

Едуард Даніленко  
Роман Йосифович  
Олена Олійник  
Ольга Сорока

**ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ДИНАМІЧНИХ КОЛІСНИХ  
НАВАНТАЖЕНЬ, ВАНТАЖОНАПРУЖЕНОСТІ І ШВИДКОСТЕЙ РУХУ  
ПОЇЗДІВ НА МІЦНІСТЬ, СТІЙКІСТЬ І СТРОКИ СЛУЖБИ РЕЙОК,  
СКРІПЛЕНЬ ТА ІНШИХ ЕЛЕМЕНТІВ ВБК**

*На основі експериментальних досліджень і розрахунків на міцність доведено, що напруження в елементах верхньої будови колії (ВБК) не перевищують допустимих значень при всіх, які реалізуються на українських залізницях, швидкостях руху поїздів, тобто умови міцності від дії рухомого складу забезпечені. Також забезпечені умови стійкості рейкової колії при сучасних конструкціях скріплень. Наведено методики розрахунку строків служби рейок по зносу і дефектності при різних експлуатаційних умовах. Дано рекомендації щодо максимальних допустимих навантажень для сучасних експлуатаційних умов українських залізниць.*

*На основе экспериментальных исследований и расчетов на прочность показано, что напряжения в элементах верхнего строения пути (ВБК) не превышают допустимых значений при всех реализуемых на украинских железных скоростях движения поездов, то есть условия прочности от воздействия подвижного состава обеспечены. Также обеспечены условия устойчивости рельсового пути при современных конструкциях скреплений. Приведены методики расчета сроков службы рельсов по износу и дефектности при различных эксплуатационных условиях. Даны рекомендации относительно максимальных допустимых нагрузок для современных условий эксплуатации украинских железных дорог.*

*Based on experimental studies and calculations of the strength shown that stress in the elements of the upper track structure (UTS) do not exceed the allowable values all them that sold on the Ukrainian railways train speeds, in terms of the strength of rolling stock provided. Also provided stability conditions for modern rail track construction fasteners. The method of calculating the service life of rails for wear and defects under different operating conditions. The recommendations regarding the maximum allowable loads for modern Ukrainian railways operating conditions.*

**Ключові слова:** динамічні колісні навантаження, міцність, стійкість, вихід рейок, дефектність, знос, строки служби, осьові навантаження.

© Даніленко Е. І., Йосифович Р. М., Олійник О. А., Сорока О. О.

---

Результати експериментальних досліджень та розрахунків на міцність елементів верхньої будови колії, виконані для ВБК з рейками Р65, Р50, при дії на колію практично усіх типів рухомого складу (локомотиви, вантажні вагони) свідчать про те, що діючі напруження в рейках, шпалах, баласті і на основній площадці земляного полотна не перевищують допустимих значень напружень при всіх швидкостях, що реалізуються, аж до максимально допустимих, встановлених ПТЕ: для рейок Р65: для пасажирських поїздів 140 км/год, для вантажних – 100 км/год., для рефрижераторних – 120 км/год; для рейок Р50: для пасажирських поїздів 120 км/год., для рефрижераторних – 90 км/год.

За допомогою теоретичних та експериментальних досліджень доведено, що:

при впровадженні нової менш щільної рейко-шпальної решітки на залізобетонних шпалах 1680 шп/км замість 1840 шп/км повністю забезпечена міцність і достатня пружність конструкції ВБК;

при впливі колісних навантажень у спектрі осьових навантажень до  $2P=230$  кН (вагони) і до  $2P=235$  кН (локомотиви),

при встановлених швидкостях руху вантажних поїздів до  $V=90$  км/год, пасажирських до  $V=140$  км/год – напруження в рейках, шпалах, баласті і на основній площадці земляного полотна не перевищують допустимих значень і залишається запас міцності 40–50%. (При цьому розглянуті конструкції колії в прямих і в кривих радіусами  $R=1000$  м, 800 м, 600 м і 400 м; зі скріпленнями: КБ, КПП-1, КПП-5 і рейками типів Р65 і UIC60).

Величини згинальних моментів у рейках при зміні епюри шпал з 1840 шп/км на 1680 шп/км збільшуються несуттєво: для вагонів це зростання коливається в межах 2,5%, для локомотивів – в межах 3,5-4%. Заміна рейок з типу Р65 на тип UIC60 (при незмінній епюрі шпал) викликає збільшення напружень вигину приблизно на 11,5% у підшві і на 6% у головці.

Напруження в шпалах при зміні епюри збільшуються приблизно на 9,5-10,0% незалежно від типу рейок і скріплень. При зміні рейок з Р65 на UIC60 (при однакових скріпленнях і однаковій епюрі шпал) напруження в шпалах збільшуються на 3,0%.

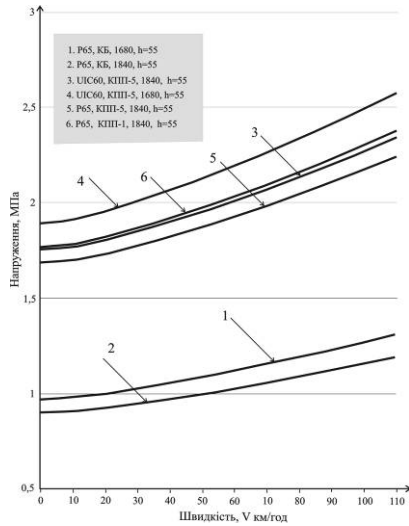
Зміна напружень в баласті і на основній площадці земляного полотна при зміні епюри 1840 на 1680 шп/км відбувається в бік зростання приблизно так само, як і в шпалах на 10%.

Динамічні прогини рейок і залізобетонних шпал змінюються несуттєво при зміні епюри з 1840 шп/км на 1680 шп/км. А саме: вони збільшуються на 8,5-9,0% для рейок і на 10,2% для шпал.

При заміні рейок Р65 на UIC60 і незмінній епюрі шпал прогини залізобетонних шпал збільшуються лише на 3,8-4,1%. (Динамічні прогини дерев'яних шпал є суттєво більшими в порівнянні з залізобетонними в 1,5÷1,6 рази).

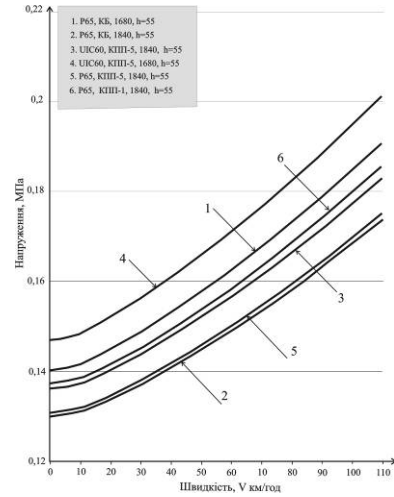
На рис. 1, а, б, в зображено вплив швидкості руху і конструкції колії на напруження в елементах ВБК: а) в шпалах; б) в баласті; в) в рейках.

а)  $[\sigma_w] = 4,0 \text{ Мпа}$



Напруження в шпалах, що виникають під дією локомотива ВЛ-82м для умов літа

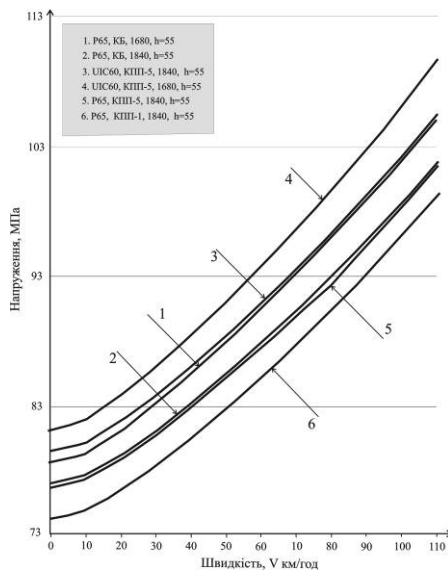
б)  $[\sigma_b] = 0,4 \text{ Мпа (лок.)}; [\sigma_b] = 0,3 \text{ Мпа (ваг.)}$



Напруження в баласті, що виникають під дією локомотива ВЛ-82м для умов літа

в) термозміцнені  $[\sigma_p] = 320 \text{ Мпа (лок.)}$   $[\sigma_p] = 280 \text{ Мпа (ваг.)}$

нетермозміцнені  $[\sigma_p] = 235 \text{ Мпа (лок.)}$   $[\sigma_p] = 205 \text{ Мпа (ваг.)}$



Кромочні напруження в підшві рейки, що виникають під дією локомотива ВЛ-82м для умов літа

*Таким чином доведено, що умови міцності від впливу рухомого складу, що обертається на залізницях України, забезпечені.*

Рис. 1. Результати розрахунків на міцність залежно від швидкості руху поїздів для різних конструкцій ВБК

---

Результати порівняльних розрахунків поздовжньої стійкості проти уgonу рейкових ниток для типової епюри шпал 1840 шп/км і дослідної епюри 1680 шп/км свідчать, що:

– величина погонного опору рейкових ниток при зміні епюри шпал з 1840 шп/км до 1680 шп/км зменшується при усіх видах скріплень приблизно на 9 – 10%;

– сумарні діючі поздовжні сили уgonу рейкових ниток (температурні від вигину і гальмування) при службовому та екстремому гальмуваннях вантажних і пасажирських поїздів масою 2500÷4000 т не перевищують сил погонного опору, що забезпечуються скріпленнями при всіх конструкціях скріплень, які розглянуті в розрахунках (в тому числі при скріпленнях пружного типу марок КПП-1 і КПП-5). При обох епюрах укладання шпал, які розглядаються, 1840 шп/км і 1680 шп/км. Тобто стійкість проти уginу рейкових ниток при зниженні щільності епюри шпал до 1680 шп/км у всіх випадках забезпечена;

– сумарні діючі поздовжні сили уgonу також не перевищують сил погонного опору.

В екстремальних умовах: у випадку сумісної дії колісного навантаження, максимальних температурних сил і рекуперативного гальмування від вантажних поїздів масою 4000 т, лише 4 види скріплень повністю на 100% забезпечують достатні сили погонного опору проти уgonу рейкових ниток при обох епюрах укладання шпал 1840 шт/км і 1680 шт/км, а саме: Пендрол, Фоссло, КПП-7 і КБ тах (при максимальному зтягуванні).

При скріпленнях типу КПП-5 поздовжня стійкість проти уgonу в цьому випадку забезпечується на 98% при епюрі 1840 шп/км і на 93% при епюрі 1680 шп/км, тобто можна вважати, що при скріпленнях типу КПП-5 стійкість, навіть у вказаних екстремальних умовах, практично забезпечується.

При інших типах скріплень поздовжня стійкість проти уgonу в цьому випадку незабезпечена: для скріплень КБ min (в ослабленому стані) на 11% при епюрі 1840 шп/км і на 15% при епюрі 1680 шп/км; для скріплень КПП-1 (СБ-3) – відповідно на 8,5% і на 13%.

Результати порівняльних розрахунків поперечної стійкості рейкової колії і рейко-шпальної решітки для типової епюри шпал 1840 шп/км і дослідної епюри шпал 1680 шп/км дозволяють зробити такі висновки:

– при взаємодії колії з рухомим складом вантажних поїздів забезпечуються усі вимоги по умові стійкості проти викиду безстикової колії при рейках типу Р65 і UIC60 при максимально можливій для українських залізниць амплітуді змін температури від  $T_{\max}=+62^{\circ}\text{C}$  до  $T_{\min}=-40^{\circ}\text{C}$  як для прямих ділянок колії, так і для кривих з мінімальним радіусом до  $R_{\min}=400$  м.

– при взаємодії колії з локомотивами, які мають найбільше серед інших колісне навантаження (ДЕ-1 і ДЕ-2;  $P_k=130\text{кН}$ ) при рейках типу Р65 вимоги по умові стійкості також забезпечуються. При незагартованих рейках типу UIC60 можуть мати місце обмеження по поперечній стійкості колії при максимальних швидкостях руху  $V_{\max}=100$  км/год для кривих малого радіуса  $R=400$  м і при недостатньому рівні ущільнення баласту (наприклад, безпосередньо після ремонту). Але у зв'язку з тим, що швидкості руху по кривих радіусу  $R=400$  м обмежені умовами безпеки руху до  $V_{\max}=80$  км/год, можна робити висновок, що при взаємодії колії з локомотивами, що мають колісне навантаження до  $P_k=130\text{кН}$ , забезпечуються усі вимоги по умовам поперечної стійкості рейкової колії, укладеної при обох епюрах шпал 1840 шп/км і 1680 шп/км;

---

– поперечна стійкість рейкової колії під час руху поїздів в прямих ділянках більше забезпечена. При переході з епюри шпал 1840 шп/км на 1680 шп/км граничний опір переміщенню шпал в баласті зменшується приблизно на 1,2%, що несуттєво впливає на забезпечення поперечної стійкості рейко-шпальної решітки.

**Таблиця 1. Сили уgonу для вантажного поїзда вагою 4000 т, який складається з 4-вісних вагонів з навантаженням на вісь 235 кН/вісь і локомотива ВЛ-82м при гальмуванні від швидкості 90 км/год. до 0 км/год.; (рейки Р65, залізобетонні шпали, епюра шпал 1840 шт/км, щебеневий баласт)**

	КПП-5	Фоссло SKL-14	Пендрол	КПП-1 СБ-3	КБ max <sup>*)</sup>	КБ min <sup>*)</sup>
1	2	3	4	5	6	7
Поздовжня горизонтальна жорсткість основи СШ-6, Н/мм	89037,8	87968	82726,3	84500	94198,8	91913,4
Поздовжня жорсткість вузла скріплення Суз, Н/мм	9700	11500	13000	8320	11300	8000
Модуль поздовжньої пружності Ux, МПа	14,7	16,8	18,3	12,9	16,9	12,6
При екстреному гальмуванні Розрахункова сила $p_{угона}$ (при сумісній з температурною і пружною поздовжніми силами) $p_{угона} = p_{упр} + p_t + p_{тор}^{екстр}$ , кН/м	13,7	15,4	17,3	12,2	15,3	11,8
При службовому гальмуванні Розрахункова сила $p_{угона}$ (при сумісній з температурною і пружною поздовжніми силами) $p_{угона} = p_{упр} + p_t + p_{тор}^{служ}$ , кН/м	12,1	13,8	15,7	10,6	13,7	10,2
При рекуперативному гальмуванні	16,9	18,6	20,5	15,4	18,5	15,0
Гарантований погонний опір по підшві без урахування опору в накладках [r], кН/м	17,9	21,2	23,9	15,3	20,8	14,7
Запас поздовжньої стійкості (%) при службовому гальмуванні (чисельник), при екстреному гальмуванні (знаменник)	$\frac{48}{30,6}$ 6	$\frac{53,6}{37,6}$ 14	$\frac{52}{38}$ 16,5	$\frac{44}{25,4}$ -1	$\frac{52}{36}$ 12,4	$\frac{44,1}{24,5}$ -2

<sup>\*)</sup> КБ min – відповідає стану скріплень в середньому стані експлуатації  
КБ max – відповідає стану скріплень при максимальному затягуванні клемних болтів

На строки служби рейок і стрілочних переводів дуже великий вплив чинять експлуатаційні умови і, перш за все, динамічні колісні навантаження  $P_{дин}^{кол}$ , що реалізуються, пропущений тоннаж і план колії. У нормальних умовах, тобто при належній якості рейок (яка відповідає вимогам встановлених колісних навантажень), а також при правильній технічній експлуатації колії і нормальному (безаварійному) впливі технічно справного рухомого складу, рейки повинні виходити з ладу по зносу поверхні кочення їх головки при досяганні регламентованих норм зносу.

Однак, внаслідок різних причин, пов'язаних з недоліками виготовлення рейок, утримання колії або ненормальним впливом рухомого складу в сучасних умовах експлуатації, рейки виходять з ладу передчасно, до досягнення регламентованого зносу – по дефектності.

На вітчизняних залізницях лише в кривих малих радіусів ( $R \leq 650$  м) строк служби, як правило, визначається зносом, а в інших випадках – дефектністю.

Визначаючими експлуатаційними факторами, що впливають на довговічність є: осьові навантаження рухомого складу, що обертається ( $P_{oc}$ ) на даній ділянці, швидкості руху поїздів ( $V$ ), вантажонапруженість на ділянці ( $\Gamma$ ), особливості плану і профілю колії (крива або пряма; площадка; спуск або підйом). Визначаючими факторами, що залежать саме від рейок, є їх тип (визначається погонною масою) і якість рейок (визначається вихідними механічними властивостями металу і наявністю або відсутністю термічної обробки).

Інтенсивність зносу головки рейок значною мірою залежить від величини колісних навантажень, пропущеного тоннажу і плану колії, а також суттєвою мірою залежить від особливостей конструкції колії, профілю колії, якості металу рейок тощо.

Виконані розрахунки щодо прогнозування строків служби рейок свідчать, що середній нормативний строк служби рейок по зносу може відрізнитися для кривих ділянок малих радіусів  $R=350-300$  м від прямих в 6-6,5 разів, тобто в кривих він значно більший, разом з тим в прямих ділянках строки служби рейок по зносу можуть до 2-х разів перевищувати строки служби по дефектності.

Таблиця 2. Середньосітьові значення питомого зносу головки рейки  $\beta_{cp}$

Радіус кривої R, м	$\beta_{cp}$ мм <sup>2</sup> /млн. т. брутто				
	P65	P50	P43	P65	P50
	нетермозміцнені			термозміцнені	
300	3,87	4,42	5,89	2,13	2,43
400	2,86	3,26	4,35	1,57	1,79
500	2,08	2,38	3,17	1,14	1,31
600	1,62	1,85	2,47	0,89	1,02
700	1,17	1,34	1,79	0,64	0,74
800	0,93	1,01	1,42	0,51	0,56
900	0,85	0,97	1,29	0,47	0,53
1000	0,80	0,91	1,22	0,44	0,50
1100	0,75	0,86	1,14	0,41	0,47
1200	0,73	0,83	1,11	0,40	0,46
більше 1200 і прямі	0,71	0,81	1,09	0,39	0,45

**Примітки:** 1) Для термооброблених рейок слід ввести корективи у вигляді коефіцієнта  $K_0$ , що входить у формулу (5.16).  $K_0=0,55$  для рейок 1 класу загартування,  $K_0=0,66$  для рейок 2 групи 2 класу загартування.

2) Для середньосітьових умов прийнято  $P_{oc}^{sp} \leq 160$  кН (для рейок P65) і  $P_{oc}^{sp} \leq 135$  кН (для рейок P50).

При відомому значенні  $\beta_{cp}$  і допустимій площі зносу  $[\omega]$  тоннаж, який може бути пропущений за термін служби рейок, визначається за формулою 1:

$$T_{доп.зн.} = \frac{[\omega]}{\beta_{cp}}. \quad (1)$$

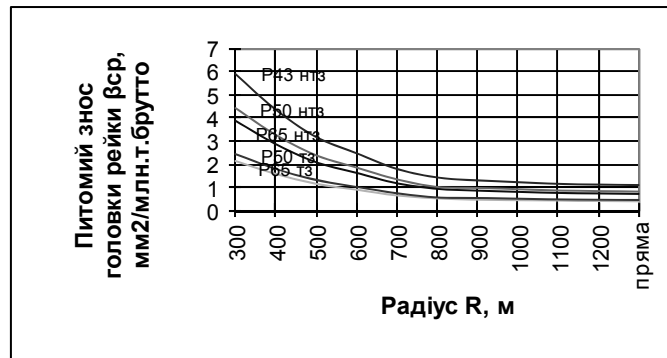


Рис. 2. Залежність питомого зносу головки рейки від радіуса кривизни колії

Формула для визначення питомого зносу головки рейки від дії коліс рухомого складу має вигляд

$$\beta_k = 1,3 \cdot \lambda \cdot C_{\text{об}} \cdot K \cdot n_{\psi} \cdot \frac{P_k}{r_k} \cdot \frac{\Sigma(1+9S^2)}{n} \quad (2)$$

де  $\lambda$  – середнє значення параметра, який враховує вплив кривих ділянок колії радіусом  $R$ ;

$P_k$  – колісне статичне навантаження, т;

$r_k$  – радіус колеса, см;

$C_{\text{об}}$  – параметр, який враховує вплив конструкції верхньої будови колії;

$U$  – модуль пружності підрейкової основи, МПа;

$k$  – коефіцієнт відносності жорсткості підрейкової основи та рейки,  $\text{см}^{-1}$ ;

$K$  – коефіцієнт якості сталі, який залежить від технології виготовлення рейок (параметр  $K_0$ ) та від кількості вуглецю в сталі (параметр  $K_1$ ). Для термічно необроблених рейок  $K_0=1$ , для загартованих  $K_0=0,55 \div 0,66$  (перше значення стосується 1-го класу термообробки, друге – 2-го класу);

$n_{\psi}$  – коефіцієнт, який враховує умови зчеплення коліс з рейками. У звичайних умовах  $n_{\psi}=1$ . Під час несприятливих умов (ожеледь) Правила тягових розрахунків допускають зниження коефіцієнта зчеплення до 85%, тобто  $n_{\psi}=0,85$ . В зимовий час при від'ємних температурах (нижче  $-10$  °С) коефіцієнт зчеплення різко знижується у порівнянні з літніми умовами і його можна приймати  $n_{\psi}=0,67$ ;

$S$  – відносне ковзання колеса по рейці;

$n$  – кількість осей одиниці рухомого складу, що розглядається.

Дослідження характеру накопичення зносу головок рейок різних типів довели, що інтенсивність зносу суттєво збільшується у міру наростання пропущеного тоннажу тільки в кривих ділянках до радіусів кривих приблизно  $R=800-850$  м. У кривих радіусів  $R \geq 800$  м інтенсивність наростання зносу при збільшенні пропущеного тоннажу менше приблизно в 2 рази.

На основі наших досліджень вперше для українських залізниць, розраховані і запропоновані прогностичні нормативи питомого зносу головки рейки і прогностичні строки служби рейок залежно від типу і якості рейок і радіусів кривизни колії (для середньосітових експлуатаційних умов експлуатації при підвищених колісних навантаженнях).

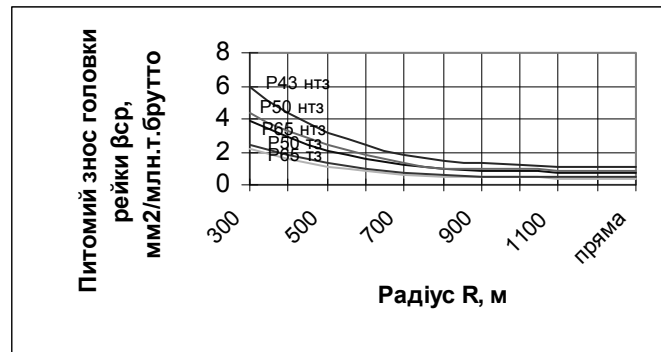


Рис. 3. Залежність питомого зносу головки рейки від радіуса кривизни колії

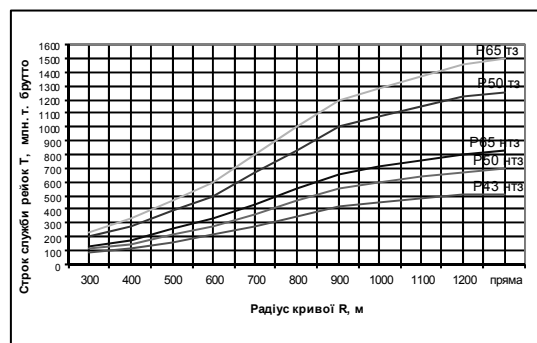


Рис. 4. Строк служби рейок за зносом залежно від радіуса кривої

Таблиця 3. Прогнозні середні нормативні строки служби рейок за зносом  $T_{\text{норм. зн.}}$  (млн. т. брутто)

Радіус кривої R, м	Строк служби рейок $T_{\text{норм. зн.}}$ , млн. т. брутто				
	P65	P50	P43	P65	P50
	нетермозміцнені			термозміцнені	
прямі і криві при $R > 1200$ м	823,94	691,36	513,76	1498,08	1257,01
1200	801,37	674,70	504,50	1457,04	1226,73
900	658,82	551,55	420,16	1197,86	1002,81
600	330,25	275,68	212,15	600,45	501,23
400	180,07	150,31	116,48	327,40	273,28
300	130,49	108,60	84,55	237,26	197,45

Дефектостійкість сучасних вітчизняних рейок значно гірша у порівнянні із зносостійкістю, тому, в основному і, як правило, їх доводиться вилучати із експлуатації по дефектності раніше досягнення нормативного зносу.

Згідно з раніше виконаними дослідженнями лише в кривих малих радіусів  $R \leq 650$  м строк служби рейок, як правило, визначається зносом, в інших випадках – дефектністю.

Виконані розрахунки строків служби рейок різних типів і різної якості, свідчать, що встановлені нормативні строки служби рейок по дефектності не відповідають нормативам по зносостійкості, починаючи: для рейок типу P65 з радіусу  $R \leq 800$  м, а



для рейок типу Р50 – з радіусу  $R \leq 650$  м. Тобто при зазначених значеннях радіусів кривих слід встановлювати нормативні строки служби рейок по зносу.

Строк служби рейок  $T_{\text{деф}}$  за сумарною дефектністю на 1 км за весь період експлуатації (млн т бруто пропущеного тоннажу) можна визначити за формулою [1]:

$$T_{\Sigma\text{деф}} = \sqrt{\frac{[\gamma_{\text{ос}}] \cdot q^4 \cdot \prod_{i=1}^{i=1} \lambda_i^2}{A \cdot \bar{P}_D^{3/2} \cdot T_0^{1/5}}} \quad (3)$$

де  $[\gamma_{\text{ос}}]$  – встановлений норматив (шт/км) допустимого сумарного одиночного виходу рейок за дефектністю на 1 км за весь період експлуатації (після проходження тоннажу –  $T_{\Sigma\text{деф}}$ ).  $[\gamma_{\text{ос}}]$  – установлюється «Положенням про систему ведення колійного господарства» залежно від типу та якості рейок, умов експлуатації і категорії колії [4].

Сумарний вихід рейок за дефектністю на 1 км за час пропущеного тоннажу  $T_i$  (на будь-який розрахунковий рік) визначається за формулою, отриманою на основі тривалих досліджень за роботою рейок у різних експлуатаційних умовах [1]:

$$\gamma_{\text{ос}} = A \frac{\bar{P}_D^{3/2} T_0^{1/5} T_i^2}{q^4 \prod_{i=1}^{i=1} \lambda_i^2} \quad (4)$$

У формулах (3–4) береться:  $A \approx 0,85$ ;  $q$  – погонна маса рейки, кг/пог. м;

$T_0$  – річна вантажонапруженість в рік перед ремонтом, млн т км/км за рік;

$T_{0-i}$  – річна вантажонапруженість на будь-який розрахунковий рік, млн т км/км за рік;

$P_D$  – середньозважене по тоннажу динамічне навантаження на вісь, т/вісь.

На рис. 5 і 6 за даними експериментальних досліджень російських залізниць подані в графічному вигляді залежності сумарного одиночного виходу рейок по дефектності  $\gamma$ , шт/км від пропущеного по них тоннажу (млн т), для рейок типів Р50, Р65, Р75 (термічно не зміцнених і об'ємно загартованих), укладених в безстикової колії на залізобетонних шпалах і в ланкової колії на дерев'яних шпалах.

На рис. 7 і 8 в графічному вигляді наведені результати розрахункових досліджень українських залізниць по одиночному виходу рейок по дефектності  $\gamma$ , шт/км, залежно від пропущеного тоннажу для сучасних термозміцнених рейок типів Р65 і UIC60, укладених в безстикову колію на залізобетонних шпалах, з сучасними конструкціями скріплень типів КБ і КПП-5 і сучасними епіорами укладання шпал 1680 шп/км і 1840 шп/км. Сумарний вихід рейок  $\gamma$  на 1 км за час пропущеного тоннажу  $T_i$  розраховано за формулою (3). Розрахунки виконані для середніх умов експлуатації: вантажонапруженість на 1-й рік – 35,0 млн т/км на км за рік; приріст вантажонапруженості за рік  $\alpha = 0,02$ ; середнє динамічне навантаження на вісь рухомого складу  $P_D = 150-160$  кН.

Аналіз порівняння результатів на графіках 6, 7 і 8 свідчить про досить близьку схожість експериментальних даних (криві № 8, 9 на рис. 6) і теоретичних розрахунків (рис. 7), що свідчить про допустимість практичного використання розрахункових формул (3 і 4) при визначенні одиночного виходу рейок по дефектності.

Дослідження впливу колісних навантажень на строки служби рейок по дефектності дозволяє зробити висновок, що середнє статичне осьове навантаження, рівне приблизно 135 кН, є свого роду умовною межею при роботі на витривалість сучасних нетермозміцнених рейок Р50, перевищення якої свідчить про необхідність застосування більш потужних і сучасних конструкцій верхньої будови колії (в першу

чергу рейок) для забезпечення встановлених розмірів пропускної і провізної спроможності залізничного напрямку.

#### Дослідження в експлуатаційних умовах

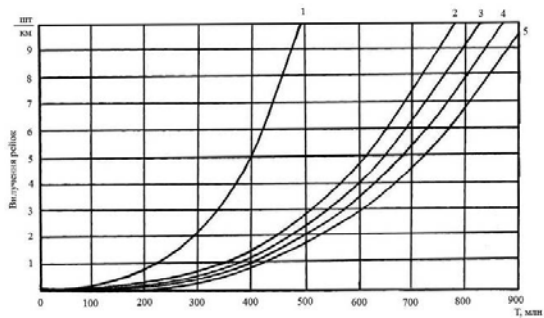


Рис. 5. Графіки сумарного одиночного вилучення рейок типу P50, P65, P75 на ланковій колії з дерев'яними шпалами:

1 – термічно не зміцнені рейки P50 ( $n=8,0 \cdot 10^{-8} T^3$ ); 2, 3 – термічно не зміцнені рейки P65 ( $n=2,1 \cdot 10^{-8} T^3$ ) і P75 ( $n=1,8 \cdot 10^{-8} T^3$ ); 4, 5 – об'ємно загартовані рейки P65 ( $n=1,5 \cdot 10^{-8} T^3$ ) і P75 ( $n=1,3 \cdot 10^{-8} T^3$ )

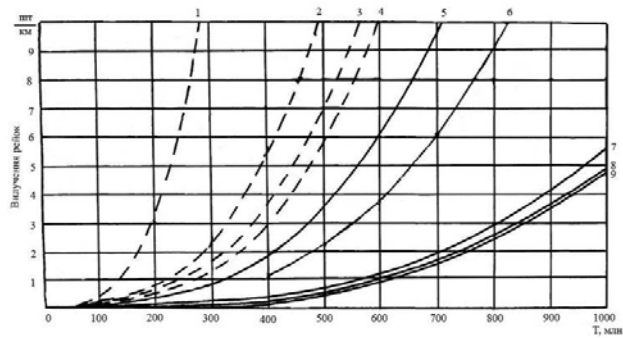


Рис. 6. Графіки сумарного одиночного вилучення рейок типу P50, P65, P75 на безстиківій колії із залізобетонними шпалами на ділянках:

1, 2 – температурно зміцнені кінці плитів і зрівнювальні ланки для термічно не зміцнених рейок P50 ( $n=38,6 \cdot 10^{-8} T^3$ ) і P65 ( $n=8,52 \cdot 10^{-8} T^3$ ); 3, 4 – те саме для об'ємно загартованих рейок P65 ( $n=5,5 \cdot 10^{-8} T^3$ ) і P75 ( $n=4,6 \cdot 10^{-8} T^3$ ); 5, 6 – середні частини плитів для термічно не зміцнених рейок P50 ( $n=2,8 \cdot 10^{-8} T^3$ ) і P65 ( $n=1,78 \cdot 10^{-8} T^3$ ); 7, 8, 9 – те ж для об'ємно загартованих рейок P50 ( $n=0,56 \cdot 10^{-8} T^3$ ), P65 ( $n=0,48 \cdot 10^{-8} T^3$ ) і P75 ( $n=0,46 \cdot 10^{-8} T^3$ )

#### Результати теоретичних розрахунків

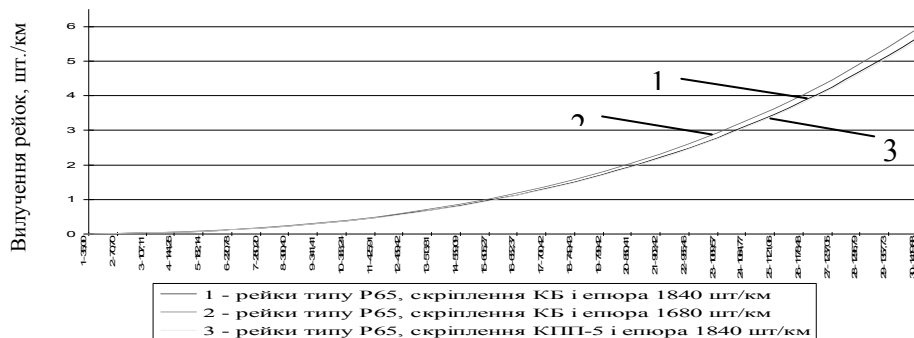


Рис. 7. Сумарний одиночний вихід т/з рейок типу P65,  $\gamma$  шт./км, залежно від пропущеного тонування, млн. т бруто ( $T_0=35,0$ ;  $\alpha=0,02$ , безст. колія, з/б шпали)

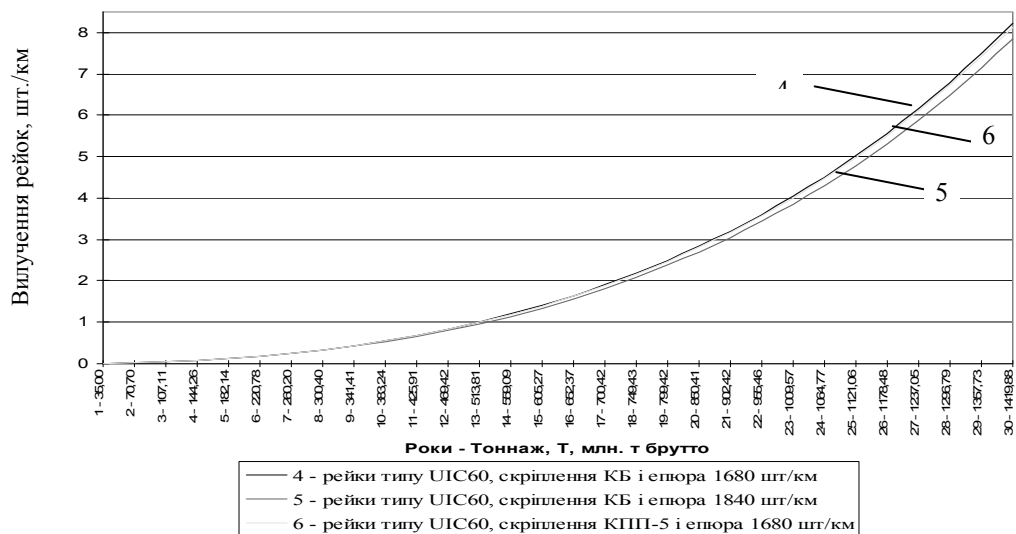


Рис. 8. Сумарний одиничний вихід (вилучення) т/з рейок типу UIC60,  $\gamma$  шт./км, залежно від пропущеного тоннажу, млн. т бруто  $T_0=35,0$ ;  $\alpha=0,02$ , безст. колія, з/б шпали)

Середнє статичне навантаження, рівне приблизно 160 кН, є свого роду, межею при роботі на витривалість сучасних нетермозміцнених рейок типу Р65. Перевищення цієї межі свідчить про необхідність застосування більш міцних або більш потужних рейок. А середнє статичне навантаження, рівне приблизно 190 кН можна вважати як рекомендовану межу при роботі на витривалість для рейок типу Р65 термозміцнених.

Аналіз результатів досліджень європейських залізниць свідчить, що доцільно для українських залізниць встановити диференційовані максимально допустимі осьові навантаження залежно від типів рухомого складу і категорійності колій. Такі нормативи слід розробити для нового Положення про систему ведення колійного господарства українських залізниць, і прийняти після експлуатаційної перевірки.

При розробці рекомендацій по максимально допустимих навантаженнях для сучасних експлуатаційних умов слід особливо враховувати, що мають бути окремі нормативи: для ліній швидкісного руху, ліній пасажирського руху, ліній вантажного руху і ліній суміщеного вантажного і пасажирського руху.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Даніленко Е. І. Залізнична колія./Улаштування, проектування і розрахунки, взаємодія з рухомих складом: Підручник для вищих навчальних закладів (у 2-х т.)– К.: Інпрес, 2010.
2. Даніленко Е. І., Возненко А. Д., Талавіра Г. М. Розробка та обґрунтування технічних параметрів та характеристик рейкових скріплень типу КПП для залізобетонних шпал.//Звіт з НДР №605/03-74.03. – К.: КУЕТТ, 2005. – 144 с.
3. Твердомед В. М. Вплив поперечних та поздовжніх сил горизонтальних сил на роботу без підкладкової та підкладкової конструкції рейкової колії: автореферат дис. к.т.н.– К.: ДЕТУТ, 2010. – 21 с.
4. Е. І. Даніленко, М. І. Карпов, В. О. Яковлев, Ю. Л. Тулей та ін. Положення про систему ведення колійного господарства на залізницях України. – К.: ТОВ «НВП Поліграфсервіс», 2011. – 96 с.