
16. Технічні умови на експлуатацію стрілочних переводів на коліях Київського метрополітену [Текст]: нормативно-технічне видання / Е. І. Даніленко, М. І. Карпов, В. В. Косарчук [та ін.]. – К. : КП «Київський метрополітен», 2015. – 19 с.
17. Встановлення умов експлуатації стрілочних переводів на коліях Київського метрополітену [Текст]: звіт про виконання НДР / Державний економіко-технологічний університет транспорту – № 55 П-13 від 01.10.2013 р.

Бойко Володимир Дмитрович, канд. техн. наук, доцент кафедри залізничної колії та колійного господарства Державного університету інфраструктури та технологій. Тел.: (044)-5915147. E-mail: zkks@ukr.net.
Молчанов Віталій Миколайович, канд. техн. наук, доцент кафедри залізничної колії та колійного господарства Державного університету інфраструктури та технологій. Тел.: (044)-5915147. E-mail: zkks@ukr.net.
Сорока Ольга Олексіївна, старший викладач кафедри залізничної колії та колійного господарства Державного університету інфраструктури та технологій. Тел.: (044)-5915147. E-mail: zkks@ukr.net.

Бойко Владимир Дмитриевич, канд. техн. наук, доцент кафедры железнодорожного пути и путевого хозяйства Государственного университета инфраструктуры и технологий. Тел.: (044)-5915147. E-mail: zkks@ukr.net.
Молчанов Виталий Николаевич, канд. техн. наук, доцент кафедры железнодорожного пути и путевого хозяйства Государственного университета инфраструктуры и технологий. Тел.: (044)-5915147.
E-mail: zkks@ukr.net.

Сорока Ольга Алексеевна, старший преподаватель кафедры железнодорожного пути и путевого хозяйства Государственного университета инфраструктуры и технологий. Тел.: (044)-5915147. E-mail: zkks@ukr.net.

Boiko Volodymyr Dmytrovych, PhD in Engineering sciences, docent of the department «Railway and track facilities» State University of infrastructure and technology. Tel.: (044) 591-51-47. E-mail: zkks@ukr.net.
Molchanov Vitalii Mykolaiovych, PhD in Engineering sciences, docent of the department «Railway and track facilities» State University of infrastructure and technology. Tel.: (044) 591-51-47. E-mail: zkks@ukr.net.
Soroka Olha Oleksiivna, engineer, pg. of the department «Railway and track facilities» State University of infrastructure and technology. Tel.: (044) 591-51-47. E-mail: zkks@ukr.net.

Статтю прийнято 29.05.2018 р.