

## ВИЗНАЧЕННЯ СТРОКІВ СЛУЖБИ СТІЛОЧНИХ ПЕРЕВОДІВ

Наводиться методика визначення нормативних строків служби стрілочних переводів для різних параметрів експлуатаційних умов залежно від характеристик силового навантаження колії.

Приводится методика определения нормативных сроков службы стрелочных переводов для различных параметров эксплуатационных условий в зависимости от характеристик силовой загрузки пути.

The technique of definition of normative service life is shown for various parameters of operational conditions depending on characteristics of force loading of a way.

З 90-х років Українських залізницях почато масове укладання стрілочних переводів на залізобетонних брусах. Масове впровадження конструкцій стрілочних переводів із залізобетонною підрейковою основою, є одним із головних напрямків по підсиленню стрілочного господарства залізниць України. Необхідність у зміні стратегії ведення колійного господарства пов'язана в першу чергу з гострим дефіцитом власної деревини та дороговизною експортної, яка в 1,5–2 рази дорожча, ніж залізобетонні бруси власного виробництва.

Робота стрілочних переводів із залізобетонними брусами, в порівнянні з дерев'яними, відрізняється в наслідок змінившоїся маси та жорсткості колії, а відповідно змінившоюся силовою взаємодією системи «колесо-рейка». Одним з факторів, що визначають вертикальну динаміку взаємодії колеса та рейки в зоні стрілочного переводу, є переміщення колеса при русі по нерівностях, які обумовлені особливостями поверхні кочення, яка змінюється при зносі чи виході з ладу несучих елементів стрілочних переводів.

Встановлені в 1979–1991-х роках для мережі залізниць СРСР середньосітьові нормативні строки служби для стрілок і хрестовин на дерев'яних брусах на цей час застаріли і не можуть бути раціонально використані для мережі залізниць України: по-перше тому, що вони лише приблизно характеризували строки служби вказаних елементів і лише відносно тільки середньосітьових умов залізниць СРСР; по-друге тому, що ці нормативи не передбачали врахування конкретних експлуатаційних умов для конкретних залізниць та не були призначені для стрілочних переводів на залізобетонних брусах.

Як відомо розрізняються гарантійні та нормативні строки служби стрілок і хрестовин.

*Гарантійні строки служби стрілок і хрестовин* визначаються якістю виготовлення конструкцій на заводах і встановлюються за пого-

дженням замовника (Укрзалізниця) і виробника (заводу) з метою підвищення відповідальності підприємств постачальників стрілочної продукції. Гарантійні строки служби вимірюються величиною гарантованого мінімального пропущеного по стрілках і хрестовинах тоннажу або гарантованим мінімальним строком експлуатації (у роках) цих елементів у безаварійному режимі та означають, що на протязі гарантійного строку стрілки та хрестовини при утриманні їх в колії у відповідності з вимогами «Інструкції по устрою та утриманню колії залізниць України» (ЦП-0050) повинні працювати без зламів й інших дефектів, що порушують нормальну експлуатацію, а розміри їх зносу – не перевищувати граничних допусків, які встановлені цією ж інструкцією.

*Нормативні строки служби стрілок і хрестовин* визначаються кількістю пропущеного по них тоннажу  $T_n$  до досягнення величини *допустимого нормативного зносу*  $h_n$ . Нормативні величини зносу для стрілок і хрестовин різні та встановлюються, виходячи з допустимих розмірних співвідношень коліс рухомого складу і рейкової колії з урахуванням динаміки їх взаємодії та швидкості руху поїздів. Тому нормативні строки служби повинні бути різними для конструкцій, що працюють у різних умовах експлуатації, тобто при різних осьових навантаженнях, різних швидкостях руху поїздів, різній вантажонапруженості та ін. Вони також повинні бути різними для різних типів і марок стрілочних переводів.

Запропонована авторами методика визначення та розрахунку нормативних строків служби стрілок і хрестовин призначена для стрілочних переводів на дерев'яних і залізобетонних брусах типових конструкцій марок 1/11 і 1/9 (зі збірними хрестовинами з литим сердечником із марганцевистої сталі марки 110Г13Л) та передбачає можливість врахування обліку конкрет-

них існуючих (або тих, що проектується) умов експлуатації.

Сутність запропонованої методики полягає у використанні розрахункової кривої зносу поверхні кочення хрестовин (або гостряків, або

рамних рейок стрілки) для визначення нормативних строків служби конструкції (рис. 1). За розрахункову криву зносу приймається залежність, яка близька до рівняння параболі, що має аналітичний вираз виду

$$h = a\sqrt{T} + \epsilon T. \quad (1)$$

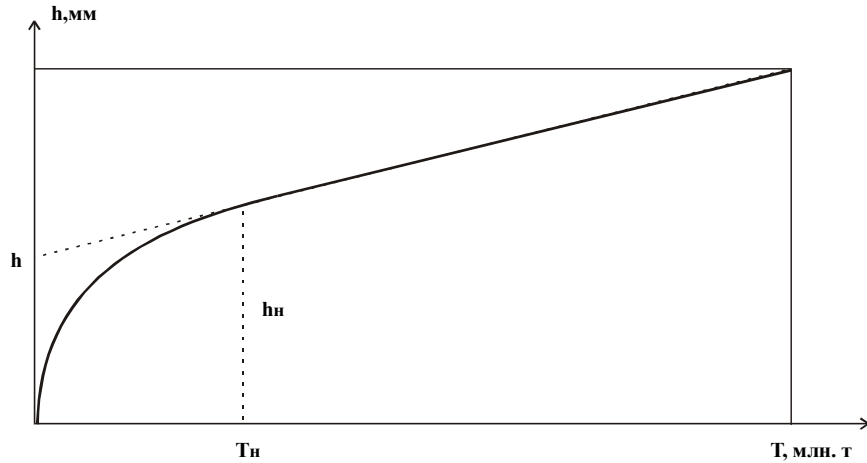


Рис. 1.

Вказана залежність (1), в порівнянні з іншими відомими залежностями найбільш правильно відтворює фізичну сутність явища зносу тому, що знос поверхні кочення відбувається головним чином внаслідок двох процесів, які протікають одночасно: за рахунок змінання металу в результаті впливу високих контактних тисків і за рахунок стирання металу внаслідок фрикційної взаємодії між колесами та поверхнею кочення елементів стрілочних переводів. Переважання того або іншого фізичного процесу визначає інтенсивність накопичення зносу в конкретний період експлуатації.

Структура формули (1) прямо відповідає фізичній сутності явища зносу. В початковий період експлуатації накопичення зносу на поверхні кочення елементів стрілочних переводів відбувається головним чином за рахунок змінання металу і в цей період найбільше навантаження бере на себе 1-й член правої частини рівняння (1) з коефіцієнтом  $a$ , потім після набуття наклепу металу на поверхні кочення, накопичення зносу продовжується головним чином за рахунок стирання металу і в цей період найбільше навантаження бере на себе 2-й член правої частини рівняння (1) з коефіцієнтом  $\epsilon$ . Коефіцієнти  $a$  і  $\epsilon$  у формулі (1) мають відповідні значення для кожної конкретної конструкції. Вони змінюються залежно від типу рейок стрілочного переводу та марки хрестовини, конкретного конструктивного оформлення стрілок і

хрестовин та, що не менш важливо, від умов експлуатації.

Умови експлуатації при описанні кривої зносу враховуються, по перше, підрахунком пропущеного по конструкції тоннажу  $T$  та, по друге, за допомогою використання коефіцієнтів  $a$  та  $\epsilon$  рівняння (1), які розраховуються залежно від комплексної силової характеристики експлуатаційних умов за формулами:

$$\begin{aligned} a_i \pm \sqrt{|\epsilon_i|} &= (K_1)_i U_i + (C_1)_i; \\ \epsilon_i &= A_i \sin(\varpi U_i + \varphi_i) + (K_2)_i, \end{aligned} \quad (2)$$

де  $K_1, K_2, C_1$  – числові коефіцієнти, що визначаються розрахунком і мають конкретні значення для кожної марки хрестовини відповідної конструкції;

$A_i, \varpi, \varphi_i$  – відповідно амплітуда, кругова частота й фаза зміщення відносно початку координат синусоїди, за рівнянням якої змінюється величина коефіцієнту  $\epsilon_i$  рівняння виду (1).

Розрахункова залежність, що виражає неперервний функціональний зв'язок вертикального зносу  $h$  хрестовин (або гостряків, або рамних рейок) з повним комплексом експлуатаційних факторів, враховуючи узагальнену силову характеристику  $U$  та пропущений тоннаж  $T$ , що дозволяє вирішувати задачі по прогнозуванню зносу поверхні кочення в будь-який момент експлуатації, залежно від існуючих чи проекту-

емо умов експлуатації, які проектуються, має наступний вид:

$$h = \left( K_i U_i + C_1 \mp \sqrt{A \cdot \sin(\omega_i U_i + \phi_i) + K_2} \right) \times \sqrt{T} + \left[ A \sin(\omega_i U_i + \phi_i) + K_2 \right] T. \quad (3)$$

Вираз (3) є вірним для визначення величини зносу на хрестовинах будь-якої марки та типу в будь-який момент експлуатації. Він також вірний для розрахунку зносу основних елементів стрілок (рамних рейок і гостряків) з тією лише різницею, що ці елементи мають відмінну від хрестовин криву зносу, але того ж виду (1), та мають інші значення коефіцієнтів  $a$  і  $\epsilon$ . Нормативні строки служби хрестовин і стрілок  $T_n$  визначаються з рішення початкового рівняння зносу (1) з використанням в якості критерію величини нормативного зносу  $h_n$  (рис. 1). Рівняння, що дозволяє розраховувати прогнозні строки служби по зносу має вид:

$$T_n = \frac{a^2 + 2h_n \cdot \epsilon}{2\epsilon^2} + \left[ \left( \frac{a^2 + 2h_n \cdot \epsilon}{2\epsilon^2} \right)^2 - \left( \frac{h_n}{\epsilon} \right)^2 \right]^{\frac{1}{2}}. \quad (4)$$

Після підстановки в рівняння (4) значень коефіцієнтів  $a$  і  $\epsilon$ , що обчислені за формулами виразу (2), можна розрахувати величину допустимого (нормативного) тоннажу  $T_n$  для хрестовин (або рамних рейок, або гостряків), прийнявши конкретне значення нормованого вертикального зносу  $h_n$ . Очікуваний тоннаж до набуття нормованого допустимого зносу в кінцевому підсумку визначає очікуваний строк служби хрестовини або рамних рейок, або гостряків в млн т бруто. За вказаною методикою необхідно визначати нормативні строки служби до 1-ї наплавки. Строки служби після 1-ї до 2-ї наплавки або після 2-ї до 3-ї наплавки необхідно визначати з урахуванням змін інтенсивності зносу після наплавки та з врахуванням реалізованої висоти наплавлення.

Дослідженнями встановлено, що інтенсивність зносу хрестовин після першої наплавки вища, ніж до наплавки в 1,35...1,40 рази. Таким чином для визначення нормативних строків служби по тоннажу, який пропускається від першої до другої наплавки  $T_{n-2}$ , слід до нормативного строку служби до першої наплавки  $T_{n-1}$  додати величину такого ж строку служби, але зменшену в 1,37 рази, тобто:

$$T_{n-2} = T_{n-1} + T_{n-1}/1,37. \quad (5)$$

Нормативний тоннаж для третьої наплавки визначається за формулою:

$$T_{n-3} = T_{n-1} + 2T_{n-1}/1,37. \quad (6)$$

При визначенні комплексної характеристики експлуатаційних умов  $U$  слід рахувати, що інтенсивність деформацій контактної поверхні рейок, гостряків і хрестовин проявляється у вигляді накопичення зносу та контактних дефектів, залежить від величини контактної навантаження, часу його дії  $\Delta t$  і швидкості відносного переміщення поверхонь колеса та рейки, що труться. Величину колісного навантаження в розрахунках зручно ідентифікувати величиною питомого колісного тиску коліс на рейку, тобто у вигляді відношення діючої динамічної сили до діаметра колеса  $P_k^{\text{дин}}/d$ . Швидкість відносного переміщення поверхонь, що труться, прямо залежить від швидкості руху поїзда  $V$ . Динамічне колісне навантаження, що реалізується при дії на елементи конструкції колії, визначається як сума статичного колісного навантаження і динамічної добавки:

$$P_{k \text{ max}}^{\text{дин}} = P_k^{\text{ст}} + \Delta P_k^{\text{дин}}, \quad (7)$$

де  $\Delta P_k^{\text{дин}} = f(m, V)$  – величина динамічної добавки колісного навантаження, що залежить від швидкості руху та взаємодіючих мас і характеру збуджуючих факторів (нерівностей на колії або колесах).

Значення динамічної добавки контактної сили від впливу нерівності на колії  $\Delta P_k$  визначається залежно від параметрів нерівності, зони її розташування на колії, характеристик жорсткості колії та типу рухомого складу.

Величина  $\Delta P_k$  встановлюється експериментально або розрахунками динамічних сил за Правилами розрахунку колії на міцність.

Акумуляція зносу поверхні кочення, а також втомлених ушкоджень на поверхні кочення і в цілому по усій площині перерізу рейкових елементів залежить від кількості колісних дій  $N_i$  на ці рейкові елементи. Величина  $N_i$  прямо пропорційна пропущеному тоннажу  $T$ .

Тоннаж, що пропускається по конструкції, безпосередньо враховується в формулі (3) функціонального взаємозв'язку накопичення зносу  $h$  від пропущеного тоннажу ( $T$ ).

Для врахування всіх перерахованих силових факторів, що характеризують конкретні умови експлуатації кожної конкретної конструкції

колії та визначають працездатність цієї конструкції, приймається *узагальнена характеристика силового навантаження колії* у вигляді:

$$U = U_1 + U_2 = \frac{\bar{P}_{(T)} \bar{V}_{(T)}}{g \bar{d}_{(T)}} + \frac{\Delta P_{\text{к}}^{\text{дин}} \Delta t}{\bar{d}_{(T)}}, \quad (8)$$

де  $\bar{P}_{(T)}$ ,  $\bar{V}_{(T)}$ ,  $\bar{d}_{(T)}$  – відповідно середньозважені (по тоннажу) значення колісних навантажень, що діють на рейку, швидкостей руху й діаметрів коліс рухомого складу, що рухається через розглядувану конструкцію;

$\Delta t$  – час дії динамічної сили  $\Delta P_{\text{к}}^{\text{дин}}$  на розглядуваній ділянці довжини конструкції (рекомендується приймати довжину ділянки, яка дорівнює довжині нерівності на колії), де реалізуються найбільші динамічні сили;

$\Delta P_{\text{к}}^{\text{дин}}$  – вертикальна динамічна інерційна сила, що виникає (додатково до статичного колісного навантаження) від впливу нерівностей на колії (або колесі) та від коливань рухомого складу.

Характеристика  $U$  є енергетичною характеристикою процесу взаємодії, так як враховує кількісну частину маси, що рухається й діє на колію ( $VP/g = mV$  – кількість руху), і враховує час взаємодії  $\Delta t$  і динаміку взаємодії  $\Delta P_{\text{к}}^{\text{дин}}$ .

Для розрахунку узагальненої характеристики силового навантаження колії  $U$  необхідно попередньо визначити значення усіх величин, що входять у формулу (8). Методика їх визначення наступна.

Усе різноманіття (спектр) колісних навантажень, що пропускаються по конструкції, може бути виражене через величину середньозваженого (по тоннажу) колісного навантаження  $\bar{P}_{\text{к}(T)}$ , яке складає половину осьового середньозваженого навантаження

$$\bar{P}_{\text{к}(T)} = \frac{\bar{P}_{0(T)}}{2}. \quad (9)$$

Величина середньозваженого (по тоннажу) осьового навантаження  $\bar{P}_{0(T)}$  визначається за наступною методикою:

Середньозважена величина осьового навантаження в кожному окремому поїзді визначається за формулою:

$$\bar{P}_{0_i} = \frac{Q_i}{N_i}, \quad (10)$$

де  $Q_i$  – маса поїзда;

$N_i$  – кількість осей у кожному  $i$ -му поїзді, визначається за виразом:

$$N_i = n_{\text{в}} n_{\text{о.в}} + n_{\text{о.л}},$$

де  $n_{\text{в}}$  – кількість вагонів у поїзді;  $n_{\text{о.в}}$  – кількість осей у вагоні;  $n_{\text{о.л}}$  – кількість осей в локомотиві.

Середньозважена (по тоннажу) величина осьового навантаження для кожної однорідної групи поїздів (вантажні навантажені, вантажні порожні, пасажирські, збірні, електропоїзди), які пропускаються за рік по даній конструкції, визначається:

а) для вантажних завантажених поїздів за формулою

$$\begin{aligned} \bar{P}_0^{\text{в.нав}} &= \frac{\sum T_{\text{в.нав}}}{\sum N_i^{\text{нав}}} = \frac{\sum Q_i^{\text{в.нав}}}{\sum N_i^{\text{нав}}} = \\ &= \frac{\sum \bar{P}_{0_i}^{\text{в.нав}} N_i^{\text{в.нав}}}{\sum N_i^{\text{в.нав}}}, \quad (11) \end{aligned}$$

де  $\sum T_{\text{в.нав}}$  – сума пропущеного тоннажу за рік по розглядуваній конструкції від вантажних навантажених поїздів. Ця сума дорівнює сумі мас пропущених за рік вантажних поїздів

$$\sum T_{\text{в.нав}} = \sum Q_i^{\text{в.нав}};$$

$\sum N_i^{\text{в.нав}}$  – кількість осей у вантажних навантажених поїздах, які пропускаються по конструкції за рік.

Таким же чином визначаються середньозважені (по тоннажу) величини осьового навантаження для інших однорідних груп поїздів, що пропускаються по розглядуваній конструкції:

б) для вантажних порожніх поїздів

$$\bar{P}_0^{\text{в.пор}} = \frac{\sum T_{\text{в.пор}}}{\sum N_i^{\text{в.пор}}} = \frac{\sum Q_i^{\text{в.пор}}}{\sum N_i^{\text{в.пор}}};$$

в) для пасажирських поїздів

$$\bar{P}_0^{\text{пас}} = \frac{\sum T_{\text{пас}}}{\sum N_i^{\text{пас}}} = \frac{\sum Q_i^{\text{пас}}}{\sum N_i^{\text{пас}}}; \quad (12)$$

г) для електропоїздів

$$\bar{P}_0^{\text{ел}} = \frac{\sum T_{\text{ел}}}{\sum N_i^{\text{ел}}} = \frac{\sum Q_i^{\text{ел}}}{\sum N_i^{\text{ел}}}.$$

Розрахункова величина середньозваженого (по тоннажу) осьового навантаження  $\bar{P}_{0(T)}$  для

всього спектру рухомого складу, який пропускається по конструкції, визначається за формулою:

$$\begin{aligned} \bar{P}_{0(T)} = & \left( \sum P_0^{\text{в.нав}} N_i^{\text{в.нав}} + \right. \\ & + \sum P_0^{\text{в.пор}} N_i^{\text{в.пор}} + \sum P_0^{\text{пас}} N_i^{\text{пас}} + \\ & \left. + \sum P_0^{\text{зб}} N_i^{\text{зб}} + \sum P_0^{\text{ел}} N_i^{\text{ел}} \right) / \\ & / \left( \sum N_i^{\text{в.нав}} + \sum N_i^{\text{в.пор}} + \sum N_i^{\text{пас}} + \right. \\ & \left. + \sum N_i^{\text{зб}} + \sum N_i^{\text{ел}} \right). \end{aligned} \quad (13)$$

Кінцева розрахункова величина середньозваженого (по тоннажу) колісного навантаження, що проходить за рік по розглядуваній конструкції визначається як половина від осьового навантаження, визначеного за формулою

$$\bar{P}_{K(T)} = \frac{\bar{P}_{0(T)}}{2}. \quad (14)$$

Значення середньозваженої (по тоннажу) швидкості руху усього спектра поїздів, що пропускаються за рік по конструкції, визначається за виразом:

$$\begin{aligned} \bar{V}_{0(T)} = & \left( \sum V_0^{\text{в.нав}} Q_i^{\text{в.нав}} + \right. \\ & + \sum V_0^{\text{в.пор}} Q_i^{\text{в.пор}} + \sum V_0^{\text{пас}} Q_i^{\text{пас}} + \\ & \left. + \sum V_0^{\text{зб}} Q_i^{\text{зб}} + \sum V_0^{\text{ел}} Q_i^{\text{ел}} \right) / \\ & / \left( \sum Q_i^{\text{в.нав}} + \sum Q_i^{\text{в.пор}} + \sum Q_i^{\text{пас}} + \right. \\ & \left. + \sum Q_i^{\text{зб}} + \sum Q_i^{\text{ел}} \right). \end{aligned} \quad (15)$$

У формулі (15) прийнято:

$\bar{V}^{\text{в.нав}}$  – середньозважена величина швидкості руху усіх вантажних навантаженим поїздів, що пропущені за рік по конструкції

$$\bar{V}^{\text{в.нав}} = \frac{\sum V_i^{\text{в.нав}} Q_i^{\text{в.нав}}}{\sum Q_i^{\text{в.нав}}}, \quad (16)$$

де  $V_i^{\text{в.нав}}$ ,  $Q_i^{\text{в.нав}}$  – відповідно швидкість руху та маса кожного  $i$ -го поїзду, який пропускається за рік по конструкції.

Значення середньозваженого (по тоннажу) діаметра коліс рухомого складу, що пропускається за рік по конструкції, необхідно визначати лише у випадку обертання рухомого складу з діаметрами коліс, які суттєво відрізняються (наприклад, на коліях промислового транспор-

ту). В цьому випадку  $\bar{d}_{(T)}$  визначається аналогічно середньозваженій швидкості руху  $\bar{V}_{(T)}$ .

На магістральному транспорті діаметри коліс вантажних і пасажирських вагонів або відрізняються не суттєво, або зовсім не відрізняються. Колеса локомотивів відрізняються за діаметром від коліс вагонів, але в загальному спектрі коліс поїздів, локомотивні колеса складають лише незначний відсоток і не можуть суттєво впливати на зміну середньозваженої величини діаметрів коліс, які обертаються.

Тому для магістрального транспорту для практичних розрахунків значення середньозваженого діаметра коліс рухомого складу  $\bar{d}_{(T)}$ , який обертається, слід приймати рівним середньому діаметру коліс вантажного й пасажирського вагонів і електропоїздів

$$\bar{d}_{(T)} = \frac{d^{\text{ван}} + d^{\text{пас}} + d^{\text{ел}}}{3}. \quad (17)$$

За наведеною методикою розраховані нормативні строки служби для стрілок і хрестовин для різних характеристик експлуатаційних умов для стрілочних переводів на дерев'яних і залізобетонних брусах залежно від характеристик силового навантаження колії  $U + U_1$ , кН·с.

Для стрілочних переводів:

– з рейок Р65 марки 1/11 на дерев'яних брусах нормативні строки служби  $T_n$ , млн т бруто, для заданої величини нормативного зносу  $h_n$ , мм, встановлюються за табл. 1 або за графіком на рис. 2;

– марки 1/9 з рейок Р65 і Р50 на дерев'яних брусах нормативні строки служби  $T_n$ , млн т бруто, для заданої величини нормативного зносу  $h_n$ , мм, встановлюються за табл. 2;

– з рейок Р65 марки 1/11 на залізобетонних брусах нормативні строки служби  $T_n$ , млн т бруто, для заданої величини нормативного зносу  $h_n$ , мм, встановлюються за табл. 3 або за графіком на рис. 2;

– з рейок Р65 марки 1/9 на залізобетонних брусах нормативні строки служби  $T_n$ , млн т бруто, для заданої величини нормативного зносу  $h_n$ , мм, встановлюються за табл. 4.

Введення єдиної методики визначення нормативних строків служби стрілочних переводів на залізницях України дозволить більш обґрунтовано планувати ремонти та заміни стрілочних переводів, формувати заказ Укрзалізниці на стрілочну продукцію, впливати на ресурсозбереження.

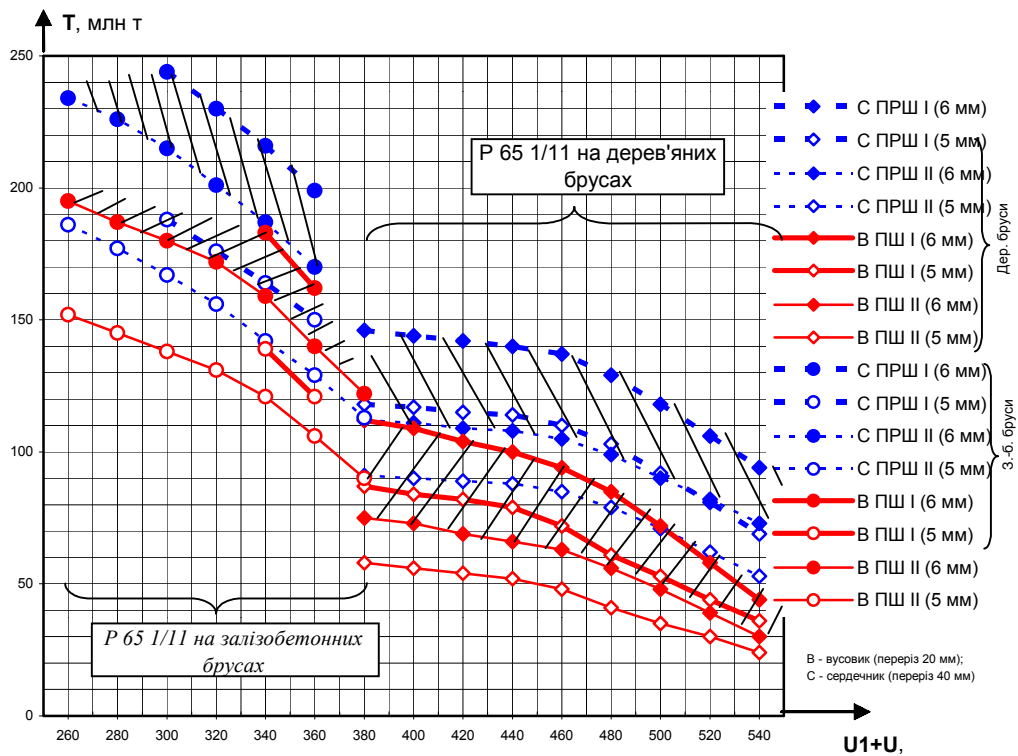


Рис. 2. Залежність нормативного зносу від комплексної силової характеристики

Т а б л и ц я 1

**Нормативні строки служби стрілочних переводів Р65 1/11 на дерев'яних брусах**

Тип стрілочного переводу	Марка хрестовини	Елемент переводу	Вертикальний знос, $h_{\text{в}}$ , мм	Нормативні строки служби основних елементів $T_{\text{н}}$ , млн т бруто				
				Характеристика силового навантаження $U+U_1$ , кН·с				
				I категорія якості / II категорія якості				
				$U+U_1=384$ $U=220$	$U+U_1=449$ $U=265$	$U+U_1=472$ $U=290$	$U+U_1=495$ $U=290$	$U+U_1=530$ $U=320$
Р65	1/11	серд. ПРШ	5	118/90	113/87	108/83	90/70	75/58
			6	145/112	140/107	135/103	120/92	100/77
		серд. ПШ	5	165/128	160/122	140/108	117/90	105/82
			6	230/178	220/170	188/145	168/130	160/122
		вусов. ПШ	5	87/58	78/52	65/43	55/37	40/27
			6	112/75	98/65	90/60	75/50	50/35
		вусов. ПРШ	5	115/77	103/70	80/53	68/45	55/35
			6	147/105	135/90	105/70	88/60	72/48
		рамна рейка	4	$1,05 \cdot T_{\text{н}}$	$T_{\text{н}} = 260$	$0,85 \cdot T_{\text{н}}$	$0,74 \cdot T_{\text{н}}$	$0,67 \cdot T_{\text{н}}$
			5	$1,05 \cdot T'_{\text{н}}$	$T'_{\text{н}} = 320$	$0,85 \cdot T'_{\text{н}}$	$0,74 \cdot T'_{\text{н}}$	$0,67 \cdot T'_{\text{н}}$
			6	$1,05 \cdot T''_{\text{н}}$	$T''_{\text{н}} = 400$	$0,85 \cdot T''_{\text{н}}$	$0,74 \cdot T''_{\text{н}}$	$0,67 \cdot T''_{\text{н}}$

Примітки до табл. 1:

1. В чисельнику наведені значення  $T_n$  для металу хрестовин I категорії якості, в знаменнику – для II категорії якості;

2. Характеристики металу хрестовин (з марганцевистої сталі марки 110 ГІЗЛ) для I категорії якості прийняті:  $\sigma_b = 81 \dots 90$  кг/мм<sup>2</sup>;

$\sigma_{0,2} = 41 \dots 49$  кг/мм<sup>2</sup>;  $\frac{\delta + \psi}{2} = 31 \dots 40$  %; для II

категорії якості:  $\sigma_b = 65 \dots 80$  кг/мм<sup>2</sup>;

$\sigma_{0,2} = 36 \dots 40$  кг/мм<sup>2</sup>;  $\frac{\delta + \psi}{2} \leq 30$  %.

3. Для проміжних значень  $U$  і  $U_1$  значення  $T_n$  знаходяться по інтерполяції між 2-ма суміжними значеннями  $T_n$ , взятими з табл.

4. Для хрестовин типової конструкції (збірних з литим сердечником) типу Р65 марки 1/11 встановлені стійкі співвідношення по інтенсивності зносу хрестовин з металу різної якості:

$$\frac{I_2^{\text{вус}}}{I_1^{\text{вус}}} = 1,5; \quad \frac{I_2^{\text{серд}}}{I_1^{\text{серд}}} = 1,3,$$

де  $I_1^{\text{вус}}$ ,  $I_2^{\text{вус}}$  – інтенсивність зносу вусовиків для хрестовин відповідно I та II категорії;

$I_1^{\text{серд}}$ ,  $I_2^{\text{серд}}$  – те саме для сердечників.

По інтенсивності зносу хрестовин пошерстного (ПШ) і протишерстного (ПРШ) напрямку встановлені наступні стійкі співвідношення:

а) для сердечників хрестовин:  
– відповідно для нормативів зносу 5 мм і 6 мм для хрестовин з металу 1-ої категорії якості  $\frac{I_{\text{пш}}^{\text{серд}}}{I_{\text{прш}}^{\text{серд}}} = 1,3 - 1,4$ ;

– те саме для хрестовин з металу 2-ої категорії  $\frac{I_{\text{пш}}^{\text{серд}}}{I_{\text{прш}}^{\text{серд}}} = 1,4 - 1,6$ ;

б) для вусовиків хрестовин:

– для хрестовин з металу 1-ої категорії якості  $\frac{I_{\text{прш}}^{\text{вус}}}{I_{\text{пш}}^{\text{вус}}} \approx 1,2$ ;

– відповідно для нормативів зносу 5 мм і 6 мм для хрестовин з металу 2-ої категорії якості  $\frac{I_{\text{прш}}^{\text{вус}}}{I_{\text{пш}}^{\text{вус}}} = 1,3 - 1,4$ .

Таблиця 2

Нормативні строки служби стрілочних переводів Р65 1/9 та Р50 1/9 на дерев'яних брусах

Тип стрілочного переводу	Марка хрестовини	Елемент переводу	Вертикальний знос, $h_n$ , мм	Нормативні строки служби основних елементів $T_n$ , млн т бруто							
				Характеристика силового навантаження $U+U_1$ , кН·с							
				I категорія якості / II категорія якості							
				$U+U_1=170$ $U=110$	$U+U_1=220$ $U=145$	$U+U_1=255$ $U=170$	$U+U_1=280$ $U=180$	$U+U_1=310$ $U=205$	$U+U_1=340$ $U=215$	$U+U_1=360$ $U=235$	$U+U_1=380$ $U=245$
Р65	1/9	серд. ПРШ	5		212/163	153/118		115/88		77/60	
			6		260/200	190/147		153/118		100/78	
		вусов. ПШ	5		140/110	102/80		70/55	62/50	47/37	
			6		173/133	127/98		95/75	85/65	63/48	
		рамна рейка	4		$2,1 \cdot T_n$	$1,5 \cdot T_n$		$1,12 \cdot T_n$	$T_n=260$	$0,77 \cdot T_n$	
			5		$2,1 \cdot T'_n$	$1,5 \cdot T'_n$		$1,12 \cdot T'_n$	$T'_n=320$	$0,77 \cdot T'_n$	
6		$2,1 \cdot T''_n$	$1,5 \cdot T''_n$		$1,12 \cdot T''_n$	$T''_n=400$	$0,77 \cdot T''_n$				
Р50	1/9	серд. ПРШ	5	158/122			70/53				25/18
			6	203/155			88/68				35/28
		вусов. ПШ	5	120/80			52/35				
			6	135/105			67/45				
		рамна рейка	4	$1,9 \cdot T_n$		$T_n=225$	$0,8 \cdot T_n$				$0,3 \cdot T_n$
			5	$1,9 \cdot T'_n$		$T'_n=270$	$0,8 \cdot T'_n$				$0,3 \cdot T'_n$
6	$1,9 \cdot T''_n$		$T''_n=335$	$0,8 \cdot T''_n$				$0,3 \cdot T''_n$			

Примітки до табл. 2:

1. Для проміжних значень  $U + U_1$  значення  $T_n$  знаходяться по інтерполяції між 2-ма суміжними значеннями  $T_n$ , взятими з таблиці.

2. Нормативні строки служби для стрілок і хрестовин Р50 1/9 встановлені як тимчасові та

можуть уточнюватись після додаткових досліджень.

3. Нормативні строки служби рамних рейок стрілочних переводів Р50 1/9 і Р65 1/9 наведені як тимчасові та можуть уточнюватись після додаткових досліджень.

Т а б л и ц я 3

**Нормативні строки служби стрілочних переводів Р65 1/11 на залізобетонних брусах**

Тип переводу	Марка хрестовини	Елемент переводу	Вертикальний знос $h_n$ , мм	Нормативні строки служби основних елементів $T_n$ , млн т бруто								
				Характеристика силового навантаження $U+U_1$ , кН·с								
				I категорія якості / II категорія якості								
				$U+U_1=260$ $U=150$	$U+U_1=280$ $U=165$	$U+U_1=300$ $U=175$	$U+U_1=315$ $U=185$	$U+U_1=335$ $U=200$	$U+U_1=345$ $U=205$	$U+U_1=360$ $U=210$	$U+U_1=375$ $U=220$	
Р65	1/11	серд. ПРШ	5	/185	/177	188/167	/160	/145	160/140	/130	/118	
			6	/235	/225	245/215	/205	/190	212/182	/170	/155	
		серд. ПШ	5									
			6									
		вусов. ПШ	5	/152	/145	/138	/135	142/123	/115	120/105	/95	
			6	/195	/187	/180	/175	185/162	/153	162/140	/132	
		вусов. ПРШ	5									
			6									
		рам-на рейка	4				$1,2 \cdot T_n$					$T_n = 300$
			5				$1,2 \cdot T'_n$					$T'_n = 380$
			6				$1,2 \cdot T''_n$					$T''_n = 480$

Примітки до табл. 3:

1. Для проміжних значень  $U + U_1$  значення  $T_n$  знаходяться по інтерполяції між 2-ма суміжними значеннями  $T_n$ , взятими з таблиці.

2. Нормативні строки служби рамних рейок наведені як тимчасові та можуть уточнюватись після додаткових досліджень.

Т а б л и ц я 4

**Нормативні строки служби стрілочних переводів Р65 1/9 на залізобетонних брусах**

Тип переводу	Марка хрестовини	Елемент переводу	Вертикальний знос $h_n$ , мм	Нормативні строки служби основних елементів $T_n$ , млн. т бруто			
				Характеристика силового навантаження $U+U_1$ , кН·с			
				I категорія якості / II категорія якості			
				$U+U_1=220$ $U=130$	$U+U_1=265$ $U=155$	$U+U_1=300$ $U=170$	$U+U_1=320$ $U=185$
Р65	1/9	серд. ПРШ	5	/175	/145	/132	
			6	/215	/183	/163	
		серд. ПШ	5				
			6				



Тип переводу	Марка хрестовини	Елемент переводу	Вертикальний знос $h_{\text{в}}$ , мм	Нормативні строки служби основних елементів $T_{\text{н}}$ , млн. т брутто			
				Характеристика силового навантаження $U+U_1$ , кН·с			
				I категорія якості / II категорія якості			
				$U+U_1=220$ $U=130$	$U+U_1=265$ $U=155$	$U+U_1=300$ $U=170$	$U+U_1=320$ $U=185$
Р65	1/9	вусов. ПШ	5	/132		/102	/88
			6	/160		/125	/107
		вусов. ПРШ	5				
			6				
	рамна рейка	4	$1,2 \cdot T_{\text{н}}$		$T_{\text{н}} = 300$		
		5	$1,2 \cdot T'_{\text{н}}$		$T'_{\text{н}} = 380$		
		6	$1,2 \cdot T''_{\text{н}}$		$T''_{\text{н}} = 480$		

Примітки до табл. 4:

1. Для проміжних значень  $U + U_1$  значення  $T_{\text{н}}$  знаходяться по інтерполяції між 2-ма суміжними значеннями  $T_{\text{н}}$ , взятими з табл.

2. Нормативні строки служби рамних рейок наведені як тимчасові та можуть уточнюватись після додаткових досліджень.

#### БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Э. И. Даниленко. Теоретические основы и практические методы расчета прочности и износостойкости пересечений и соединений рельсовых пу-

тей промышленного транспорта. Дис. на соискание ученой степени д-ра техн. наук. – Д., 1992. – 546 с.

2. Единая методика оценки силовой нагруженности пути и путевых конструкций при их проектировании и эксплуатации. Материалы совещания экспертов V комиссии ОСЖД.

3. Совершенствование ведения стрелочного хозяйства / С. В. Амелин, В. И. Абросимов, Н. Н. Елсаков, Е. К. Смыков, Л. Н. Фролов, В. Ф. Яковлев / Под ред. С. В. Амелина. – М.: Транспорт, 1983. – 240 с.