

ЗАЯВА

Я, Тарасевич Максим Володимирович
(ПІБ повністю)

Студені групи ІІ 2026 ННЦ ОБР
(шифр групи)

Спеціальності 273 "Забезпечення транспорту"
(код та назва спеціальності)

освітньої програми "Інженерство забезпечить на зал. транспорті"
(назва освітньої програми)

освітнього ступеня підготовки магістр
(бакалавр, магістр)

Заявляю, що моя випускна кваліфікаційна робота на тему:

Адаптація норм утримання рейкової кабіни
Європейського союзу до норм утримання
рейкової кабіни України

виконана самостійно і в ній не міститься елементів плагіату. Всі запозичення з друкованих та електронних джерел мають відповідні посилання.

Прошу перевірити її на наявність академічного плагіату.

Я ознайомена з чинним «Порядком перевірки кваліфікаційних випускних робіт здобувачів вищої освіти на виявлення текстових та графічних запозичень засобами перевірки на плагіат», згідно з яким виявлення плагіату є підставою для відмови в допуску випускної кваліфікаційної роботи до захисту.

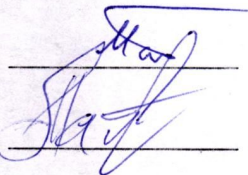
Дата

Підпис

Керівник

Потрясов О.М.

Підпис



МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Український державний університет науки і технологій

Кафедра: «Транспортна інфраструктура»

«ДО ЗАХИСТУ»

Завідувач кафедри



О. Л. Тютюкін
2021 р.

ДИПЛОМНИЙ МАГІСТЕРСЬКИЙ ПРОЕКТ
на здобуття ОКР «магістр»

Галузь: 27 Транспорт

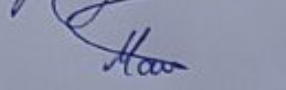
Спеціальність: 273 Залізничний транспорт

Освітньо-професійна програма Інтероперабельність та безпека на залізничному транспорті

Тема: Адаптація норм утримання рейкової колії України до норм утримання рейкової колії Європейського союзу

Керівник дипломного проекту доцент  Олександр ПАТЛАСОВ

Нормоконтролер к.т.н., доцент  Максим Арбузов

Виконавець студент групи 8 інтер  Максим ТАРАСЕВИЧ

м. Дніпро 2021

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Український державний університет науки і технологій

Кафедра: «Транспортна інфраструктура»

«ДО ЗАХИСТУ»

Завідувач кафедри

_____ О. Л. Тютькін
« ____ » _____ 2021 р.

ДИПЛОМНИЙ МАГІСТЕРСЬКИЙ ПРОЕКТ
на здобуття ОКР «магістр»

Галузь: 27 Транспорт

Спеціальність: 273 Залізничний транспорт

Освітньо-професійна програма Інтероперабельність та безпека на
залізничному транспорті

Тема: Адаптація норм утримання рейкової колії України до норм утримання
рейкової колії Європейського союзу

Керівник дипломного проекту доцент

Олександр ПАТЛАСОВ

Виконавець, студент групи 8 інтер

Максим ТАРАСЕВИЧ

м. Дніпро 2021

ЗМІСТ

ВСТУП	стр. 3
1 ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ	4
2 БУДОВА ЗАЛІЗНИЧНОЇ КОЛІЇ	7
3 ВИМОГИ, ЩО ПРЕД'ЯВЛЯЮТЬСЯ ДО ВЕРХНЬОЇ БУДОВИ КОЛІЇ І РЕЙОК В ЄВРОПЕЙСЬКОМУ СОЮЗІ	27
4 ВИМОГИ, ЩО ПРЕД'ЯВЛЯЮТЬСЯ ДО ВЕРХНЬОЇ БУДОВИ КОЛІЇ І ДО РЕЙОК В УКРАЇНІ	31
5 АДАПТАЦІЯ ВИМОГ ВЕРХНЬОЇ БУДОВИ КОЛІЇ ТА РЕЙОК НА ЗАЛІЗНИЦЯХ УКРАЇНИ ДО НОРМ ЄВРОПЕЙСЬКОГО СОЮЗУ	40
5.1 Визначення динамічного навантаження від одиночного колеса на рейку	41
5.2 Визначення напруг та деформацій в елементах верхньої будови колії	43
5.3 Допустима напруга в рейках	46
5.4 Аналіз напруг у рейках при навантаженні 25 т	47
5.5 Зв'язок нормативів утримання колії з нормативами утримання рухомого складу	48
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ	65
ЛІТЕРАТУРА	66
додаток А	67
додаток Б	71
додаток В	73
додаток Г	74
додаток Д	75
додаток Е	78

ВСТУП

Залізничний транспорт забезпечує понад 43% вантажообігу країни (без урахування трубопровідного транспорту - 85%) і близько 30% пасажирообігу.

Починаючи з середини XIX ст., залізничний транспорт став інтенсивно розвиватися задоволення потреб населення у переміщенні, а також своєчасної доставки вантажів у розвиток економіки країн.

Залізнична колія є важливим і відповідальним елементом перевізного процесу. Найбільший вплив на його якість, безпеку та комфортність перевезення вантажів та пасажирів має верхня будова колії, особливо його основний елемент — залізничні рейки (далі — рейки). У зв'язку з цим під час експлуатації залізничної колії до якості рейок висуваються високі вимоги.

Найбільш складними та відповідальними пристроями у колійному господарстві є з'єднання для перетину рейкових колій. Вони є особливими конструкціями, які працюють у більш важких умовах, ніж шлях на перегоні.

					0053 –206539– ДП – 2021 - 000	Арк.
						3
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1 ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ

Дана робота дозволяє зрозуміти, що колія не тільки складається з окремих компонентів і розглядається сама собою, а навпаки повинна розглядатися як "Як система колесо-колія".

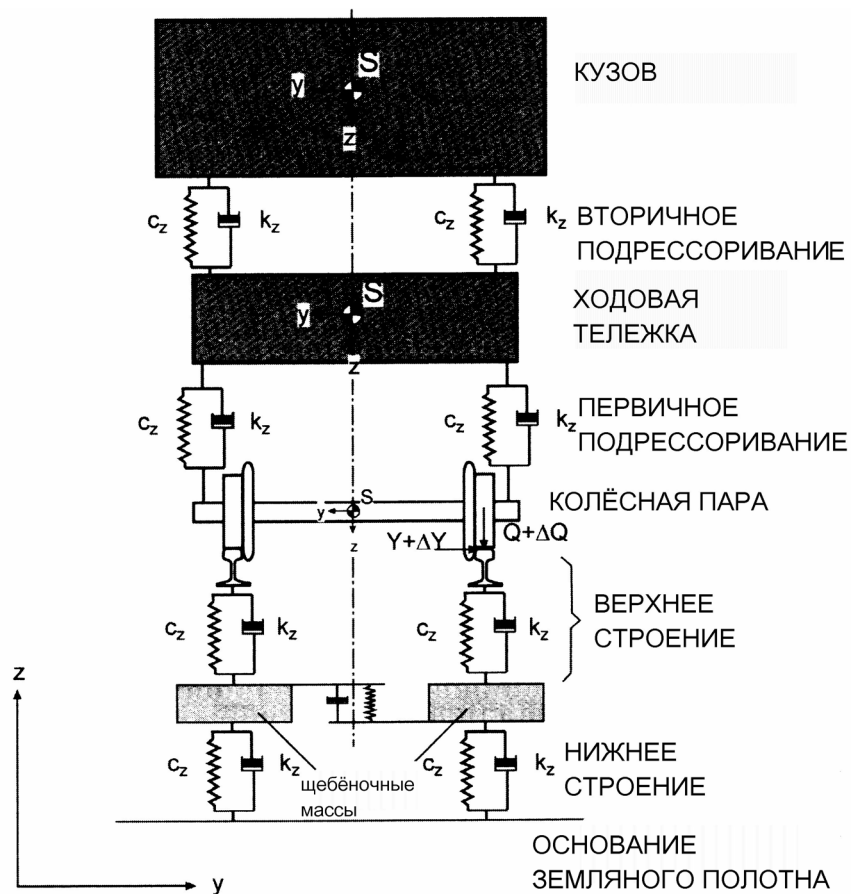
Колія повинна:

- забезпечувати високу безпеку,
- сприймати вертикальні та горизонтальні сили від рухомого складу,
- передавати ці сили через рейкошпальну решітку та баластну призму на нижню будову колії,
- забезпечувати хороший комфорт при їзді,
- забезпечувати високу продуктивність перевезень.

Колесо рухомого складу передає вертикальні та горизонтальні сили на колію. У безстиківій колії додатково виникають поздовжні сили через температурні зміни. Колія піддається квазістатичним (низькочастотним) та високочастотним навантаженням.

На малюнку 1.1 показана схематично система КОЛЕСО-КОЛІЯ.

					0053 –206539– ДП – 2021 - 000	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		4



Малюнок 1.1 - Схематичне представлення системи КОЛЕСО-КОЛІЯ окремі елементи системи пов'язані між собою компонентами, що володіють властивостями, що демпфують. Поведінка ресор і амортизаторів між вагоном і візком так само, як і між візком і колісною парою відома, і дуже добре описується математично.

Сама колія щодо своїх пружно-пластичних властивостей, не може бути аналітично точно описана через неоднорідність властивостей щебеневої основи, захисного шару основного майданчика та власне основного майданчика. Застосовують емпіричні, дослідно визначені величини та взаємозв'язки.

Величини сил - це функції від осьового навантаження, змін осьового навантаження через рух по кривому чи нерівномірному завантаженню вагонів, від процесів гальмування та розгону, від кочення нерівних та невідбалансованих коліс по дорозі з нерівностями.

Ці сили рейкошпальна решітка повинна розподіляти так, щоб не були перевищені допустимі величини тиску на щебінь під шпалою та допустимі сили тиску на основний майданчик.

Показано зростання осьового навантаження та швидкостей протягом історії залізниць. Помітно постійне зростання осьового навантаження від товарних вагонів, сьогодні 22,5 тонн, у майбутньому можливе до 25, як і збільшення швидкостей пасажирських поїздів: На нових ділянках до 250-300 км/год. Також і на другорядних коліях поїзди стали їздити переважно швидше.

У викладених далі теоретичних висловлюваннях і практичних дослідях буде пояснено, як ці вимоги, що зростають, можуть бути задоволені в майбутньому.

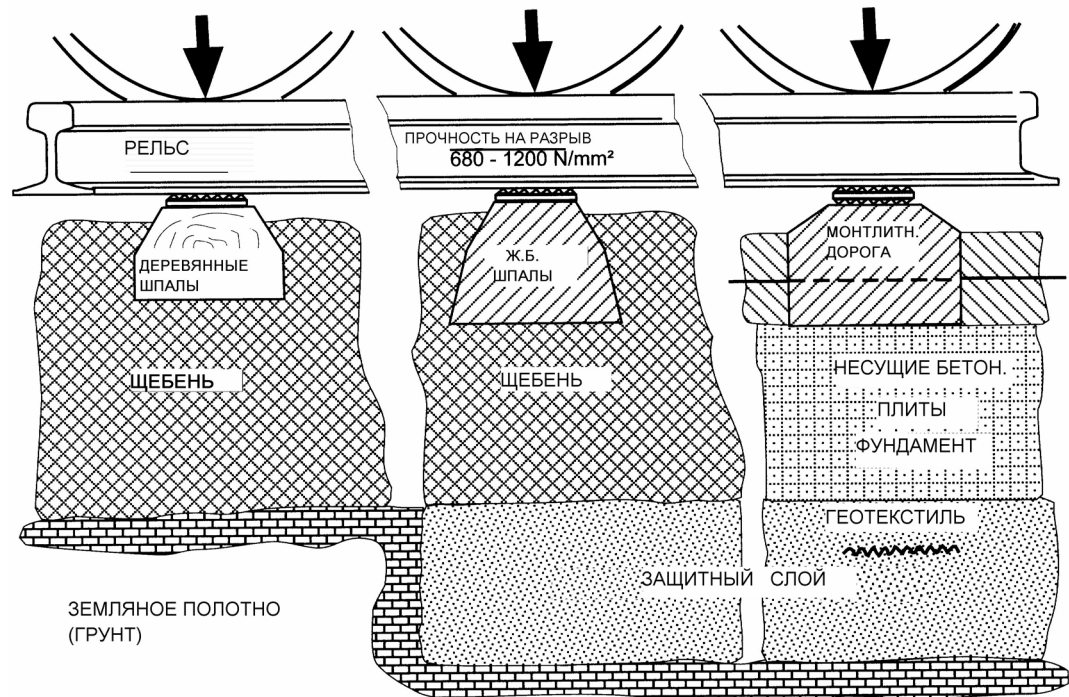
З сучасного досвіду відомо, що верхня будова колії для високонавантажених ліній складається з наступних елементів:

- важкий рейковий профіль *UIC60*,
- зносостійкі рейки в кривих (загартована головка або легована сталь),
- бетонні шпали для колії та стрілочних переводів в оптимальному виконанні,
- стійкі до кручення та пружні рейкові скріплення (оптимізація пружності та демпфування),
- тривало стабільному положенні баластної призми, тривало стабільному, незамерзаючому земляному полотні (запобігає улаштуванню захисного шару та геотекстилю.).

					0053 –206539– ДП – 2021 - 000	Арк.
						6
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2 БУДОВА ЗАЛІЗНИЧНОЇ КОЛІЇ

На мал 2.1 показано будову колії. З малюнка видно, що загальна система складається не тільки з щебеню, що «плавають» у ньому шпал і покладених зверху рейок, а також з нижньої будови колії із захисним шаром або покращеної підрейкової основи і власне із самого земляного полотна.



Малюнок 2.1 - Схематичне уявлення основних типів шляху

У подальшому будуть розглянуті та порівняні елементи окремо та особливо їх взаємодія між собою. Тільки висока якість кожного елемента та оптимальна взаємодія їх між собою може гарантувати економічне поточне утримання колії.

Співвідношення систем

Вирішальне значення для співвідношення систем ([2], [3]) мають граничні значення поздовжнього ухилу, кривизни колії (радіусів кривих) та допустимої швидкості на ділянці.

Геометричне положення колії розглядається головним чином як положення осі колії. Тому обмежуються горизонтальною проекцією, або

нормальною проекцією фактичної осі представленої просторової кривої на горизонтальну площину.

Залізнична колія будується так, щоб при русі екіпажу зі встановленою швидкістю зберігалася рівновага між поперечною складовою сили тяжіння за рівнем підлоги кузова вагона складової відцентрової сили. Прискорення, які відчуває пасажир, мають бути повністю компенсовані чи зменшені.

При переході прямої в криву, пряма неспроможна безпосередньо з'єднуватися з кривою. Раптова поява підвищення призводить, з одного боку, до стрибкоподібного зростання висотного положення рейкової нитки і, з іншого боку, з'являється проблема комфортабельності їзди через відцентрове прискорення, що раптово з'являється. Цю проблему можна усунути, якщо між прямою та круговою кривою влаштувати перехідну криву. Кривизна осі шляху зростає поступово від нуля до відповідної кругової кривої величини $1/R$. Аналогічно роблять із підвищенням.

Конкретні виконання перехідних кривих різняться між собою лише тим, як зростає величина кривизни колії та підвищення від нуля до кінцевого значення. Це зростання успішно здійснюється лінійно по довжині кривої, так виходить повсюдно відома клотоїдна крива і прямі відводи підвищення, що відносяться до неї. Така форма кривої нині є найпоширенішою в Європі (і в Україні).

Значне обмеження застосовуваних нині інших форм перехідних кривих є основою математичної складності їх моделей. Екіпаж щодо своїх динамічних характеристик буде розглядатися як точкова маса, яка рухається вздовж осі колії. З цього випливає, що не братиметься до уваги неадекватне моделювання чинних сил. Як адекватне ідеалізація було б прийняття нерухомої моделі. Крім того, у застосовуваних сьогодні моделях не враховується, що центр ваги рухомої одиниці переміщається не вздовж поверхні головки рейки, а на 1-2 метри вище.

					0053 –206539– ДП – 2021 - 000	Арк.
						8
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Відмінний новий метод для опису лінії прямування - це диференціальна геометрія плоских смужок [1].

Уздовж кривої утвореної віссю колії, переміщається тривимірний початок координат, що складається з окремих векторів, які жорстко пов'язані з рухомою одиницею, що переміщається. До того ж вектор тангенса містить швидкість V , бічний вектор розташований праворуч під кутом до кривої і утворює смужки; нормальний вектор ортогональний до отриманої площини.

У цій координатній системі видаються геометричні величини смужок і кінематичні, такі як швидкість, і прискорення, а також їх відхилення, поштовхи. Проходження екіпажу передбачається по лінії центру мас.

В Австрії було влаштовано дослідницькі криві з новими формами перехідних кривих. Наявний досвід показує, що у цих кривих протягом 6-ти років не потрібно технічного обслуговування.

Кругові криві та прямі

Для кругових кривих і прямих застосовують такі, наведені в таблиці критерії.

Таблиця 2.1 - Критерії для влаштування кривих та прямих.

Наименование	Параметр
Мінімальна довжина кривої та прямої	$\min l = \geq 0,4 \cdot v_e$
Радіус кривий	$R = \frac{11,8 \cdot v_e^2}{u_0}$ $R_{\max} \leq 30.000 \text{ m}$
Мінімальний радіус на головних коліях	$R \geq 300 \text{ m}$
Мінімальний радіус на другорядних коліях	$R \geq 180 \text{ m}$

R ... Радіус кривий [м]

v_e ... Проектна швидкість [км/ч]

u_0 ... Зрівнювальне піднесення [мм]

На противагу Європі США для опису кривизни не використовують радіус R, чи ставлення кривизни . Кругові криві характеризуються "градусом". Це кут, що відповідає довжині кривої в 100 кроків = 30,48 м.

Застосовують:

$$\alpha^{\circ} = \frac{1746}{R}$$

Піднесення

Для підвищення використовують такі, задані в таблиці 2 критерії.

Таблиця 2.2 - Параметри підвищення колії.

Найменування	Параметр
Мінімальне підвищення	$u_{\min} = 20 \text{ мм}$
Стандартна величина	$u_{\text{Regel}} = 100 \text{ мм}$
Допустима величина при щебеневому баласті Допустимо, при монолітній колії	$zul\ u = 160 \text{ мм}$ $zul\ u = 170 \text{ мм}$
Підвищення на вокзалах та на ділянках з частими зупинками поїздів Мінімальне підвищення $min\ u$	$min\ u < u < reg\ u$ $reg\ u = \frac{7,1 \cdot v_e^2}{R}$ $min\ u = u_0 - zul\ u_f$
Підвищення на ділянках з приблизно рівними швидкостями	$reg\ u < u < u_0$
Згладжуюче підвищення	$u_0 = \frac{11,8 \cdot v_e^2}{R}$
Планова величина дефіциту підвищення u_f	$u_f = 70 \text{ мм}$ $zul\ u_f = 130 \text{ мм}$

u ... Підвищення

u_f ... Дефіцит підвищення

u ... Стандартне підвищення

Стандартне підвищення заміряють так, щоб для пасажирів у поїзді, що швидко їде, був забезпечений хороший поїзний комфорт. При мінімальному піднесенні під час руху поїзда з максимальною на ділянці швидкістю з'являються максимально допустимі бічні прискорення.

Наступна діаграма показує допустимі величини дефіциту піднесення при різних швидкостях.



Малюнок 2.2 - Допустимий дефіцит підвищення, в мм

Таблиця 2.3 показує типові дефіцити підвищення, максимальні ухили та типові максимальні радіуси на швидкісних ділянках у різних країнах.

Таблиця 2.3 - Застосовувані підвищення, ухили та радіуси на різних швидкісних ділянках різних залізниць

Параметр	<i>DB AG</i>	<i>FS</i>	<i>SBB</i>	<i>SNCF</i>
a_f [м/с ²]	0,85	0,85	0,8	1,0
Δu_f [мм]	80	120	60	130
макс. уклон, [‰]	12,5	8,5	30	35/25
R [м]	7000	3000	4000	4000/6000

Дефіцит підвищення u_f у мм. Дозволяє розрахувати непогашене бічне прискорення a_f :

$$a_f = g \cdot \frac{u_f}{s},$$

де g ... прискорення вільного падіння, 9.81 м/с²
 s ... ширина колії [мм]
 a_f ... непогашене бічне прискорення [м/с²]

Непогашене бічне прискорення максимальне бічне прискорення (незважаючи на підвищення рейки) впливає на пасажирів поїзда, що швидко їде..

Підуклонка рейок та ширина колії

Рейки укладаються в дорозі з нахилом усередину. У стрілочних перекладах підуклонка рейок, зазвичай, не застосовується. На DB AG застосовують стандартну підуклінку 1:40. Таблиця 2.4 показує огляд застосовуваних у різних країнах підуклінок рейок, найбільш застосовуваних профілях рейки та ширини колії з допусками.

У таблиці 2.5 наведено огляд інших величин колії у різних країнах.

Таблиця 2.4 – Параметри конструкції колії європейських залізниць

Дорога	Рельс	Подуклонка	Ширина колес, [мм]
<i>Network Rail</i>	<i>BS113A</i>	1:20	1432 ^{-0 +3}
<i>DB AG</i>	<i>UIC60</i>	1:40	1435 ^{-0 +3}
<i>FS</i>	<i>UIC60</i>	1:20	1435 ^{-2 +1}
<i>NS</i>	<i>UIC54, NP46</i>	1:40/1:20	1435 ^{-1 +3}
<i>NSB</i>	<i>S49, UIC54</i>	1:20	1435 ^{-3 +3}
<i>ÖBB</i>	<i>S49, UIC54, UIC60</i>	1:40	1435 ^{-2 +2}
<i>SBB</i>	<i>UIC60</i>	1:40	1435 ^{-2 +2}
<i>SJ</i>	<i>SJ43, SJ50</i>	1:30	1435 ^{-3 +3}
<i>SNCF</i>	<i>UIC60</i>	1:20	1436 ^{-2 +2}
<i>U3</i>	<i>P65</i>		1520

Таблиця 2.5 - Міжнародно прийняті значення ширини колії

Найменування	Ширина колії,[мм]	Країна
Decauville-Spur	700	Аргентина, Данія, Індонезія, Нідерланди, Іспанія
Боснійська колія	760	Австрія, колишня Югославія
Карспур	1067	Південна Африка
Російська колія	1520/1524	Україна, Фінляндія
Ірландська колія	1600	Ірландія, Бразилія, Австралія
Індійська колія	1676	Індія, Пакистан, Іран, Афганістан, Аргентина
Iberische Spur	1668/1674	Португалія, Іспанія

Статичні сили у дорозі

Вертикальна сила

Внаслідок дії навантаження від колеса з'являється вертикальна сила. Нерівності на поверхні головки рейки призводять до динамічних впливів і пов'язаних з цим додатковим навантаженням від коліс. Так само при русі по кривій внаслідок змін бокового прискорення виникають зміни осьового навантаження [10]. Типові осьові навантаження:

Високошвидкісне сполучення	max. 200 kN
Змішане сполучення	max. 225 kN
Важкі умови (Австралія)	max. 360 kN

Поздовжні сили

У дорозі можуть виникати такі поздовжні сили [2]:

- поздовжня сила внаслідок температурного подовження рейок. Температурна зміна рейок 35°C відповідає зміні сили 700 kN. Так за допомогою відношення 20 kN/°C можна розрахувати температурне подовження.

- поздовжня сила внаслідок розгону/гальмування рухомого складу,
- власні поздовжні сили в рейках (напр. внаслідок температурного розширення після зварювальних робіт),
- поздовжні сили внаслідок так званого «угону рейок».

Для визначення зміни напруги в рейках внаслідок температурних змін:

$$\Delta\sigma = \alpha \cdot E \cdot \Delta T = 240 \cdot \Delta T$$

де α ... коефіцієнт температурного розширення рейкової сталі ($1,2 \cdot 10^{-5} \text{ 1/}^\circ\text{K}$)

ΔT ... зміна температури рейок, [$^\circ\text{K}$];

E ... модуль еластичності рейкової сталі ($21 \cdot 10^6 \text{ N/cm}^2$);

$\Delta\sigma$... зміна напруги в рейці, [N/cm^2]

Сили, що виникають при розгоні, гальмуванні

Сучасні колісні пари в результаті дії сили тертя між колесом і рейкою породжують поздовжні сили в дорозі. Перед приводною віссю з'являється розтяг, за стиснення. Величина поздовжніх сил залежить від сили впливу колеса Q та величини зчеплення між колесом та рейкою. Поздовжньою силою, що не перевищує 5% сили температурного розширення, можна знехтувати.

При уповільненому русі загальмованих коліс у рейках з'являються поздовжні сили. На протигагу прискоренню, при гальмуванні перед першою віссю виникає напруга стиснення. Наступна відмінність у тому, що у процесі гальмування беруть участь всі осі. Зона впливу сягає 30 метрів. Поздовжні сили, що з'являються в результаті гальмування, можуть досягати 15% від максимальних сил температурного розширення і тому повинні бути враховані. При розгоні та гальмуванні поздовжні сили можуть досягати 55 kN.

Сила гальмування у % від осьового навантаження для різних рухомих одиниць:

Електровоз 12-15%

Дизельний локомотив 18%

					0053 –206539– ДП – 2021 - 000	Арк.
						14
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Двохосний вантажний вагон

25%

При гальмуванні вихровими струмами (WB) рейки нагріваються та знижується стабільність колії.

Поперечні сили

Під час руху рухомої одиниці з'являються сили, які діють горизонтально, під прямим кутом до осі колії. Сила Q , що діє під гострим кутом до головки рейки, може бути розкладена на крутний момент M і напрямна сила Y . напрямна сила залежить від багатьох технічних параметрів рухомої одиниці таких як осьове навантаження, база візків, конструкція візків, модуль пружності та постійна згасання, а також від стану геометрії колії та швидкості.

Динамічні сили у дорозі

Перерозподіл навантаження між колесами осі

З'являються в результаті облаштування невідповідного підвищення (дія непогашеного доцентрового прискорення і ексцентричного положення центру тяжіння рухомої одиниці).

Центр тяжіння різних рухомих одиниць над *SOK*:

Електровоз <i>E103</i>	1730 мм
Електровоз <i>E110</i>	1550 мм
Дизельний локомотив <i>V212</i>	1730 мм
Пасажирський вагон <i>A vmz</i>	1730 мм
Вантажний вагон <i>Fz 120</i>	2690 мм
Вантажний вагон <i>F ad 167</i>	1910 мм
Вантажний вагон <i>S a 705</i>	1630 мм

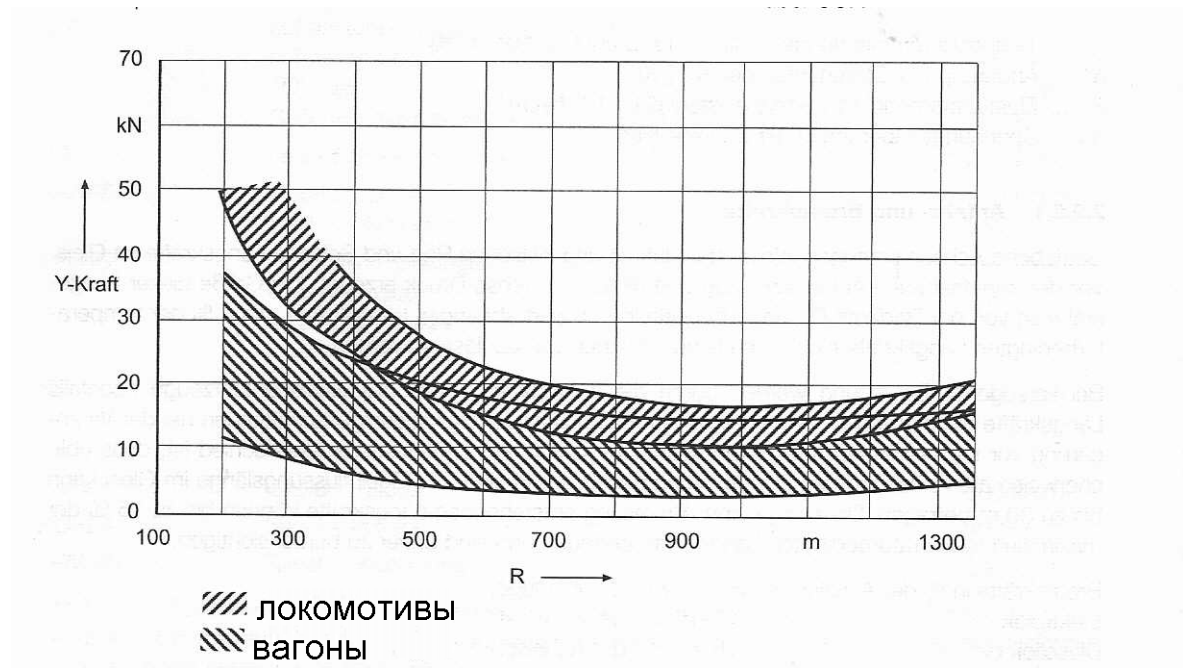


Рисунок 2.3 - Горизонтальна сила, залежно від радіуса кривої

Причини виникнення коливань

Можуть з'являтися через дефекти поверхні головки рейки:

- рифлі з довжиною хвилі до 50 мм у прямих та пологих кривих на обох рейках,
- місця від пробуксовок з довжиною хвилі 50-250 мм на нижній рейці в кривих з малими радіусами,
- через хвилі середньої довжини отриманих при вальцюванні при виробництві рейок
- через розширення колії та просадок у нижній будові колії
- через власні коливання рухомої одиниці.

Динамічні сили враховуються при розрахунку параметрів верхньої будови колії та враховуються як коефіцієнти. Динамічні поперечні сили практично досягають 60 kN. Крім того враховують коливання від розгойдування рухомого складу, які досягають 80 kN.

Сили опору в дорозі

Сили, що виникають у дорозі, повинні бути компенсовані відповідними силами опору.

Дуже висока сила стиснення у місці торкання колеса та рейки, через окремі компоненти системи має бути розосереджена на основний майданчик (рис. 2.4).

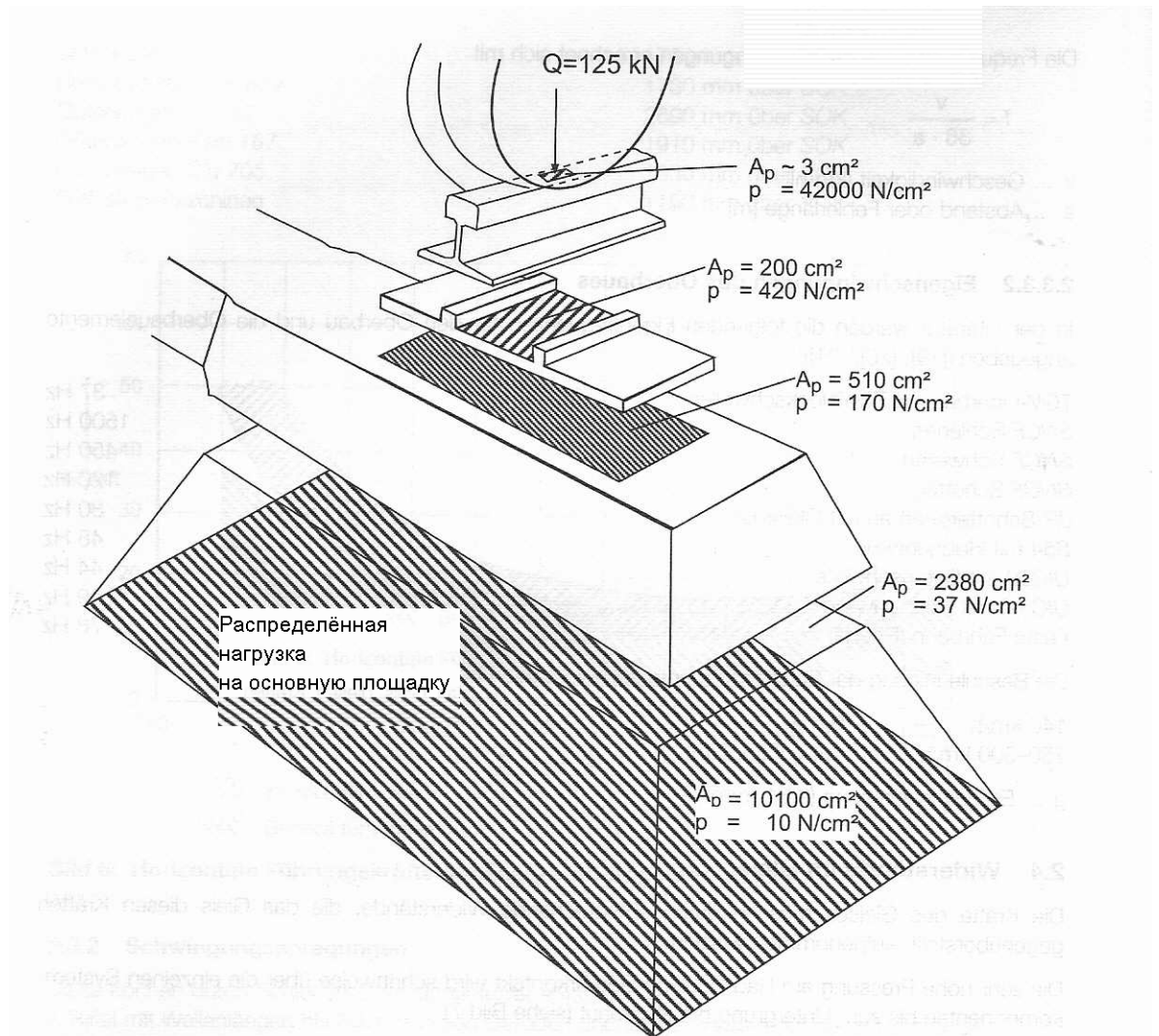


Рисунок 2.4 – Розподіл тиску від осьового навантаження Q через компоненти шляху

Розподіл навантаження від колеса до земляного полотна

На малюнку 2.5 схематично показано розподіл навантаження від колеса до земляного полотна. На малюнку показано, що тиск від шпали на щебінку вже на глибині, що дорівнює ширині шпали, знижується вдвічі.

На земляне полотно діє лише близько 30% тиску.

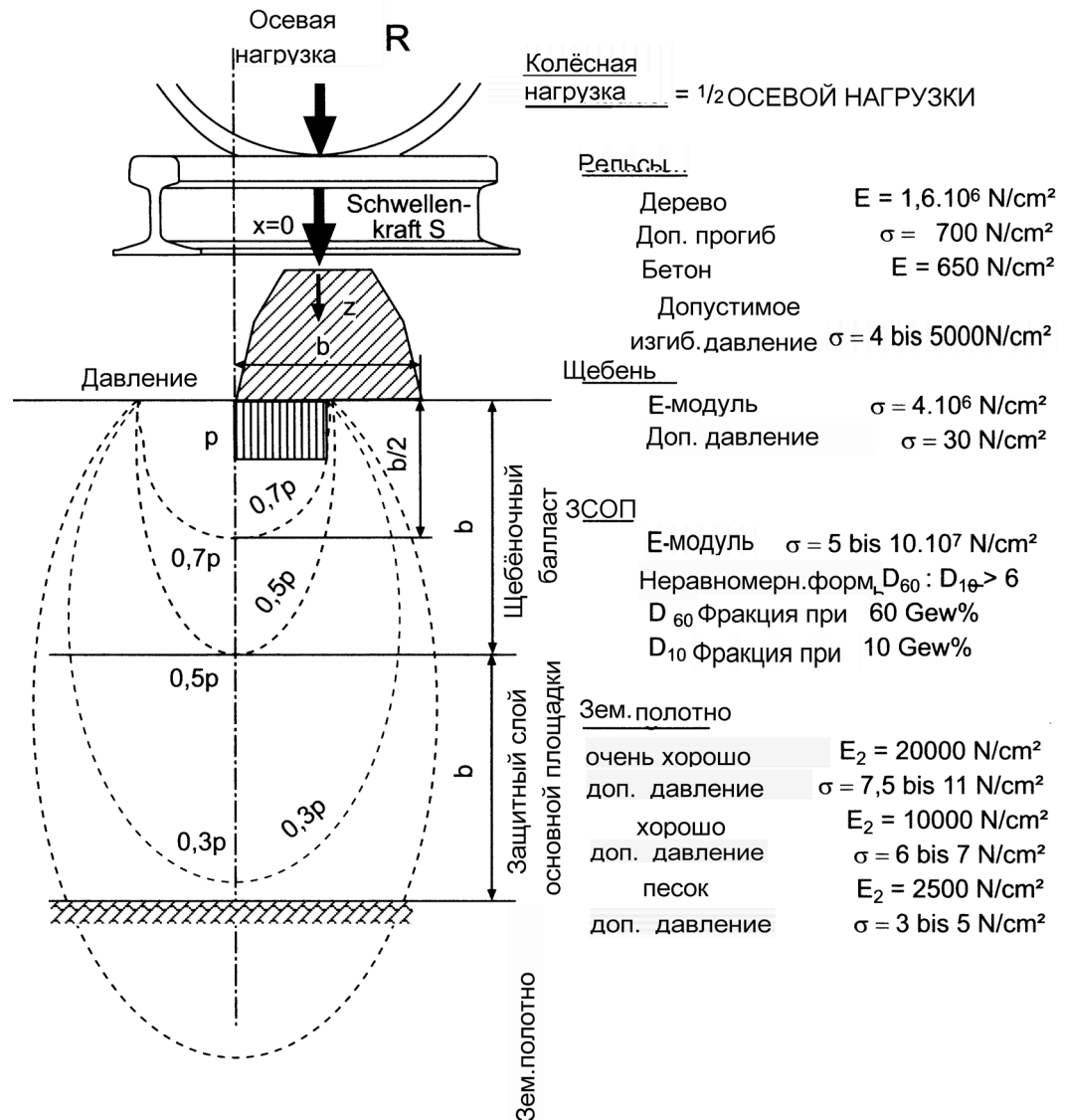


Рисунок 2.5 Розподіл навантаження від колеса у нижній будові колії

Розрахунок шляху

В 1867 Вінклер використовував модель еластично навантаженої балки для розрахунку колії на міцність ([31], [32], [33]). У 1888 році Циммерман ввів на основі моделі Вінклера, що застосовувався тривалий час і переважно для статичних навантажень розрахунок верхньої будови колії. У 1915 р. Тимошенко

показав, що дискретне положення поперечних шпал може бути адекватно замінено безперервною опорою.

Розрахунок рейок

Для розрахунку колії теорії Циммермана [34], [35], [36] поверхні навантаження поперечних шпал замінюють довгими балками (рис. 2.9). Новий метод розрахунку DB AG [37] ставить за мету визначення напруг в головці та підшві рейки.

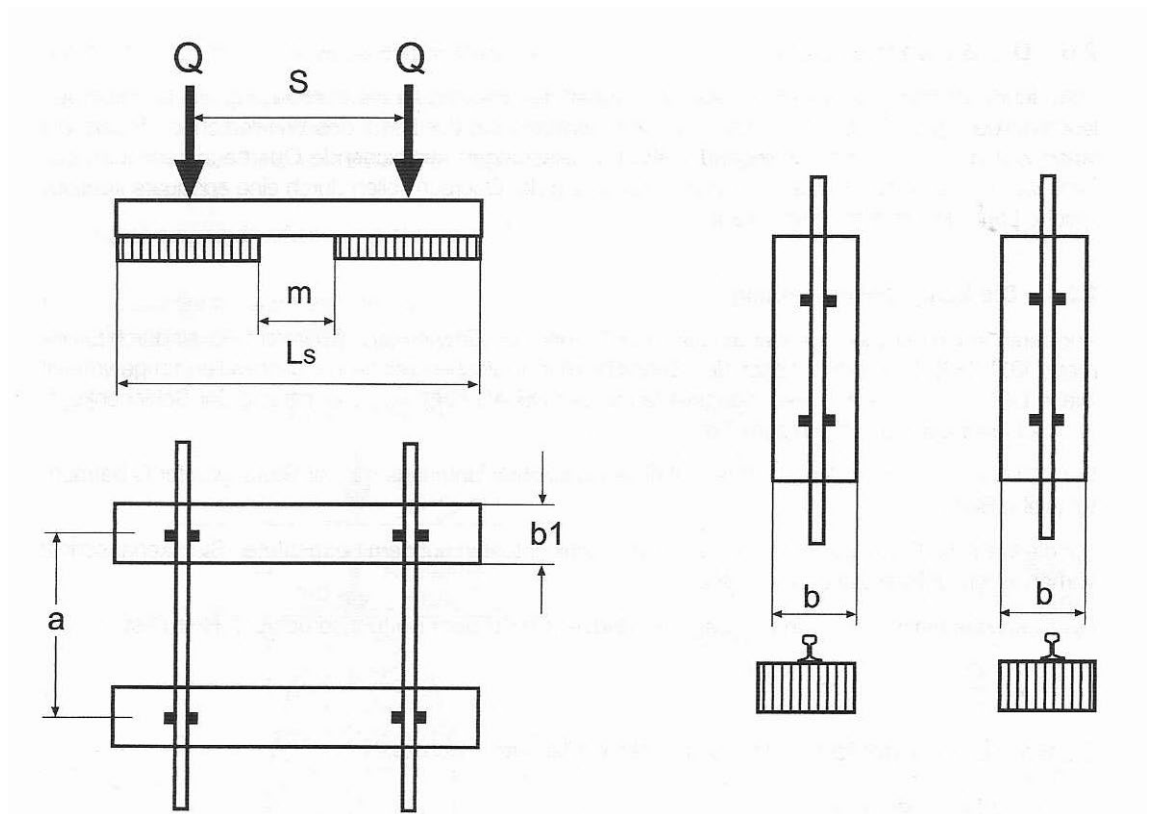


Рисунок 2.6 - Заміна поперечних шпал поздовжніми опорами

Рейки розглядаються як довгі балки на еластичній основі з коефіцієнтом ліжка C (рис. 2.7).

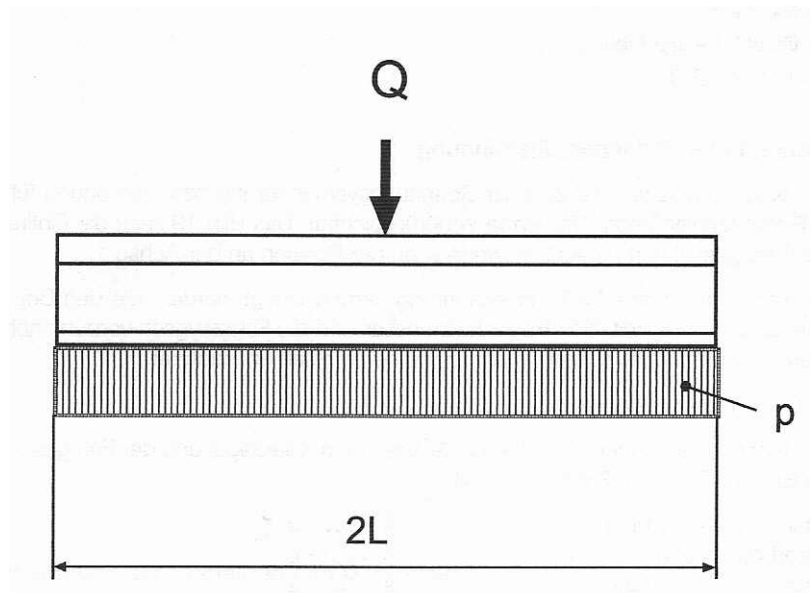


Рисунок 2.7 - Рейка як еластично встановлена балка

Вибір коефіцієнта ліжка C : необхідно приймати найгірше значення на ділянці, що охоплюється.

Еластичний прогин (в см) під навантаженням від колеса Q та тиском баласту p (в N/cm^2)

$$y = \frac{C}{p}$$

Фіктивна довжина L (в см):

$$L = \sqrt[4]{\frac{4 \cdot E \cdot I}{b \cdot C}}$$

де E ... Модуль еластичності [N/cm^2]

I ... момент інерції рейки [cm^4]

C ... коефіцієнт ліжка [N/cm^3]

b ... ширина фіктивних балок [см]

p ... тиск баласту [N/cm^2]

Розрахунок напруги підшви рейки

Вплив сусідніх осей, що може призводити до зниження (або зростання) напруги, за Циммерманом враховується як коефіцієнти. На малюнку показані лінії впливу для тривісного візка та коефіцієнт α від положення вісі 1.

					0053 –206539– ДП – 2021 - 000	Арк.
						20
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

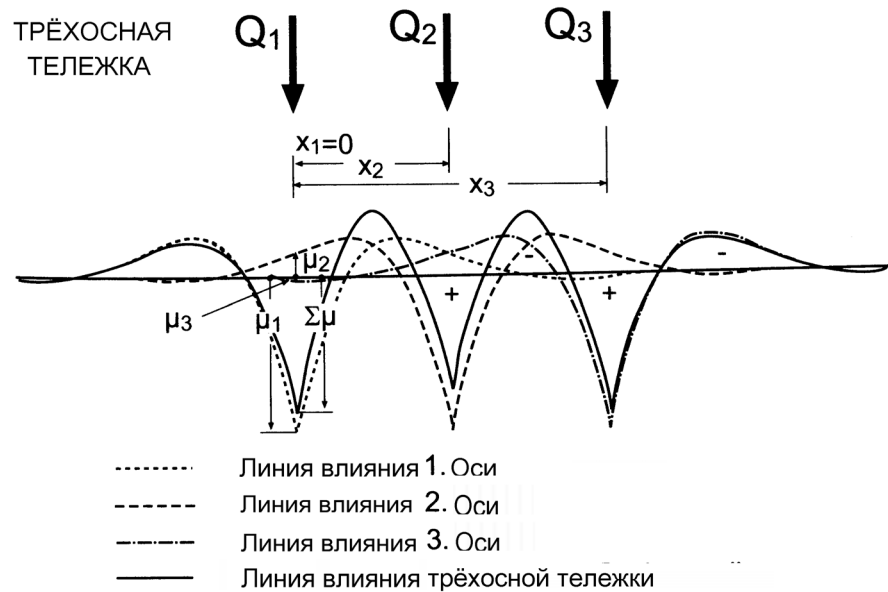


Рисунок 2.8 - Лінія впливу для крутного моменту, M тривісного візка

Поряд з колісним навантаженням Q необхідно також враховувати перерозподіл навантаження між колесами осі, перебіг кривих, підвищення, швидкість, радіус кривої та положення центру ваги рухомої одиниці. Збільшення становить близько 10 - 20% від колісного навантаження.

Вплив стану верхнього будови колії (знос, напруга, положення колії) і встановлена швидкість враховуються коефіцієнтом. Для $n \cdot \varphi$ застосовуємо:

дуже хороший стан верхньої будови колії $\bar{s} = 0,1 \cdot \varphi$

хороший стан $\bar{s} = 0,2 \cdot \varphi$

поганий $\bar{s} = 0,3 \cdot \varphi$

Причому для фактора n також задають:

SFS и *HAS* $n = 0,15$

NFS и *S-Bahn* $n = 0,15$

головні колії першого та другого порядків: $n = 0,20$

інші колії $n = 0,25$

SFS ... швидкісні ділянки;

HAS ... головні обхідні колії;

NFS ... другорядні обхідні колії.

Фактором враховується вплив встановленої швидкості:

$$v \leq 60 \text{ km/h}$$

$$\varphi = 1,0$$

$$60 < v \leq 300 \text{ km/h (Reisezüge)}$$

$$\varphi = 1,0 + 0,5 \cdot \frac{v - 60}{190}$$

$$60 < v \leq 140 \text{ km/h (Güterzüge)}$$

$$\varphi = 1,0 + 0,5 \cdot \frac{v - 60}{80}$$

Так розраховують для еквівалентних осьових навантажень (для статичного осьового навантаження 225 kN) між 250 і 310 kN (див. рисунок 2.9).

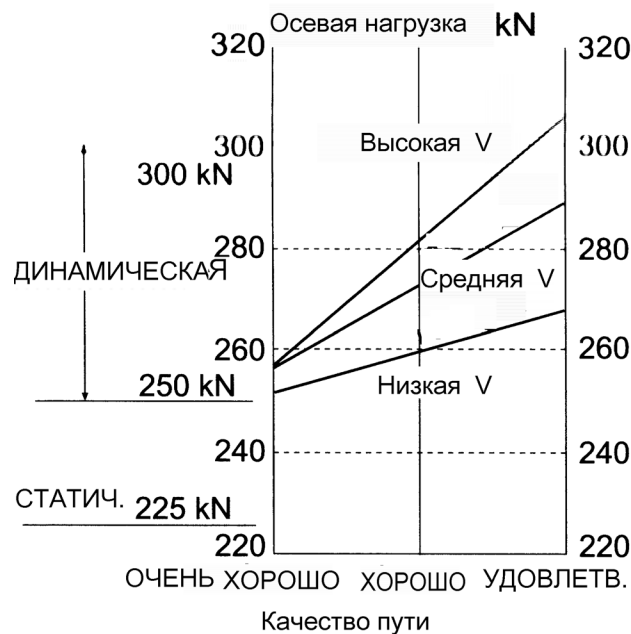


Рисунок 2.9 - Осьове навантаження – статично/динамічно

Визначається максимальний момент у рейці в [Nсм]

$$M_{\max} = \frac{Q \cdot L}{4}$$

Визначаємо напругу у підшві рейки (99,7% ймовірність) в [N/см²]

$$\sigma_{\max \text{ Fuß}} = \frac{M_{\max}}{W} \cdot (1 + 3 \cdot \bar{s}) \cdot \sum_i \mu_i$$

У таблиці 2.6 показані коефіцієнти впливу Циммермана. Сусідні осі враховують одну за одною від осі, що знаходиться на прийнятому місці розрізу,

і з таблиці визначають відповідні величини ξ і μ залежно від відстані x . Ці μ -величини складають. Утворюють кожної позиції осі. Потім розраховують ξ

$$\xi = \frac{x}{L}$$

де L - довжина, що характеризується.

Максимальна згинальна напруга в підшві рейки повинна бути меншою, ніж тривало, гранично допустима.

Таблиця 2.6 - Фактори впливу Циммермана

ξ	μ	ξ	μ	ξ	μ	ξ	μ
0,0	1,0000	1,7	-0,2047	3,4	-0,02374	5,1	0,00795
0,1	0,8100	1,8	-0,1985	3,5	-0,01769	5,2	0,00746
0,2	0,6398	1,9	-0,1899	3,6	-0,01241	5,3	0,00692
0,3	0,4888	2,0	-0,1794	3,7	-0,00787	5,4	0,00636
0,4	0,3564	2,1	-0,1675	3,8	-0,00401	5,5	0,00578
0,5	0,2415	2,2	-0,1548	3,9	-0,00077	5,6	0,00520
0,6	0,1431	2,3	-0,1416	4,0	0,00189	5,7	0,00464
0,7	0,0599	2,4	-0,1282	4,1	0,00403	5,8	0,00409
0,8	-0,0093	2,5	-0,1149	4,2	0,00572	5,9	0,00356
0,9	-0,0657	2,6	-0,1019	4,3	0,00699	6,0	0,00307
1,0	-0,1108	2,7	-0,0895	4,4	0,00791	6,1	0,00261
1,1	-0,1457	2,8	-0,0777	4,5	0,00852	6,2	0,00219
1,2	-0,1716	2,9	-0,0666	4,6	0,00886	6,3	0,00181
1,3	-0,1897	3,0	-0,0563	4,7	0,00898	6,4	0,00146
1,4	-0,2011	3,1	-0,04688	4,8	0,00892	6,5	0,00115
1,5	-0,2068	3,2	-0,03831	4,9	0,00870	6,6	0,00087
1,6	-0,2077	3,3	-0,03060	5,0	0,00837	6,7	0,00063

Взагалі можна μ -величини розрахувати за Циммерманом наступній формулі:

$$\mu = e^{-\xi} \cdot (\cos \xi - \sin \xi)$$

У таблиці 2.7 - Наведено допустимі тривало діючі згинальні напруги для різних рейкових сталей.

Таблиця 2.7 - Допустимі напруги в середині підшви

Межа міцності при розтягуванні Рейкова сталь [N/мм ²]	Безстиковий колія[N/мм ²]		Стиковий колія[N/мм ²]	
	Кородований	новий	Кородований	новий
700	180	245	190	280
900 (S49/54)	190	282	200	320
900 (UIC60)	200	282	210	320

У таблиці 2.8 наведено моменти опору та інерції для різних типів рейок.

Таблиця 2.8 - Моменти опору та інерції рейок.

Schienenform	Trägheitsmoment I _x [cm ⁴]	Widerstandsmoment W [cm ³]
S49	1819	248
S54	2073	276
BS11-113A	2332	278
UIC54	2346	313
UIC60	3055	377
S64	3252	403
140RE	4059	474

Допустимі напруги в рейках при роботі колійних машин

За європейськими нормами prENV 14033-2 [38] при роботі колійних машин, що впливають на нерухомість колії, застосовують такі допустимі напруги:

При згинанні рейок допустима напруга при розтягуванні у відсотках від мінімальної межі міцності на розрив:

- в середині головки та підшви рейки 45%
- на межі головки рейки 50%
- на межі підшви рейки 60%

При згинанні рейок допустима напруга при стисканні у відсотках від мінімальної межі міцності на розрив:

- у голівці та підшві рейки 65%

Дані далі допустимі осьові навантаження настають тільки при роботі машин з ремонту верхньої будови колії, наприклад при роботі швидкісного укладальника колії або щебнеочисної машини, але тільки при їх роботі (завантажений порталний кран на повністю завантаженій платформі для транспортування шпал, щебнеочисні машини з повністю завантаженими транспортерами запущеним гуркотом). Тому їх можна вважати факторами, що рідко зустрічаються, підвищених осьових навантажень. Високі осьові навантаження не повинні призводити до перевищення допустимої тангенційної напруги в голівці рейки. Для збереження взаємозалежності між напругою на розтяг і напругою на зріз (Querdehnung 65% σ_{Bruch}) виходить допустиме осьове навантаження в залежності від міцності на розрив і від радіуса колеса.:

$$zul\ Q = 8,257 \cdot 10^{-7} \cdot r \cdot \left(\frac{\sigma_{Bruch}}{v} \right)^2 \quad [kN]$$

$$zul\ r = 1,211 \cdot 10^6 \cdot Q \cdot \left(\frac{\sigma_{Bruch}}{v} \right)^2 \quad [mm]$$

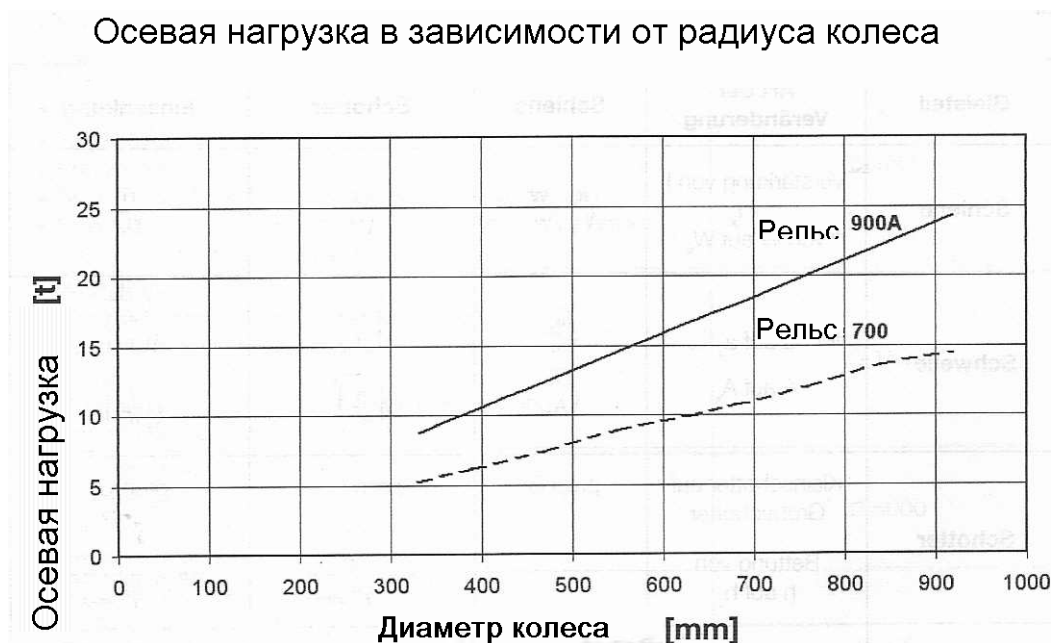
Це відношення підходить при виміряному радіусі від 300 мм до 600 мм.
[3].

					0053 –206539– ДП – 2021 - 000	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		25

Таблиця 2.8 – Максимальні осьові навантаження у робочому положенні без контрольного пристрою

Діаметр по колу катання D [мм] d	Максимальне осьове навантаження [kN]	
	Рейки з $\sigma_{Bruch} = 880 \text{ [N/mm}^2\text{]}^{1)}$	Рейки з $\sigma_{Bruch} = 680 \text{ [N/mm}^2\text{]}^{2)}$
$\varnothing \geq 920$	243	145
$920 > \varnothing \geq 840$	222	136
$840 > \varnothing \geq 760$	201	120
$760 > \varnothing \geq 680$	179	107
$680 > \varnothing \geq 630$	167	99
$630 > \varnothing \geq 550$	146	89
$550 > \varnothing \geq 470$	124	74
$470 > \varnothing \geq 390$	103	62
$390 > \varnothing \geq 330$	87	52
$D...$ Діаметр по колу катання $d...$ Мінімальний діаметр колеса ¹⁾ відповідає наприклад рейка <i>UIC 60, S54, S49</i> (880 N/mm²) ²⁾ відповідає наприклад рейка <i>S49</i> (680 N/mm²)		

На малюнку представлені максимальні осьові навантаження залежно від діаметра колеса, що зустрічаються під час роботи колійних машин (рідкісні фактори).



Малюнок 2.10 - Максимальні осьові навантаження під час роботи колійних машин

З ВИМОГИ, ЩО ПРЕД'ЯВЛЯЮТЬСЯ ДО ВЕРХНЬОЇ БУДОВИ КОЛІЇ І РЕЙОК В ЄВРОПЕЙСЬКОМУ СОЮЗІ

Для залізниці рейки є одночасно дорогою, носіями навантаження та напрямними елементами. До них пред'являються підвищені вимоги: як статичні, і динамічні. На високонавантажених ділянках впливають осьові навантаження до 35т. У сучасному високошвидкісному русі сьогодні використовують швидкості до 350 км/год у регулярному сполученні. Залежно від топографічних умов, рейки укладають у кривих з радіусом до 300м, при цьому рейки піддаються високим бічним навантаженням. Для того, щоб рейки відповідали цим високим і різнобічним навантаженням, вони повинні відповідати таким вимогам [4]:

- Високий опір зносу,
- Високий опір проти втискань,
- Висока втомна міцність,
- Високі межі міцності на розтягування та твердість,
- Висока міцність на злам,
- Гарна зварюваність,
- Високий рівень чистоти поверхні,
- Гарна якість верхньої поверхні,
- Рівність та правильний профіль,
- Низька власна напруга після виготовлення.

Сили у поздовжньому напрямку колії

Опір поздовжньому зсуву визначає здатність рейкошпальної решітки протистояти поздовжнім навантаженням без супутніх залишкових зрушень колії. Поздовжні сили можуть виникати механічно від поїзда, що проходить, а так само термічно (від зміни температури).

Статичний контроль твердості

При контролі твердості контрольний штифт вдавлюється в випробуваний зразок. По глибині вдавлювання визначають ступінь твердості.

					0053 –206539– ДП – 2021 - 000	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		27

Твердість по Брінеллю

Для вимірювання твердості по Брінеллю застосовують поліровану кульку з твердого сплаву фіксованої маси. На підставі сили і глибини вм'ятини, що залишилася, визначають твердість по Брінеллю. *HBW* (engl.: Brinell hardness *BHN*).

$$HBW = 0,102 * F / A$$

F ... Сила [N]

A ... Глибина вм'ятини [мм]

Твердість за Вікерсом

Для вимірювання твердості за Вікерсом застосовують рівний, чотиригранний алмаз з кутом 136°.

$$HV = 0,102 * F / A_c$$

$$A = d^2 / 1,854$$

Для зв'язку між міцністю на розрив і твердістю за Брінеллем (або Вікерсом) застосовують:

$$R_m \sim 3,21 * HV$$

$$R_m \sim 3,38 * HBW$$

Взаємозалежність між твердістю по Брінеллю та Вікерсу:

$$HBW \sim 0,95 * HV$$

					0053 –206539– ДП – 2021 - 000	Арк.
						28
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

приклад:

Виміряно 370 *HBW* на рейці із загартованою головкою. Тоді

$$R_m \sim 3,38 * 370 = 1250 \text{ N/мм}^2$$

Для твердості за Віккерсом:

$$HV \sim HBW / 0,95 = 389 \text{ HV}$$

Твердість за Рьоквеллом

Твердість по Рьоквеллу визначають виходячи з глибини проникнення контрольного штифта. Розрізняють пробу «Рьоквелл В», при якому контрольним штифтом є сталевий шар, і «Рьоквелл-С», при якому застосовують як контрольний штифт застосовують конус. Величина твердості відома відразу після виміру. Перевагою методу є малий час вимірювання, недоліком- низька точність.

Діаграма розтягування-стискування

Проба на розтяг - це класичний досвід для визначення механічних властивостей металів і неметалів і відноситься до методів статичних вимірювання міцності. При цьому зразок розтягують з плавним зростанням зусилля, без вагань і поштовхів. Контрольний зразок розтягують доти, доки не відбудеться розрив.

					0053 –206539– ДП – 2021 - 000	Арк.
						29
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

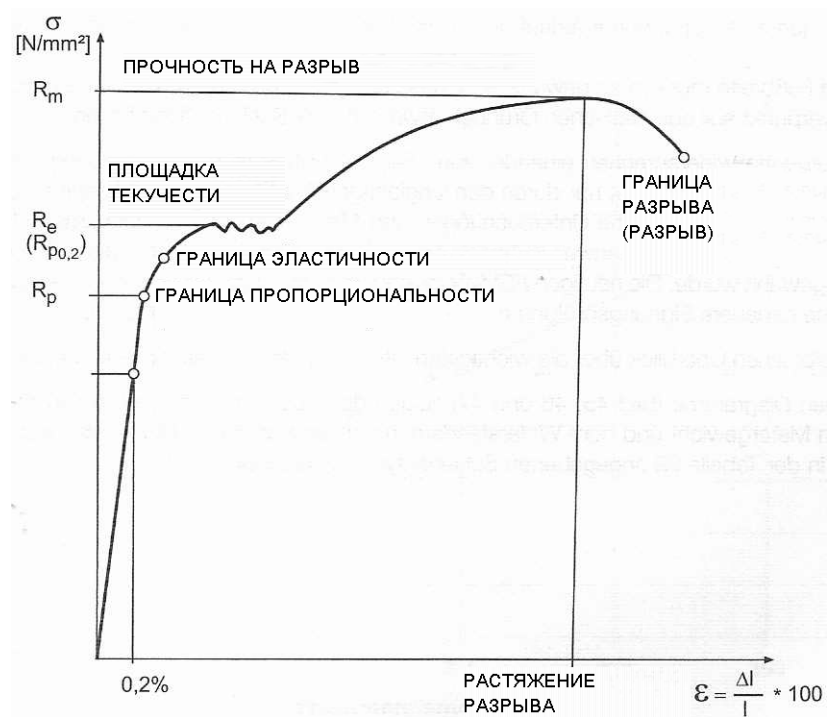


Рисунок 3.1 - Схематичне подання діаграми: напруга-розтягування.

4 ВИМОГИ, ЩО ПРЕД'ЯВЛЯЮТЬСЯ ДО ВЕРХНЬОЇ БУДОВИ КОЛІЇ І ДО РЕЙОК В УКРАЇНІ

Рейки (від мн. ч. англ. rails — від лат. regula — пряма палиця) — сталеві балки спеціального перерізу, що укладаються на шпалах або інших опорах для утворення колії, яким переміщається рухомий склад залізничного транспорту[1], міських залізниць, спеціалізований склад у шахтах, кар'єрах, кранове обладнання тощо.

Крім того, полегшені рейки використовуються у кінематографії для пересування операторських візків. Винайдені древніми римлянами, початкова ширина між ними становила 143,5 см. Рейки служать для спрямування коліс при їх русі, безпосередньо сприймають і пружно передають тиск від коліс на елементи верхньої будови колії, що знаходяться нижче. На ділянках з електричною тягою рейки є провідниками зворотного силового струму, а на ділянках з автоблокуванням — провідниками сигнального струму.

Рейки для залізничного транспорту виготовляються із вуглецевої сталі. Якість рейкової сталі визначається її хімічним складом, мікроструктурою та макроструктурою.

Вуглець підвищує твердість та зносостійкість сталі. Однак великий вміст вуглецю, за інших рівних умов, робить сталь крихкою, хімічний склад при підвищенні вмісту вуглецю повинен витримуватися жорсткіше, особливо щодо шкідливих домішок. Легуючі добавки типу марганцю підвищують твердість, зносостійкість та в'язкість сталі. Кремній збільшує твердість та зносостійкість. Миш'як збільшує твердість та зносостійкість сталі, але у великих кількостях зменшує ударну в'язкість. Ванадій, титан, цирконій — мікролегуючі добавки, що покращують структуру та якість сталі..

Фосфор і сірка є шкідливими домішками, що підвищують крихкість сталі. Великий вміст фосфору робить рейки холодноламкими, великий вміст сірки — червоноламкими (утворюються тріщини при прокаті.).

Мікроструктура рейкової сталі є пластинчастим перлітом з прожилками фериту на межах перлітових зерен. Твердість, опір зносу і в'язкість досягається

наданням сталі однорідної сорбітної структури за допомогою термічної обробки шляхом поверхневого (на 8-10 мм) загартування головки або об'ємного загартування рейки. Об'ємнозагартовані рейки мають підвищену зносостійкість та довговічність. Макроструктура рейкової сталі має бути дрібнозернистою, однорідною, без порожнеч, неоднорідностей та сторонніх включень.

Форма рейок змінювалася згодом. Існували кутові, грибоподібні, двоголові, широкопідшовні рейки. Сучасні широкопідшовні рейки складаються з голівки, підшви та шийки, що з'єднує голівку з підшовою. Поверхня катання робиться опуклою передачі тиску коліс по вертикальній осі рейки. Поєднання поверхні катання з бічними (вертикальними) гранями головки робиться по кривій радіусом, близьким до радіусу викружки гребеня колеса. Поєднання головки і підшви з шийкою рейки робиться особливо плавним, а шийка рейки має криволінійні контури, що забезпечує найменшу концентрацію місцевих напруг. Підшви рейки надають достатньої ширини для забезпечення бічної стійкості рейки та достатньої площі опори для кріпильних накладок.

Довжина стандартної залізничної рейки, виробленої рейкопрокатними заводами, становить 12,5; 25,0; 50,0 та 100 метрів. Для укладання на внутрішніх нитках кривих ділянок колії випускаються укорочені рейки. Довжина безстикових плітей («оксамитовий шлях») зазвичай знаходиться в межах від 400 м до довжини перегону. Використання більш довгих рейок і зварених рейкових плітей знижує опір руху поїздів, зменшує знос рухомого складу та витрати на утримання колії. При переході на безстикову колію опір руху поїздів зменшується на 5—7 %, економиться близько чотирьох тонн металу на кілометр шляху за рахунок відсутності стикових скріплень.

Основною характеристикою рейки, що дає уявлення про її "потужність", є маса одного погонного метра рейки в кілограмах. При виборі типу рейки враховується вантажнапруженість лінії, осьове навантаження, швидкість руху поїздів. Більш важка рейка розподіляє тиск коліс рухомого складу на більшу кількість шпал, внаслідок чого уповільнюється їх механічне зношування, зменшується стирання та подрібнення частинок баласту. При збільшенні маси

					0053 –175462– ДП – 2018 - 001	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Підпись	Дата		32

рейок зменшується витрата металу на одиницю тоннажу, що пропускається, скорочуються витрати по заміні рейок через збільшення терміну їх служби.

В Україні виробництво залізничних рейок, призначених для ланкової та безстикової колії залізниць та для виробництва стрілочних переводів, регламентується.

Рейки залізничні поділяють:

- **по типам:**
 - Р50; 1 м = 50 кг
 - Р65; 1 м = 65 кг
 - UIC60; 1 м = 60 кг
- **за категоріями якості:**
 - В - рейки термозміцнені вищої якості;
 - Т1, Т2 - рейки термозміцнені;
 - А - вагостійкі;
 - Н - рейки нетермозміцнені;
- **за наявності болтових отворів:**
 - з отворами на обох кінцях;
 - без отворів;
- **за способом виплавки сталі:**
 - М - з мартенівської сталі,
 - К - з конвертерної сталі;
 - Е - з електросталі;
- **на вигляд вихідних заготовок:**
 - із злитків;
 - із безперервно-литих заготовок (НЛЗ);
- **за способом протифлокінної обробки:**
 - із вакуумованої сталі;
 - ті, що пройшли контрольоване охолодження;
 - ті, що пройшли ізотермічну витримку.

Конструкція та розміри

Форма та основні (контрольовані) розміри поперечного перерізу рейок повинні відповідати наведеним на рисунку 4.1 та у таблиці 1. Допустимі

					0053 –175462– ДП – 2018 - 001	Лист
						33
Изм.	Лист	№ докум.	Підпись	Дата		

відхилення контрольованих розмірів та форми поперечного перерізу рейок повинні відповідати значенням, зазначеним у таблиці 2.

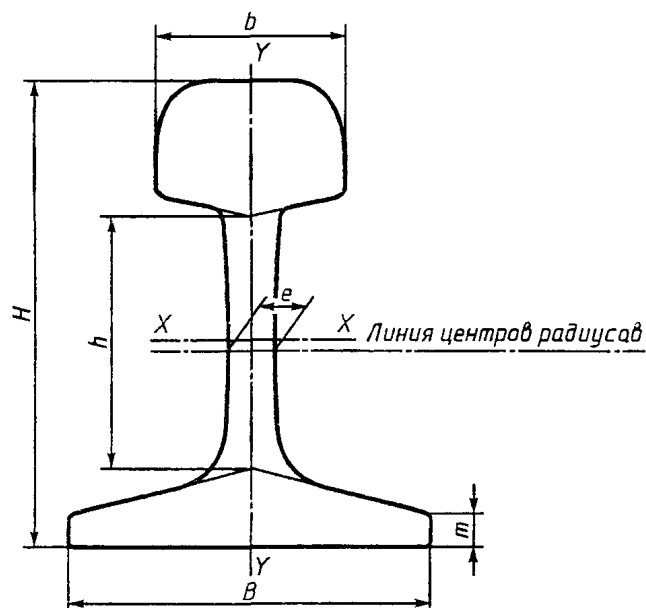


Рисунок 4.1 – Основні розміри поперечного перерізу рейки

Таблиця 4.1 - Значення розміру типу рейки

Найменування розміру поперечного перерізу	Значення розміру типу рейки			
	P50	P65	P65K	P75
Висота рейки H	152	180	181	192
Висота шийки h	83	105	105	104,4
Ширина головки b	72	75	75	75
Ширина підшви B	132	150	150	150
Товщина шийки e	16	18	18	20
Висота пера t	10,5	11,2	11,2	13,5

Таблиця 4.2 - Допустиме відхилення розміру та форми поперечного перерізу для типу та категорії рейки

найменування показника	Допустиме відхилення розміру та форми поперечного перерізу для типу та категорії рейки					
	P50		P65, P75		P65K	
	B	T1, T2, H	B	T1, T2, H	B	T1, T2, H
Ширина головки b	$\pm 0,4$	$\pm 0,5$	$\pm 0,4$	$\pm 0,5$	$\pm 0,4$	$\pm 0,5$
Ширина підшви B	$\pm 0,8$	$\pm 1,0$	$\pm 0,8$	$+ 1,0$ $- 1,5$	$\pm 0,8$	$+ 1,0$ $- 2,0$
Товщина шийки e	$\pm 0,4$	$+ 0,8$ $- 0,5$	$\pm 0,4$	$+ 0,8$ $- 0,5$	$\pm 0,4$	$+ 0,8$ $- 0,5$
Висота рейки H	$+ 0,6$	$+ 0,8$	$\pm 0,6$	$\pm 0,8$	$\pm 0,6$	$+ 1,3$

найменування показника	Допустиме відхилення розміру та форми поперечного перерізу для типу та категорії рейки					
	P50		P65, P75		P65K	
	B	T1, T2, H	B	T1, T2, H	B	T1, T2, H
	- 0,5	- 0,5				- 1,0
Висота пера t	$\pm 0,5$	$+ 1,0$ $- 0,5$	$\pm 0,5$	$+ 1,0$ $- 0,5$	$\pm 0,5$	$\pm 1,0$
Висота шийки рейки h	$+ 0,3$ $- 0,5$		$+ 0,3$ $- 0,7$			
Відхилення форми поверхні катання головки від номінальної (по осі симетрії)	$\pm 0,3$	$\pm 0,5$	$\pm 0,3$	$\pm 0,5$	Не нормується	
Випуклість підшви (рівномірна)	0,3	0,5	0,3	0,5	0,3	0,5
Увігнутість підшви	Не допускається					
Відхилення профілю від симетричності (асиметричність)	$\pm 1,0$	$\pm 1,2$	$\pm 1,0$	$\pm 1,3$	$\pm 1,0$	$\pm 1,3$

Розміри рейок, які використовуються для побудови прокатних калібрів і не контролюються на готових рейках, встановлені у додатку А.

Розташування, кількість та діаметр болтових отворів у шийці на кінцях рейок повинні відповідати наведеним на рисунку 2 та в таблиці 3.

За погодженням сторін рейки можуть бути виготовлені з іншим розташуванням, кількістю та діаметром болтових отворів.

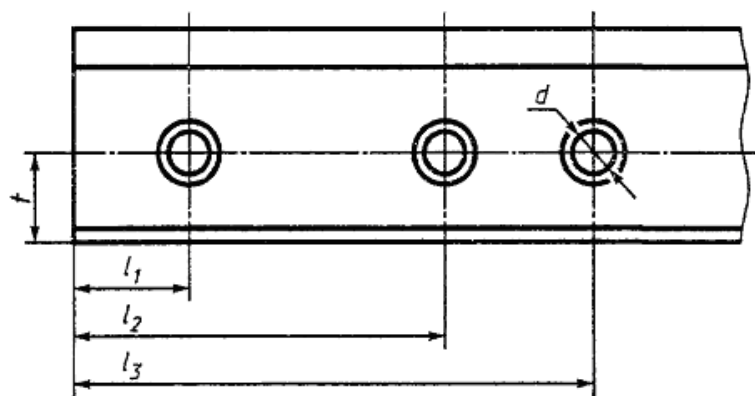


Рисунок 4.2 - Розташування болтових отворів

Таблиця 4.3- Відхилення для рейки, що допускається

Тип рейки	Значення розміру					Допустиме відхилення для рейки категорії	
	d	t	l_1	l_2	l_3	В	T1, T2, Н
P50	34	68,5	66	216	356	$\pm 0,8$	$\pm 1,0$
P65, P65K	36	78,5	96	316	446		
P75	36	80,4	96	316	446		

Примітка – Розмір t наведено для налаштування свердлильних агрегатів; на готових рейках його не контролюють.

Болтові отвори мають бути перпендикулярні до вертикальної поздовжньої площини рейки.

На кромках болтових отворів має бути фаска шириною від 1,5 до 3,0 мм під кутом близько 45° .

Довжина та допустимі відхилення довжини рейок повинні відповідати наведеним у таблиці 4.4

Таблиця 4.4 - Довжина та допустимі відхилення довжини рейок

Довжина рейки, м	Допустиме відхилення довжини рейки, мм, для категорії				Наявність болтових отворів
	В	T1	T2	Н	
25,00	± 10	± 20			Без отворів
25,00 24,92 24,84	± 4	± 9	± 15	± 6	З отворами
12,52 12,50 12,46 12,42 12,38		± 7	± 10		

Примітка - Довжина рейок встановлена для умов

					0053 –175462– ДП – 2018 - 001	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Підпись	Дата		36

Довжина рейки, м	Допустиме відхилення довжини рейки, мм, для категорії				Наявність болтових отворів
	В	T1	T2	Н	

вимірювання на приймальному стелажі підприємства-виробника.

За погодженням сторін рейки виготовляють іншої довжини.

Косина торців не повинна бути більше, мм:

0,5 – для рейок категорії В;

1,0 - для рейок категорій T1, T2 та Н.

Прямолінійність рейок

Стріла прогину рейок у горизонтальній та вертикальній площинах при рівномірній кривизні по всій довжині не повинна перевищувати:

1/2500 довжини рейки категорії В;

1/2200 довжини рейки категорій T1, T2 та Н.

Відхилення рейок від прямолінійності по поверхні катання головки у вертикальній площині та по бічній грані головки у горизонтальній площині на базовій довжині 1,5 м при вимірі по хорді не повинні відповідно перевищувати, мм:

0,3 та 0,5 - для рейки категорії В;

0,6 та 0,8 - для рейки категорій T1, T2 та Н.

Відхилення кінців рейок від прямолінійності у вертикальній та горизонтальній площинах на базовій довжині 1,5 м не повинні перевищувати значень, зазначених у таблиці 4.5.

Таблиця 4.5 - Відхилення кінців рейок від прямолінійності

Напрямок відхилення (метод виміру)	Відхилення від прямолінійності рейки, мм, не більше, для категорії			
	В	T1	T2	Н
Вгору (по хорді)	0,5	0,7	0,8	0,8
Вниз (по дотичній)	Не допускається	0,2	0,2	0,2
По горизонталі (по хорді)	0,5	0,5	1,0	0,5

					0053 –175462– ДП – 2018 - 001	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Підпись	Дата		37

Поверхня торців рейок повинна бути без рванин, слідів усадки у вигляді розшарування та тріщин. Задирки та напливи металу на кромках торців повинні бути видалені.

Допускається на кромках торців рейок знімати фаски шириною, мм:

до 3 - по контуру головки та шийки;

до 5 – за контуром підшви.

На термозміцнених рейках з болтовими отворами зняття фаски по верхній і нижній край головки на торцях рейок обов'язково.

Поверхня болтових отворів повинна бути без рванин, задир, гвинтових слідів від свердління та слідів усадки у вигляді розшарування та тріщин.

Механічні властивості рейок при випробуванні на розтяг та ударний вигин повинні відповідати нормам, зазначеним у таблиці 4.6..

Таблиця 4.6 – Механічні властивості рейок

Категорія рейки	Тимчасовий опір, Н/мм ² (кгс/мм ²)	Межа плинності, Н/мм ² (кгс/мм ²)	Відносне подовження, %	Відносне звуження, %	Ударна в'язкість КСУ, Дж/см ² (кгс·м/см ²)
	не менее				
В	1290 (132)	850 (87)	12,0	35,0	15 (1,5)
T1	1180 (120)	800 (82)	8,0	25,0	25 (2,5)
T2	1100 (112)	750 (76)	6,0	25,0	15 (1,5)
Н	900 (92)	-	5,0	-	-

Твердість термозміцнених рейок повинна відповідати нормам, зазначеним у таблиці 4.7.

Таблиця 4.7 – Твердість рейки для категорії

Місце визначення твердості	Твердість рейки для категорії		
	В	T1	T2
На поверхні катання головки	363 - 401	341 - 401	321 - 401
На глибині 10 мм від поверхні катання головки	Не менше 341	Не менше 341	Не менше 321

					0053 –175462– ДП – 2018 - 001	Лист
						38
Изм.	Лист	№ докум.	Підпись	Дата		

Місце визначення твердості	Твердість рейки для категорії		
	В	T1	T2
На глибині 22 мм від поверхні катання головки		Не менше 321	Не менше 300
У шийці та підшві	Не більше 388		

Різниця значень твердості на поверхні катання однієї рейки має перевищувати 30 НВ.

У термозміцнених рейках не допускаються залишкові напруги, що призводять до розходження паза на торці проби, мм, більше:

2,0 – для рейок категорії В;

2,5 – для рейок категорії T1;

3,0 – для рейок категорії T2.

Мікроструктура металу головки термозміцнених рейок повинна являти собою дрібнодисперсний пластинчастий перліт (троостосорбіт або сорбіт гарту). Допускаються дрібні розрізнені ділянки фериту.

На вимогу споживача поверхня головки рейок категорії Н на кінцях піддають термозміцненню.

5 АДАПТАЦІЯ ВИМОГ ВЕРХНЬОЇ БУДОВИ КОЛІЇ ТА РЕЙОК НА ЗАЛІЗНИЦЯХ УКРАЇНИ ДО НОРМ ЄВРОПЕЙСЬКОГО СОЮЗУ

Директива (ЄС) 2016/797 визначає підсистеми, структурні або функціональні, що входять до складу залізничної системи Європейського Союзу

Технічні специфікації на сумісність (TSI) визначають технічні та експлуатаційні стандарти, які мають виконуватися кожною підсистемою або частиною підсистеми для задоволення основних вимог та забезпечення сумісності залізничної системи Європейського Союзу.

TSI класифікуються в основному за типом лінії:

- Навантаження на вісь,
- Швидкість лінії,
- Довжина поїзда,
- Корисна довжина платформи.

Стовпці для «навантаження на вісь» повинні розглядатися як мінімальні вимоги, оскільки вони безпосередньо відповідають поїздам, які можуть працювати.

Таблиця 5.1 – Параметри для вантажних ліній Євросоюзу

Лінія	Категорія	Осьове навантаження (т)	Швидкість (км/ч)	Довжина поїзда (м)
F1	GC	22.5	110-120	740-1050
F2	GB	22.5	110-120	600-1050
F3	GA	20	60-120	500-1050
F4	G1	18	n.a	n.a
F1520	S	25	50-120	1050
F1600	IRL1	22.5	50-120	150-450

Як видно з таблиці 5.1 на шляху (F1520) осьове навантаження - 25 т.

В Україні осьове навантаження складає 22,5т.

Проведемо розрахунки та спробуємо адаптувати осьове навантаження на колії завширшки 1520 мм на залізницях України.

Основними завданнями практичних інженерних розрахунків колії на міцність є:

- Визначення динамічного прогину рейки під впливом динамічного поїзного навантаження;
- Визначення внутрішніх силових факторів і напруг, що виникають у головних конструкціях верхньої будови колії: згинальних моментів і поперечних сил у рейках, сил тиску рейок на опори та шпал на баласт;
- визначення напруг від вигину та кручення в рейках, стискаючих напруг у шпалах під підкладкою, напруг стиснення в баласті під шпалами та напруг стиснення на основному майданчику земляного полотна під баластом;
- Визначення умов дотримання допустимої міцності в елементах верхньої будови колії під впливом на них поїзного навантаження. (ЦП-117)

У нашому випадку необхідно розглянути напруги в підшві та головці рейки.

5.1 Визначення динамічного навантаження від одиночного колеса на рейку

За розрахункове динамічне навантаження приймається максимальне можливе значення від сукупності впливу постійної статичної та змінних динамічних сил:

$$P_{розр} = P_{\max}^{im} = \bar{P} + \lambda_{\phi} \cdot S ,$$

Результати натурних випробувань різних типів рухомого складу показали, що розподіл середнього квадратичного відхилення динамічного вертикального навантаження колеса на рейку підпорядковується закону Гауса.

Багаторічний досвід розрахунків верхньої будови колії на міцність підтверджує правильність вибору прийнятої в попередній редакції "Правил" ймовірності виникнення рівної 0,994 (тобто з 1000 випадків проходження колеса у розрахунковому перерізі лише у 6 випадках можливе перевищення). Тому в даній

					0053 –175462– ДП – 2018 - 001	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Підпись	Дата		41

редакції "Правил" зберігається ця ймовірність 0,994, при цьому нормуючий множник береться рівним $= 2,5$.

Середнє значення динамічного навантаження визначається за формулою:

$$\bar{P} = P_{ст} + \bar{P}_p$$

де $P_{ст}$ - статичний тиск колеса на рейку (береться з паспортних даних рухомого складу);

$\bar{P}_p$ - середнє значення сили інерції, що викликається коливаннями надресорної частини екіпажу;

Умовно сприймається, що середнє значення цієї сили інерції становить три чверті від максимального значення:

$$\bar{P}_p = 0,75 P_p^{\max},$$

Максимальне динамічне навантаження колеса на рейку від вертикальних коливань надресорної частини екіпажу визначається одним із таких способів.

Динамічне навантаження від колеса на рейку з використанням емпіричних залежностей динамічних прогинів ресора підвішування від швидкостей руху визначається за формулою:

$$P_p^{\max} = \mathcal{K}_p Z_{\max}$$

де $\mathcal{K}_p$ - жорсткість ресорного підвішування візка, приведена до одного колеса;

$Z_{\max}$ - максимальний динамічний прогин ресор.

Значення для різних типів рухомого складу наведено в таблиці технічних характеристик рухомого складу (у табл. Значення для різних типів рухомого складу наведено в табл.

					0053 –175462– ДП – 2018 - 001	Лист
						42
Изм.	Лист	№ докум.	Підпись	Дата		

Таблиця 5.2 - Прогини ресорної підвіски

Тип рухомого складу	$Z_{\max}$, м
Електровоз ВЛ 8	$10,9 \cdot 10^{-3} + 9,6 \cdot 10^{-3} \cdot V^2$
Тепловози ТЭМ1, ТЭМ2, ТЭЗ, 2ТЭ10Л, ТЭП60, 2ТЭ116	$7,9 \cdot 10^{-3} + 8,0 \cdot 10^{-3} \cdot V^2$
Вантажні вагони:	$9,5 \cdot 10^{-3} + 9,0 \cdot 10^{-3} \cdot V^2$
8- осні з базою візка 3200 мм	$10,0 \cdot 10^{-3} + 16 \cdot 10^{-3} \cdot V^2$
4- осьові на теліжках ЦНИИ-ХЗ	$15 \cdot 10^{-3}$
Маневрові тепловози, колійні машини	

5.2 Визначення напруг та деформацій в елементах верхнього шляху

При практичних розрахунках шляху на міцність визначаються: напруга від вигину та кручення в рейках (в голівці стгол і підшві стпід) стискаючі напруги в шпалах під підкладкою ош; напруги стиснення в баласті під шпалами оБ та напруги стиснення на основному майданчику земляного полотна під баластом оН.

Напруга в зоні контакту колеса та рейки (місцеві контактні напруження) у практичних розрахунках не визначаються (вони розраховуються за окремою методикою та враховуються при проектуванні профілю рейки та виборі матеріалу для її виготовлення). Не визначаються в практичних розрахунках і напруга вигину та шпал, які також розраховуються за окремою методикою при проектуванні шпал.

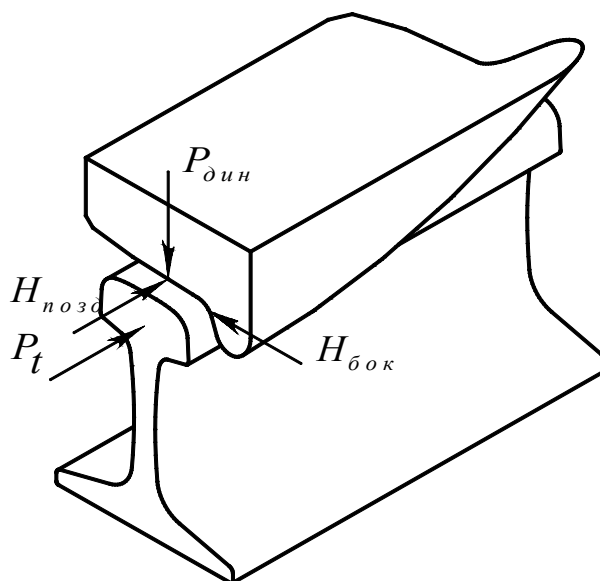


Рисунок 5.1 - Схема діючих сил на рейку

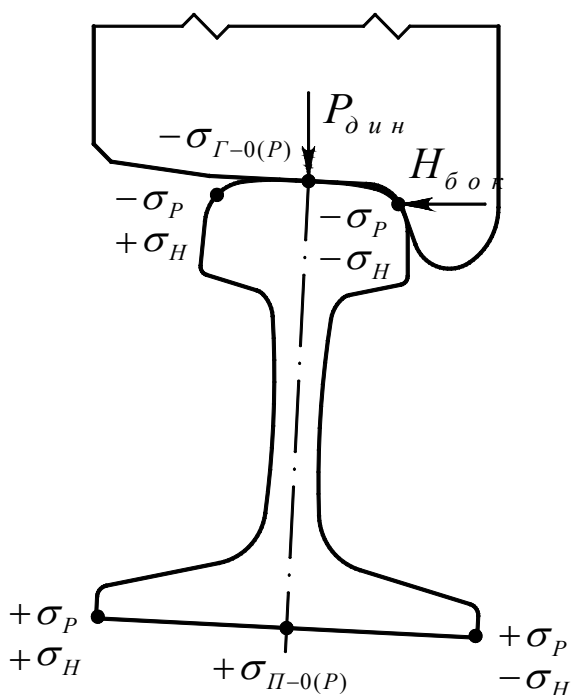


Рисунок 5.2 – Схема розподілу напруги в рейці від дії сил розподілу напруги в рейці $P_{дин}$ та $H_{бок}$

Відповідно до схеми діючих на рейку сил (рис.), найбільші напруги при згинанні рейки у вертикальній та горизонтальній площинах виникають у найбільш віддалених точках від центральних (вертикальній та горизонтальній) осей поперечного перерізу рейки, за якими є кромки підшви та головки рейки.

Изм.	Лист	№ докум.	Підпись	Дата

Саме тому в практичних розрахунках визначаються напруги в кромках головки $\sigma_{к-х}$ і $\sigma_{к-п}$ (рис.).

Напруга визначаються від впливу згинального моменту у вертикальній площині, дія горизонтальних сил та позацентрове застосування вертикального навантаження здійснюється запровадженням спеціальних коефіцієнтів (відповідно до передумов до правил практичних розрахунків колії на міцність).

Напруга ($\sigma_{п-о}$) в рейках (по осі головки та підшви) від дії згинального моменту визначається за формулами:

$$\sigma_{п-о} = \frac{M_{дин}}{W_n}, \quad \sigma_{г-о} = \frac{M_{дин}}{W_g}$$

Напруга ($\sigma_{п-к}$) в кромках підшви рейки від вигину та кручення знаходиться за формулою:

$$\sigma_{п-к} = f \cdot \sigma_{п-о}$$

Напруга ($\sigma_{г-к}$) в кромках головки рейки від вигину та кручення знаходяться за формулою:

$$\sigma_{г-к} = m_{г-к} \cdot \sigma_{п-о}$$

Коефіцієнт f враховує дію горизонтальних поперечних сил та позацентрове застосування вертикального навантаження. Коефіцієнти f розраховані експериментально і знаходяться з довідкових таблиць залежно від типу рухомого складу та плану лінії.

5.3 Допустима напруга в рейках

Для безстикової колії, при розрахунку яких на міцність аналітично враховується вплив температурних напруг за фізично допустимі напруги в рейках приймаються напруги вигину, що допускаються в рейках при роботі на витривалість. Приймається $\sigma_r = 350$ МПа - для незагартованих рейок типів Р50 і Р65, $\sigma_r = 380$ МПа для загартованих рейок типу Р50 і Р65, $\sigma_r = 400$ МПа для рейок типів Р60, Р65.

Для ланкової колії безпосередньо розрахунком не враховуються температурні сили і температурні напруги, тому величина допустимої фізичної напруги для рейок ланкової колії знижується щодо прийнятих допустимих напруг для рейок безстикової колії на величину температурних напруг.

Таким чином допустимі напруги в рейках визначаються за формулами:

для безстикової колії:

$$[\sigma_p]_{\sigma_k} = \sigma_r$$

для ланкової колії:

$$[\sigma_p]_{np} = \frac{\sigma_r - \sigma_t}{K_n}$$

Умова міцності ланкової рейкової колії має вигляд:

$$\sigma_{k-n}^{розр} \leq [\sigma_p]_{np}$$

$$\sigma_{k-z}^{розр} \leq [\sigma_p]_{np}$$

Таблиця 5.3 – Допустима напруга в рейках до пропуску нормативного
тоннажу

	P50		UIC60, P65	
	н/з	з	н/з	з
1	2	3	4	5
Ємний опір σ_{ϵ}	860	960	900	1180
Умовна межа витривалості при роботі на згинальні деформації σ_r	350	380	350	400
Допустимі напруги в рейках безстикової колії $[\sigma_p]_{б.к.}$	350	380	350	400
Допустимі напруги в рейках ланкової колії $[\sigma_p]_{л.р.}$ (при $l_{np} \leq 25$ м)	215	240	215	255

5.4 Аналіз напруг у рейках при навантаженні 25 т

Були проведені розрахунки напруги від дії вагона (25 т).

Після розрахунку побудовано графіки:

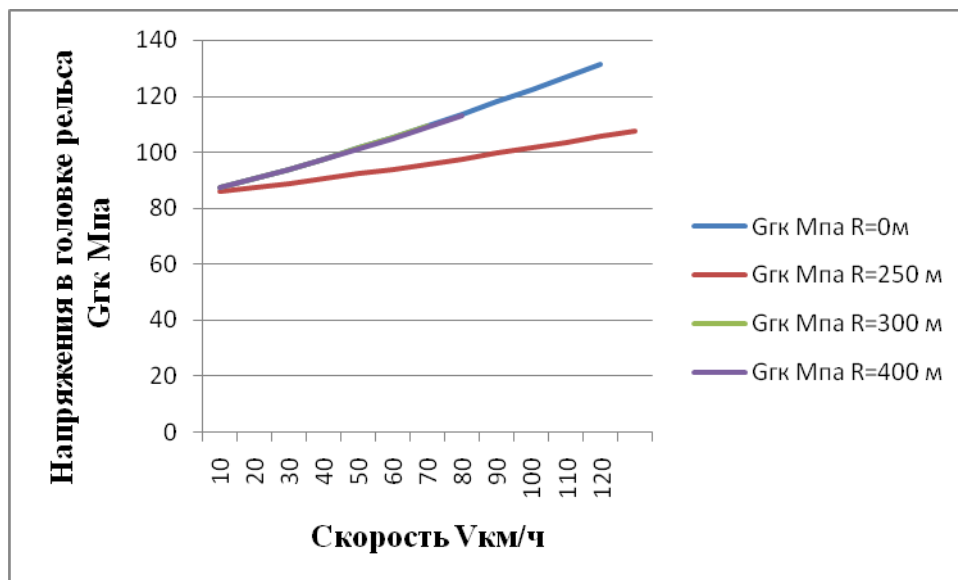


Рисунок 5.3 – Графік залежності напруги в кромці головки рейки від швидкості

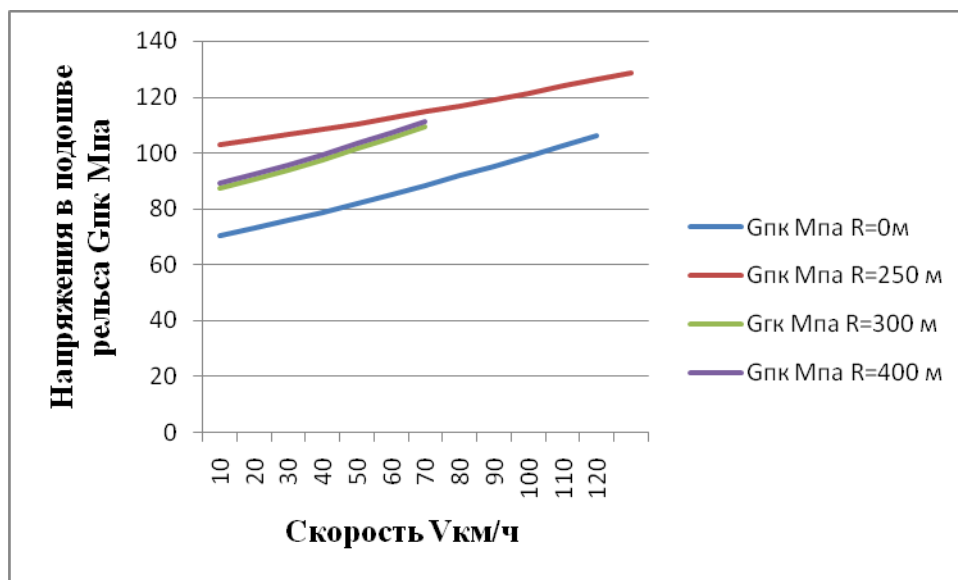


Рисунок 5.4 – Графік залежності напруги в кромці підшви рейки від швидкості

Аналізуючи графіки можна дійти висновку, що напруги від навантаження на вісь в 25 т не перевищують допустимих. Значить основні вимоги та забезпечення сумісності залізничної системи Європейського Союзу та Українських залізниць забезпечується. Можна в Україні запроваджувати норми Європейського союзу з розглянутого питання.

5.5 Зв'язок нормативів утримання колії з нормативами утримання рухомого складу

Для визначення взаємодії колеса рухомого складу з рейкою розглянуті геометричні параметри колеса, стрілочного переводу та переїздного настилу з допусками в утриманні України та Європейського союзу.

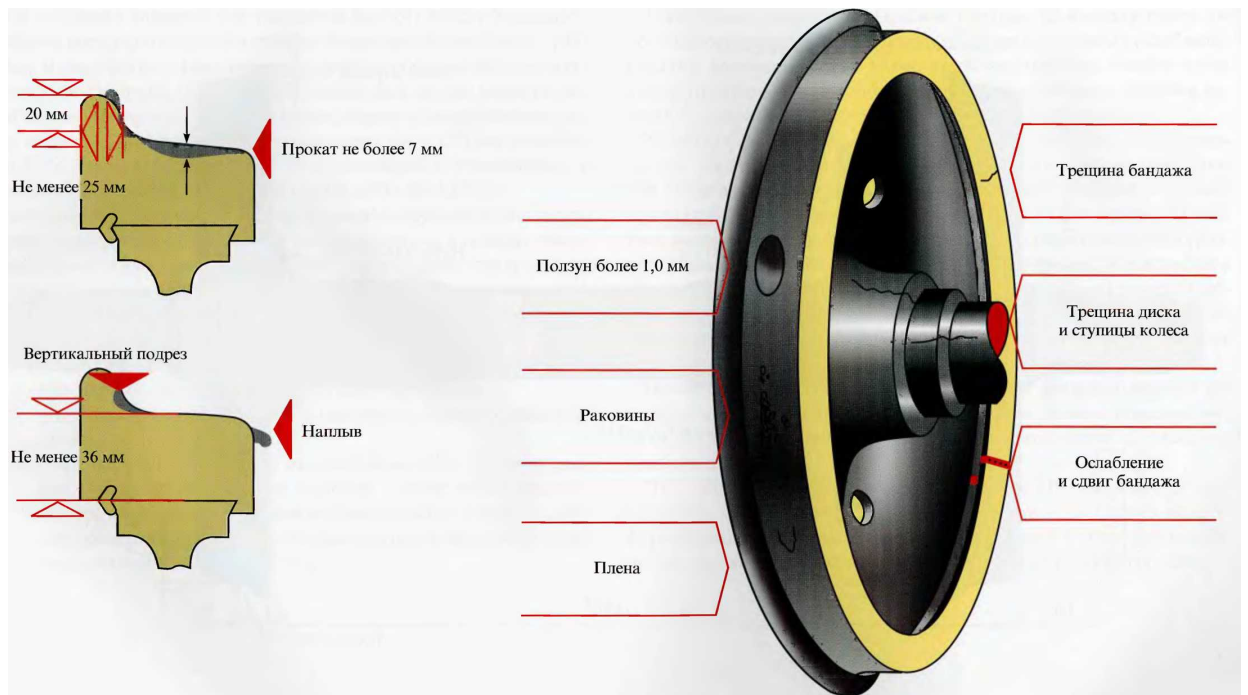
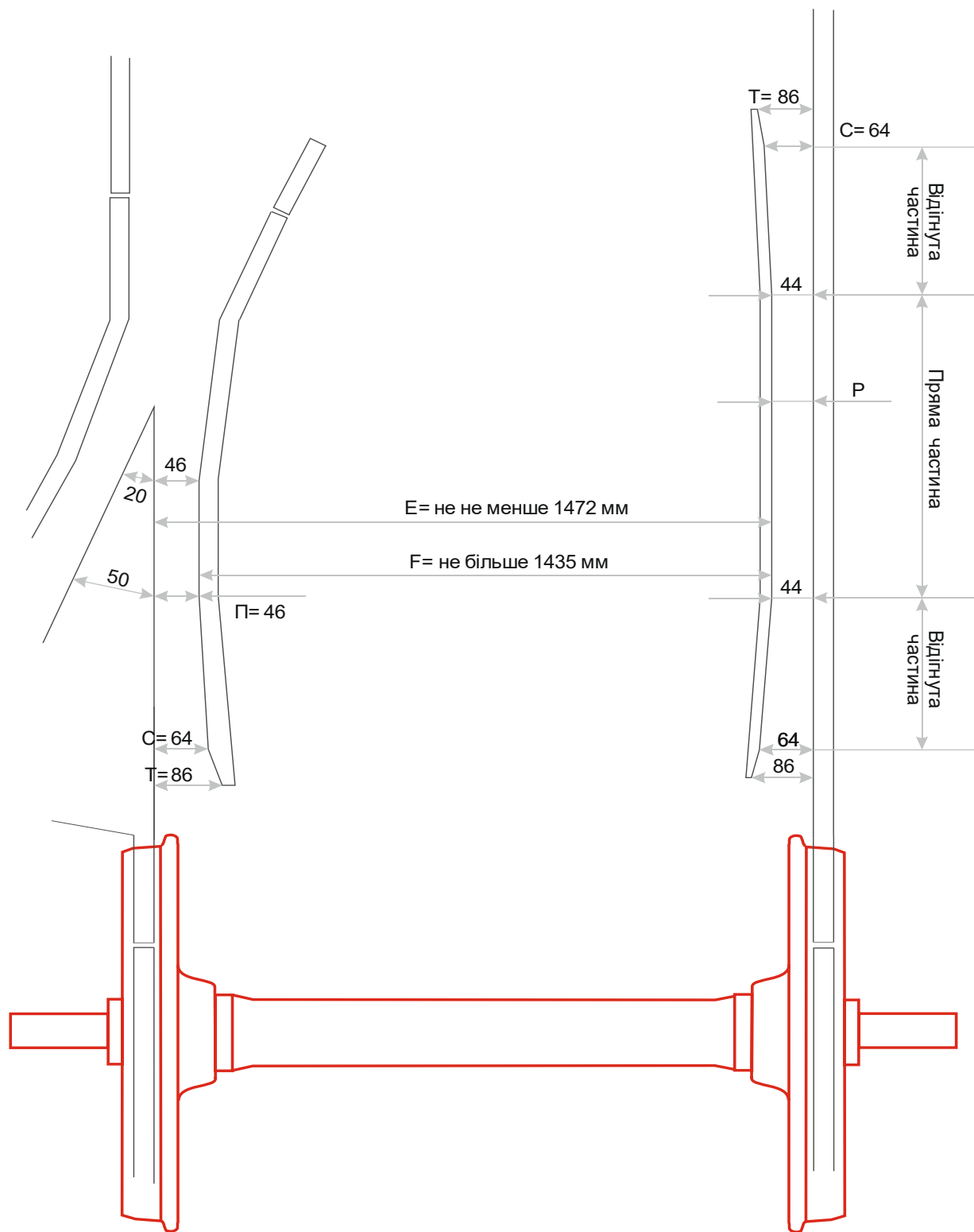


Рисунок 5.5 – Граничні допуски по утриманню колеса рухомого складу

Найбільш складним вузлом стрілочного перекладу є зона хрестовини. У зоні «жорстких» хрестовин основним елементом, що забезпечує безпеку руху поїздів, є контррейка, яка запобігає набігу коліс на вістря сердечника та їх направлення в жолоб іншого напрямку руху. У той же час, контррейка є до певної міри «шкідливим» елементом, тому що в її частині ударяються гребені коліс і відбувається примусове зміщення колісних пар поперек колії. Це призводить до розладу хрестовинної зони, а в окремих випадках до залишкових деформацій вузла. Плавність руху при мінімумі ударів неробочих граней коліс у напрямні частини контррейок та усовиків забезпечується відповідними розмірами жолобів які наведені на рисунку 5.6, та з допусками в утриманні в таблиці 5.4.

Рисунок 5.6 – Розміри жолобів
Хрестовинний блок



Таблиця 5.4 – Норми ширини жолобів і допуски їх утримання хрестовин стрілочних переводів

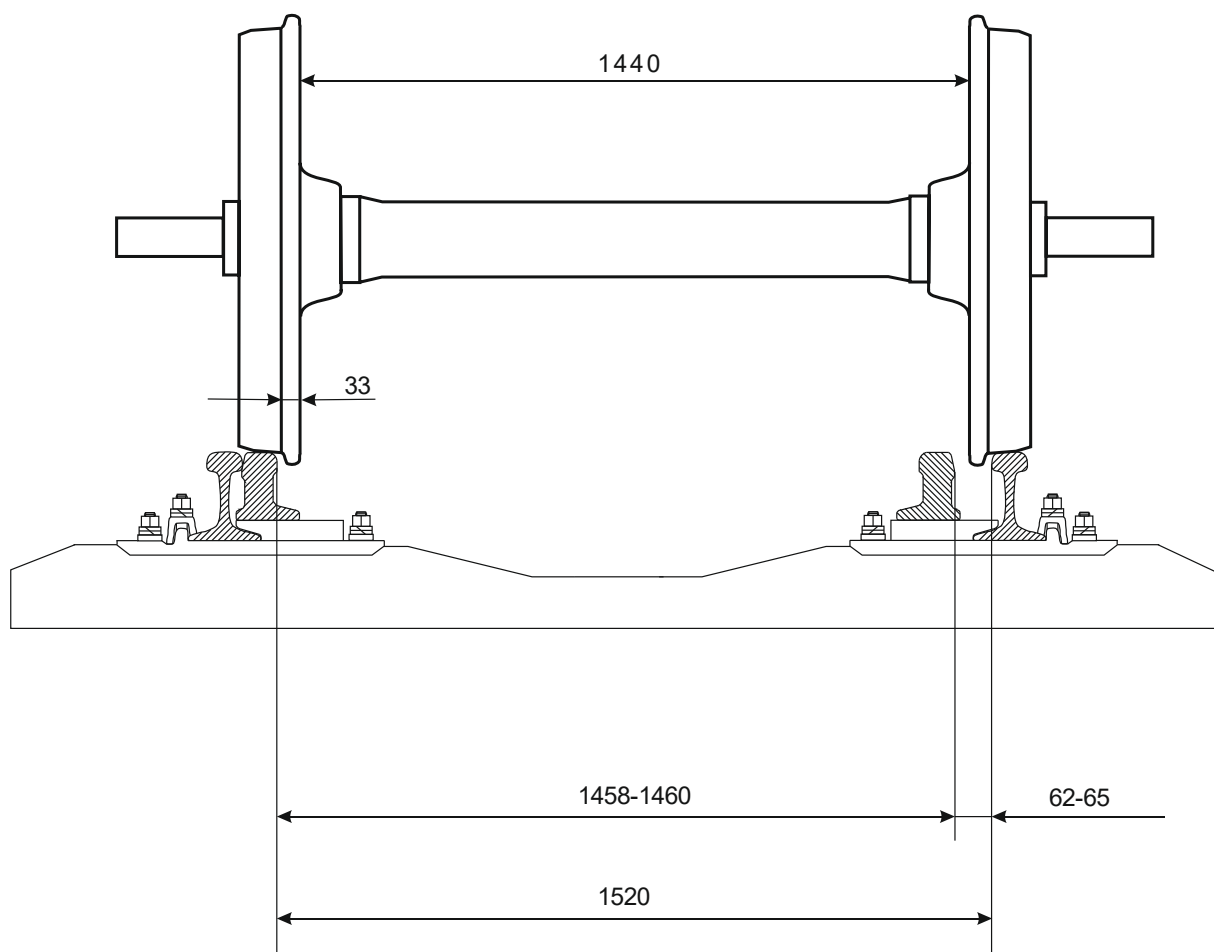
Місце вимірювання ширини жолобів	Норма ширини жолоба, мм	Допустимі відхилення від нормативної ширини жолобів, мм	
		у бік збільшення	у бік зменшення
Горло гострої хрестовини: жорсткої (с)	64	+6	-2
з рухомим осердям (с) Дн060	139	+6	-2
Дн300, Дн400	137	+6	-2
У прямій частині контррейки гострої хрестовини (р)	44	+3	-2
У прямій частині вусовика від перерізу осердя 20 мм до перерізу 50 мм			
гострої хрестовини (п)	46	+3	-2
теж саме тупої хрестовини (п)	45	+3	-2
На вході у відведену частину контррейки і вусовика гострої та тупої хрестовин (с)	64	+5	-2
На вході в раструб контррейки і вусовика гострої та тупої хрестовин (т) і те ж саме вусовика	86	+6	-2

Таблиця 5.5 – Допуски утримання за шириною колії звичайних і криволінійних стрілочних переводів

Місце виміру	Категорія колії	Допустимі відхилення від нормативної ширини колії, мм	
		у бік збільшення	у бік зменшення
Передній стик рамної рейки	Головні	+6	-3
	Пр.-відпр.	+6	-4
	Інші	+10	-4
Вістря гостряка, корінь прямого гостряка, корінь гостряка бокової колії	Головні	+6	-3
	Пр.-відпр.	+6	-3
	Інші	+10	-3
Середина перевідної кривої	Головні	+10	-3
	Пр.-відпр.	+10	-3
	Інші	+12	-3
З'єднувальні колії прямого напрямку	Головні	+6	-3
	Пр.-відпр.	+6	-4
	Інші	+10	-4
Хрестовина	Головні	+4	-4
	Пр.-відпр.	+4	-4
	Інші	+6	-4

Також в розрахунок взято до уваги жолоб який знаходиться в рамному блоці стрілочного переводу між відведеним гостряком та рамною рейкою. Згідно з «Інструкцією по улаштуванню та утриманню колій залізниць України ЦП-0269» п. 2.10.6 дозволені збільшені допуски за шириною колії в зоні стрілки та зменшені кроки гостряків можуть бути реалізовані в експлуатації за умови забезпечення вільного проходу гребня колеса без натискування неробочою частиною гребеня на неробочу грань відведеного гостряка у зоні мінімального жолоба між гостряком і рамною рейкою, а також у корені гостряка. Для унеможливлення натискання коліс розмір мінімального жолоба між відведеним гостряком і рамною рейкою не повинен бути менше 65-62 мм. При цьому відстань неробочої грані відведеного гостряка до робочої грані притиснутого гостряка в місці найменшого жолоба і в корені гостряка не повинна бути більше 1460-1458 мм.

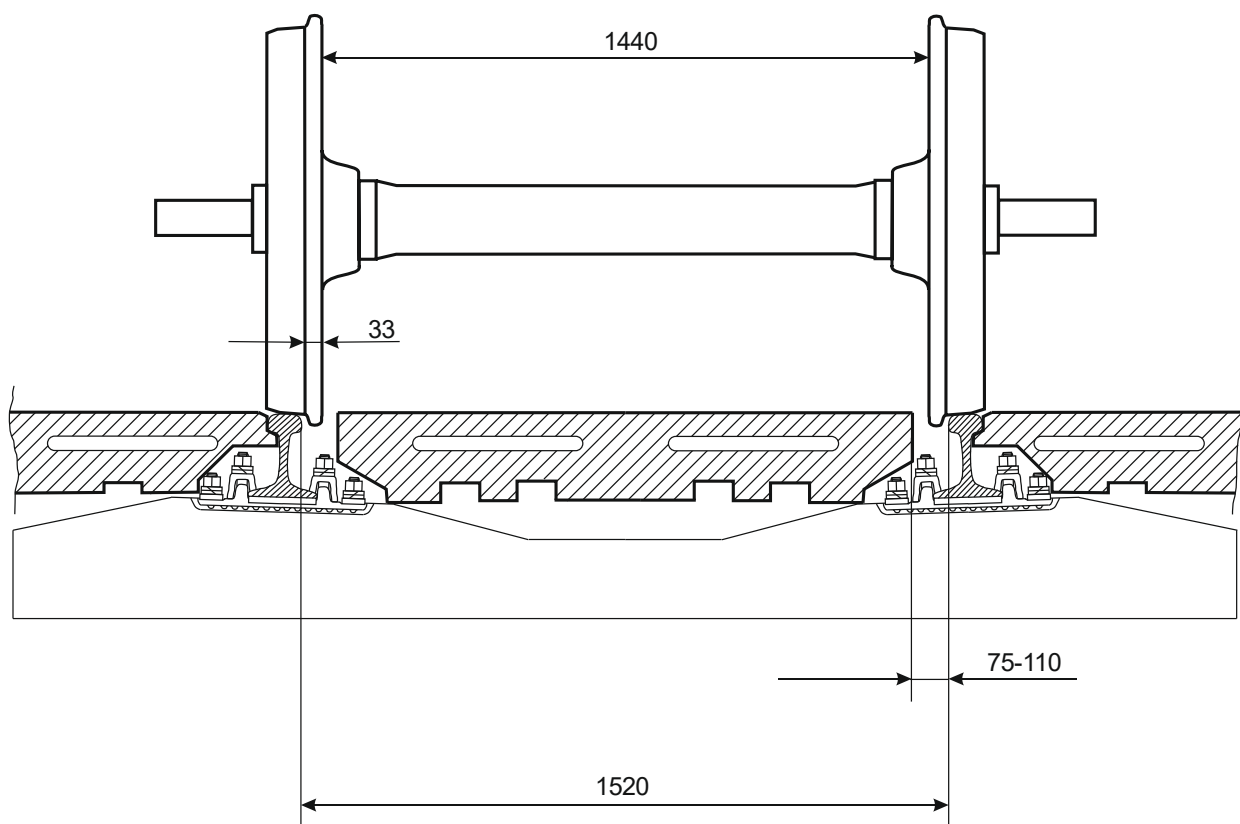
На малюнку показано розміщення коліс рухомого складу в січенні рами при нормальних умовах експлуатації.



Що стосується залізничних переїздів то на сьогодні жодним документом не регламентуються додаткові вимоги утримання ширини колії в зоні настилу. Параметри згідно з ПТЕ приймаються такими ж як і на звичайній колії. Згідно з «Інструкцією з улаштування та експлуатації залізничних переїздів ЦП-0174» п. 3.1.8 для забезпечення безперешкодного проходження реборди коліс рухомого складу залізничного транспорту в межах настилу вкладають контррейки, спеціальні бруси, інші пристосування, при цьому ширина жолоба повинна бути в межах 75-110 мм, глибина не менше 45 мм. Далі на малюнку 5.7 показано переріз залізничного переїзду з геометричними розмірами нормальної експлуатації.

					0053 –175462– ДП – 2018 - 001	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Підпись	Дата		53

Рисунок 5.7 – Переріз залізничного переїзду з геометричними розмірами
нормальної експлуатації



В роботі представлені схематичні зображення геометричної взаємодії рухомого складу при русі по стрілочному переводі та переїзди з граничними допусками в утриманні та виконані розрахунки які наведені в таблиці 5.6.

Technical drawing of a mechanical assembly, likely a shaft-hub connection, showing dimensions in millimeters (mm).

The drawing includes the following dimensions:

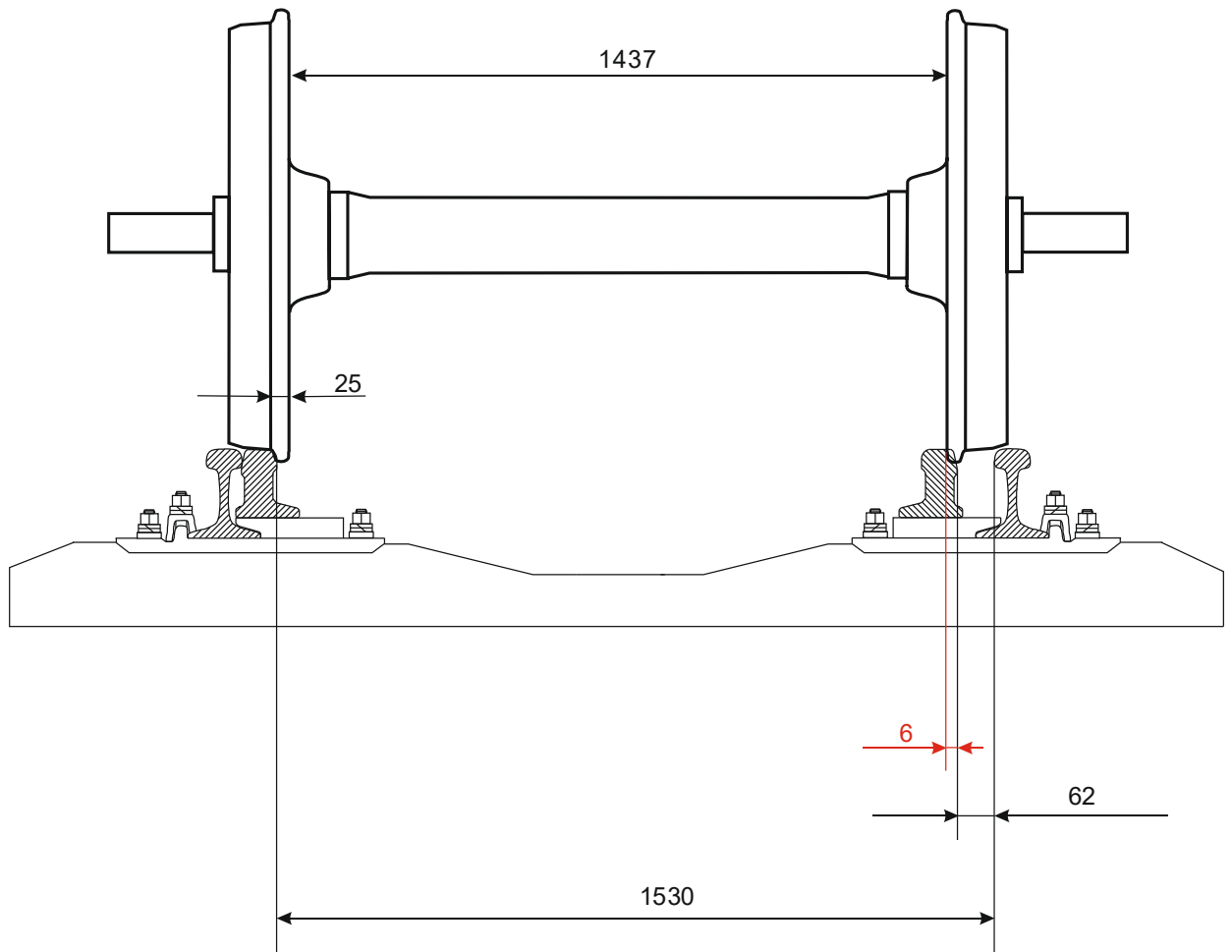
- 1437**: Total length of the shaft.
- 25**: Width of the left flange.
- 62**: Distance from the right flange face to the right end of the shaft.
- 1526**: Total length of the assembly, including the mounting base.
- 2**: Distance from the right flange face to the centerline of the shaft.

The assembly consists of a central shaft with two flanges. The left flange is mounted on a base. The right flange is also mounted on a base. The shaft is supported by bearings on both sides. The dimensions are indicated by dimension lines with arrows.

Изм.	Лист	№ докум.	Підпись	Дата

Лист

Умови при експлуатації з
граничними допусками для інших колій



$$\begin{aligned}
 25 + 1437 &= 1462 \text{ мм.} \\
 1520 + 10 &= 1530 \text{ мм.} \\
 1530 - 62 &= 1468 \text{ мм.} \\
 1462 - 1468 &= -6 \text{ мм}
 \end{aligned}$$

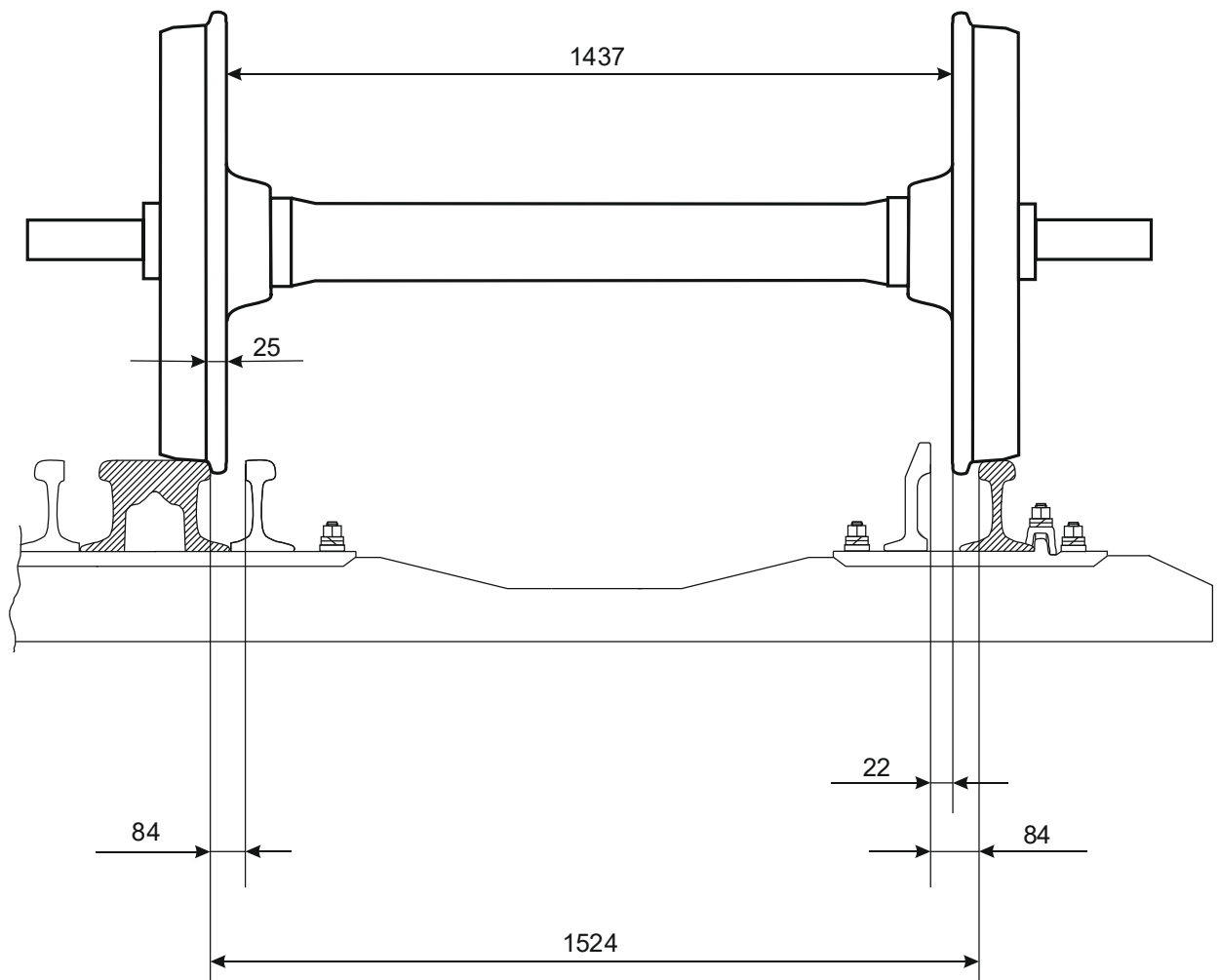
Изм.	Лист	№ докум.	Підпись	Дата

0053 –175462– ДП – 2018 - 001

Лист

56

Умови при експлуатації з
граничними допусками для головної
та приймально відправних колій



$$\begin{aligned}
 25 + 1437 &= 1462 \text{ мм.} \\
 1520 + 4 &= 1524 \text{ мм.} \\
 1524 - 84 &= 1440 \text{ мм.} \\
 1462 - 1440 &= +22 \text{ мм}
 \end{aligned}$$

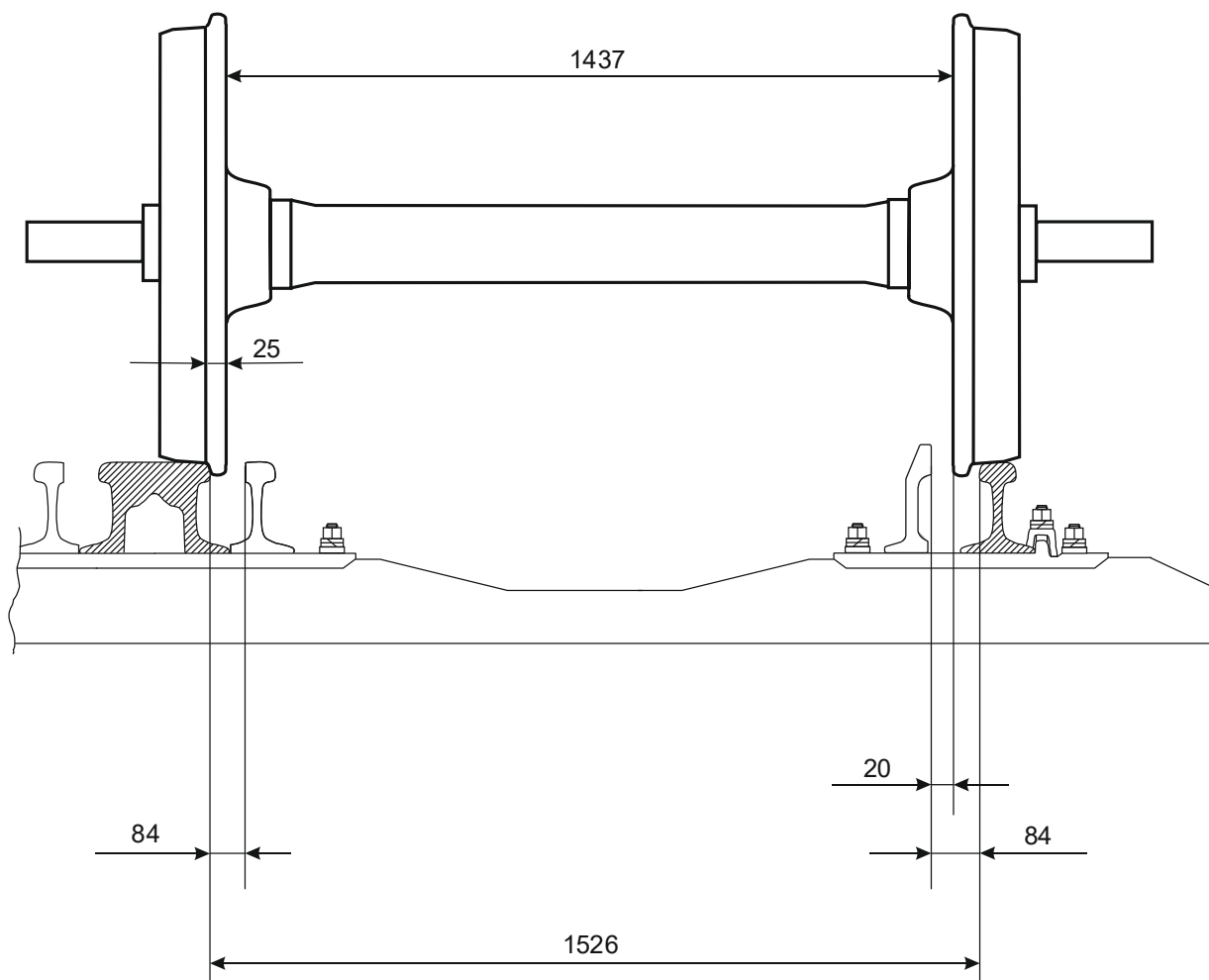
Изм.	Лист	№ докум.	Підпись	Дата

0053 –175462– ДП – 2018 - 001

Лист

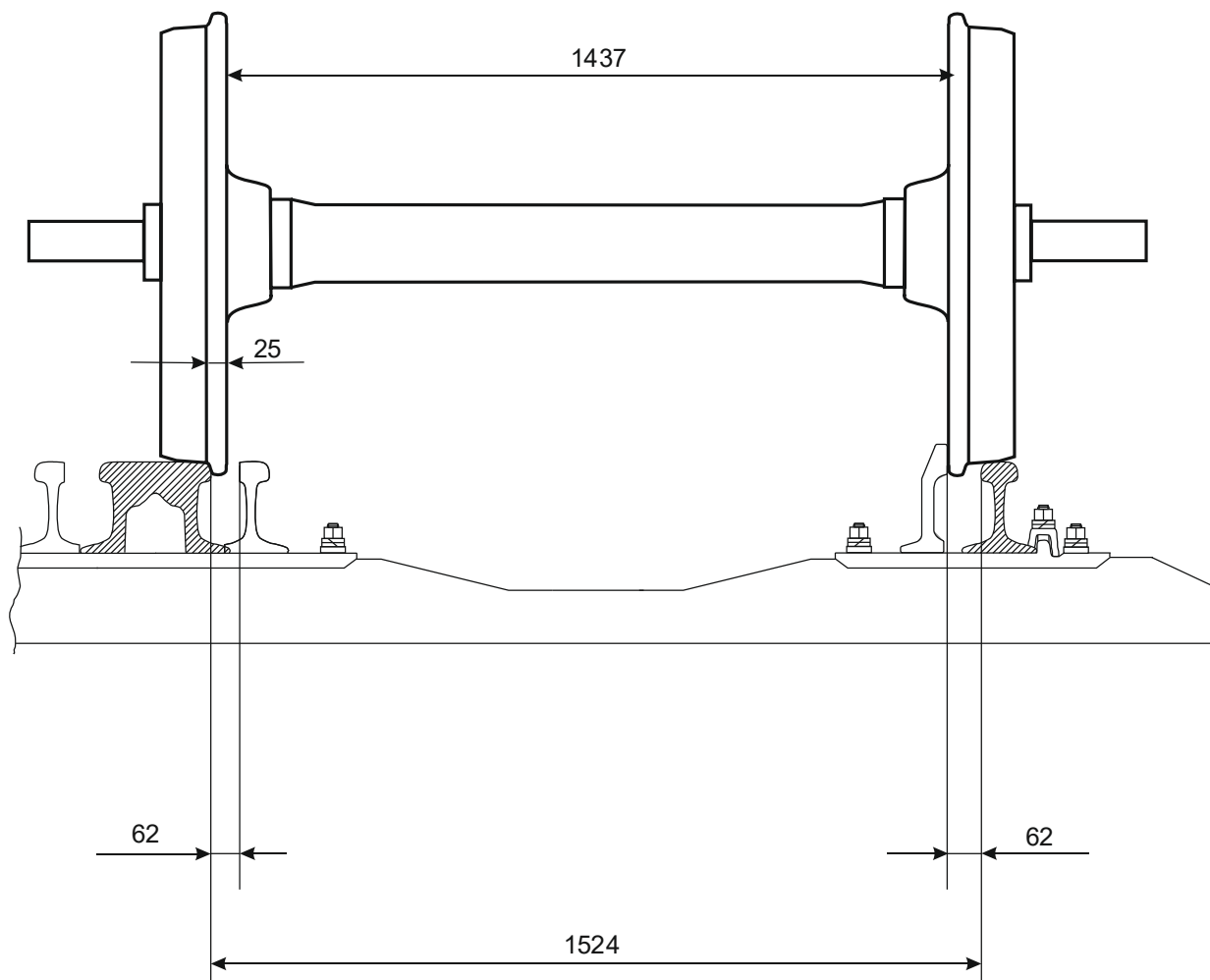
57

Умови при експлуатації з
граничними допусками для інших колій



$$\begin{aligned}
 25 + 1437 &= 1462 \text{ мм.} \\
 1520 + 6 &= 1526 \text{ мм.} \\
 1526 - 84 &= 1442 \text{ мм.} \\
 1462 - 1442 &= +20 \text{ мм}
 \end{aligned}$$

Умови при експлуатації з
граничними допусками для головної
та приймально відправних колій



$$\begin{aligned}
 25 + 1437 &= 1462 \text{ мм.} \\
 1520 + 4 &= 1524 \text{ мм.} \\
 1524 - 62 &= 1462 \text{ мм.} \\
 1462 - 1462 &= 0 \text{ мм}
 \end{aligned}$$

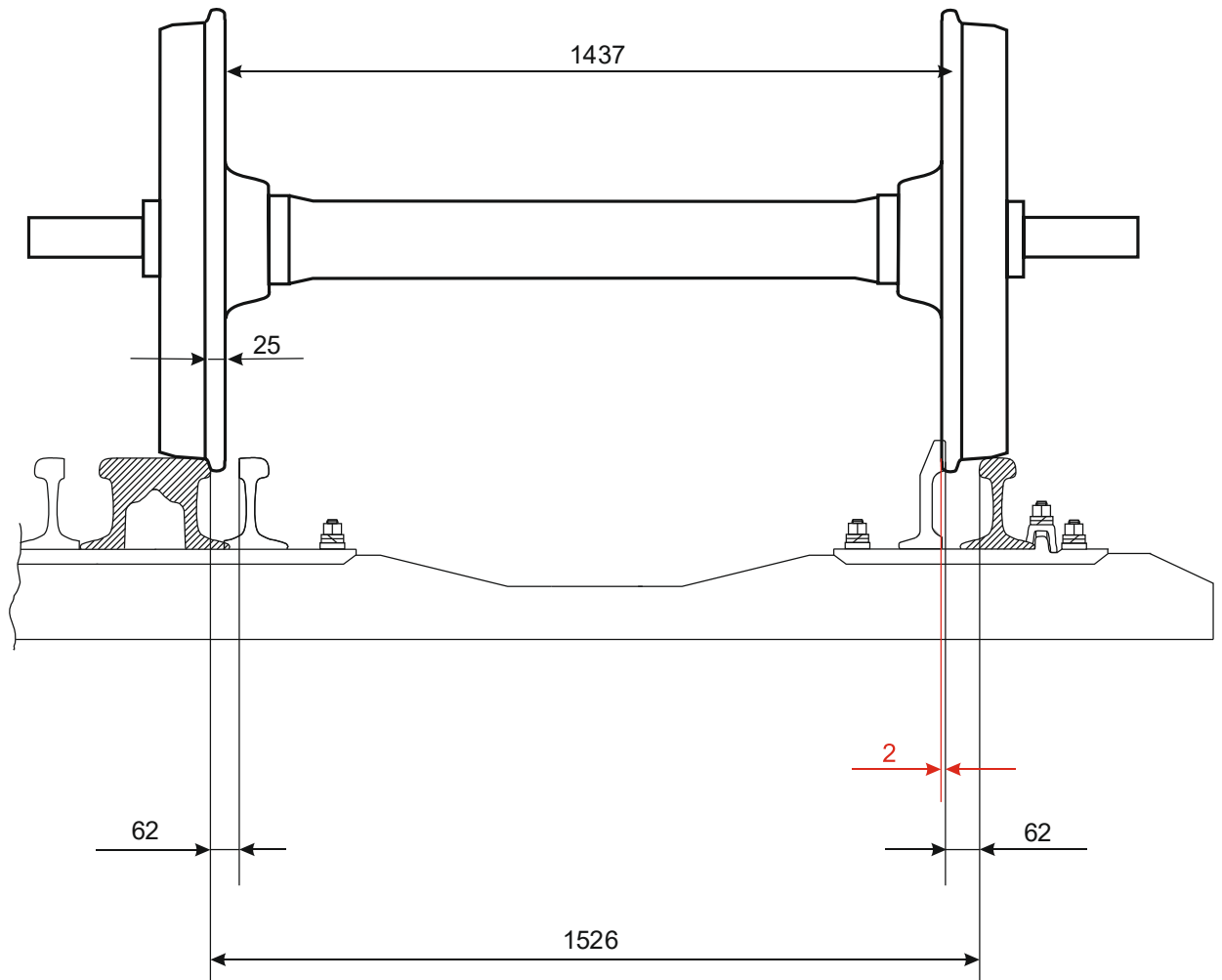
Изм.	Лист	№ докум.	Підпись	Дата

0053 –175462– ДП – 2018 - 001

Лист

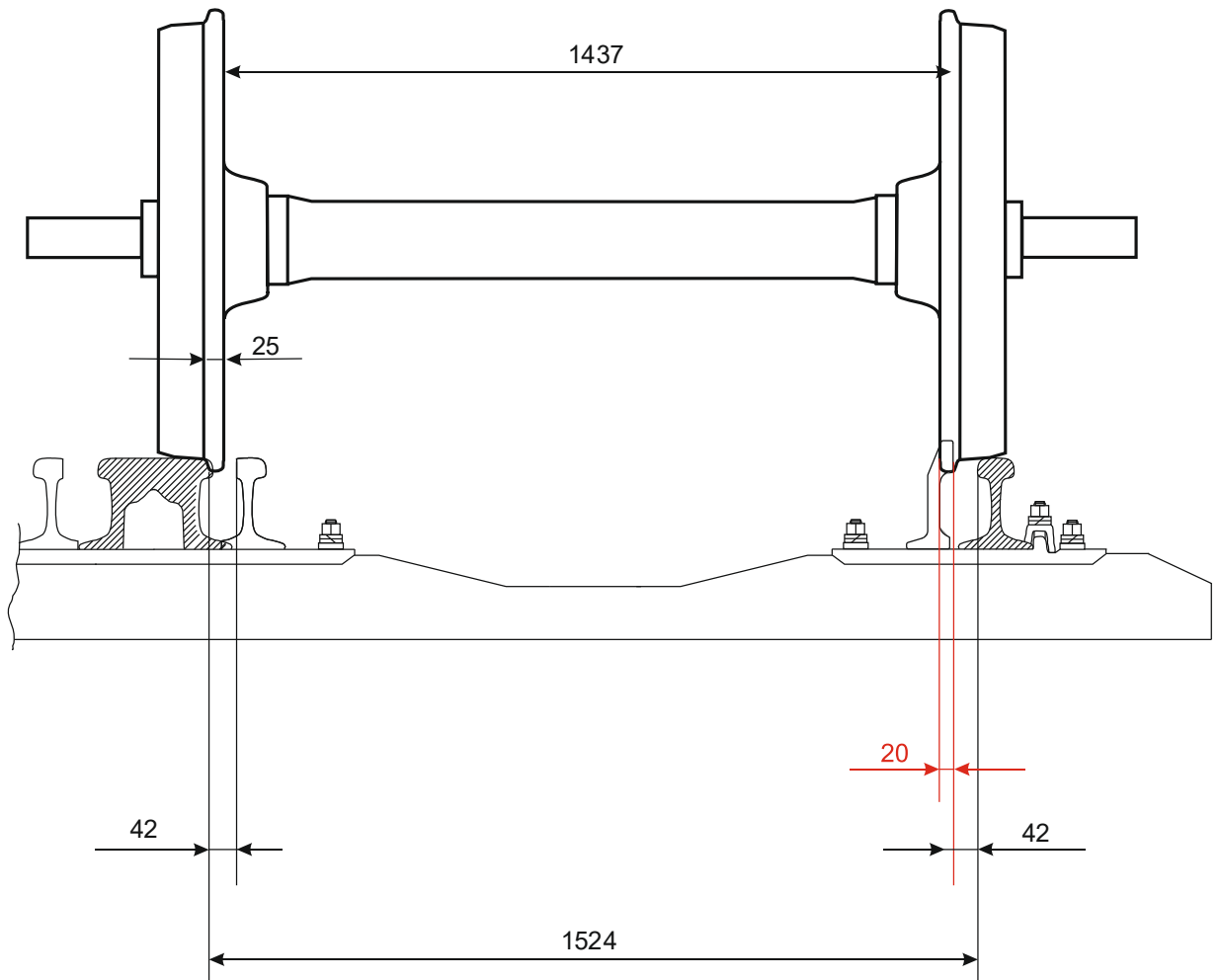
59

Умови при експлуатації з
граничними допусками для інших колій



$$\begin{aligned}
 25 + 1437 &= 1462 \text{ мм.} \\
 1520 + 6 &= 1526 \text{ мм.} \\
 1526 - 62 &= 1464 \text{ мм.} \\
 1462 - 1464 &= -2 \text{ мм}
 \end{aligned}$$

Умови при експлуатації з
граничними допусками для головної
та приймально відправних колій



$$\begin{aligned}
 25 + 1437 &= 1462 \text{ мм.} \\
 1520 + 4 &= 1524 \text{ мм.} \\
 1524 - 42 &= 1482 \text{ мм.} \\
 1462 - 1482 &= -20 \text{ мм}
 \end{aligned}$$

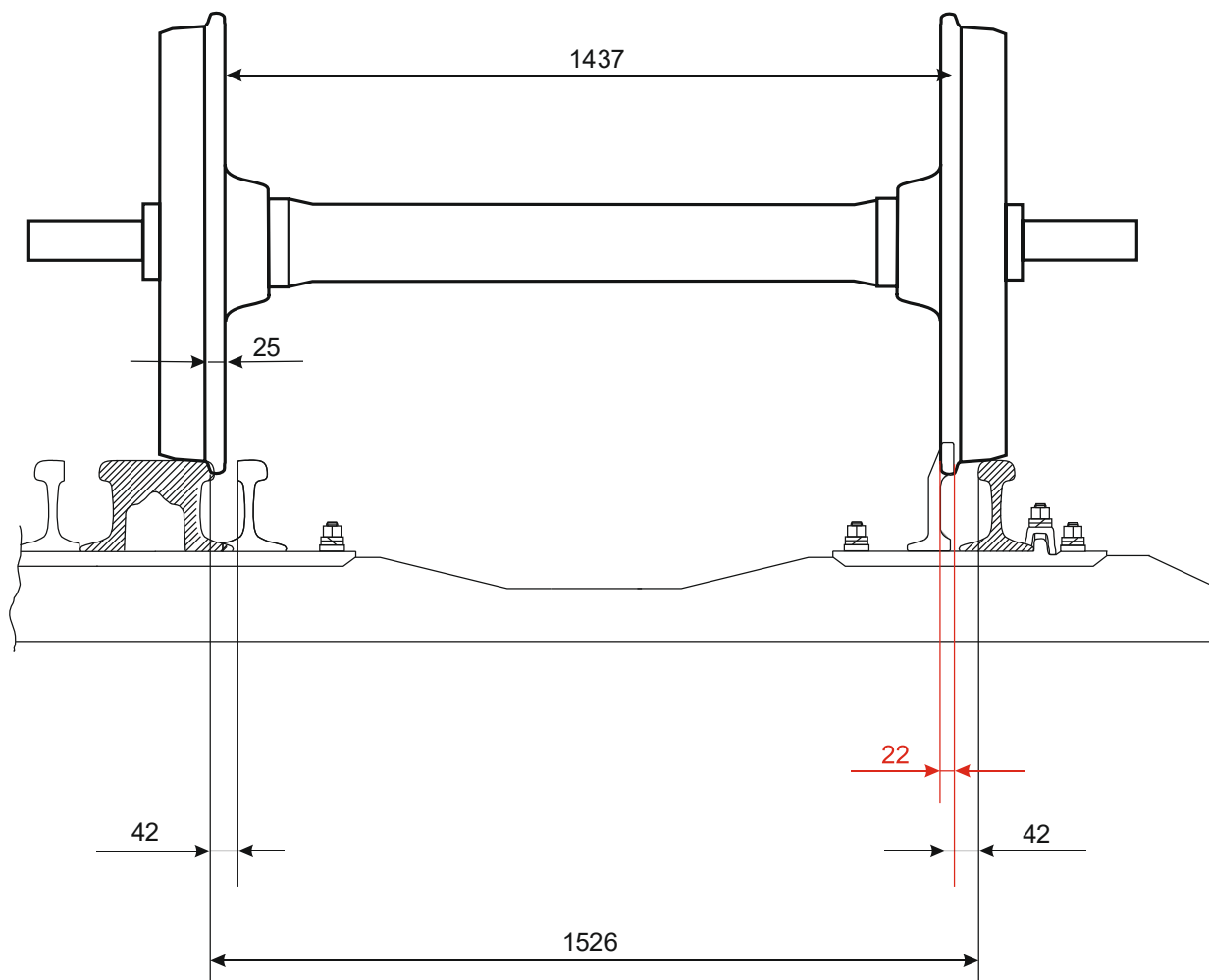
Изм.	Лист	№ докум.	Підпись	Дата

0053 –175462– ДП – 2018 - 001

Лист

61

Умови при експлуатації з
граничними допусками для інших колій



$$\begin{aligned}
 25 + 1437 &= 1462 \text{ мм.} \\
 1520 + 6 &= 1526 \text{ мм.} \\
 1526 - 42 &= 1484 \text{ мм.} \\
 1462 - 1484 &= -22 \text{ мм}
 \end{aligned}$$

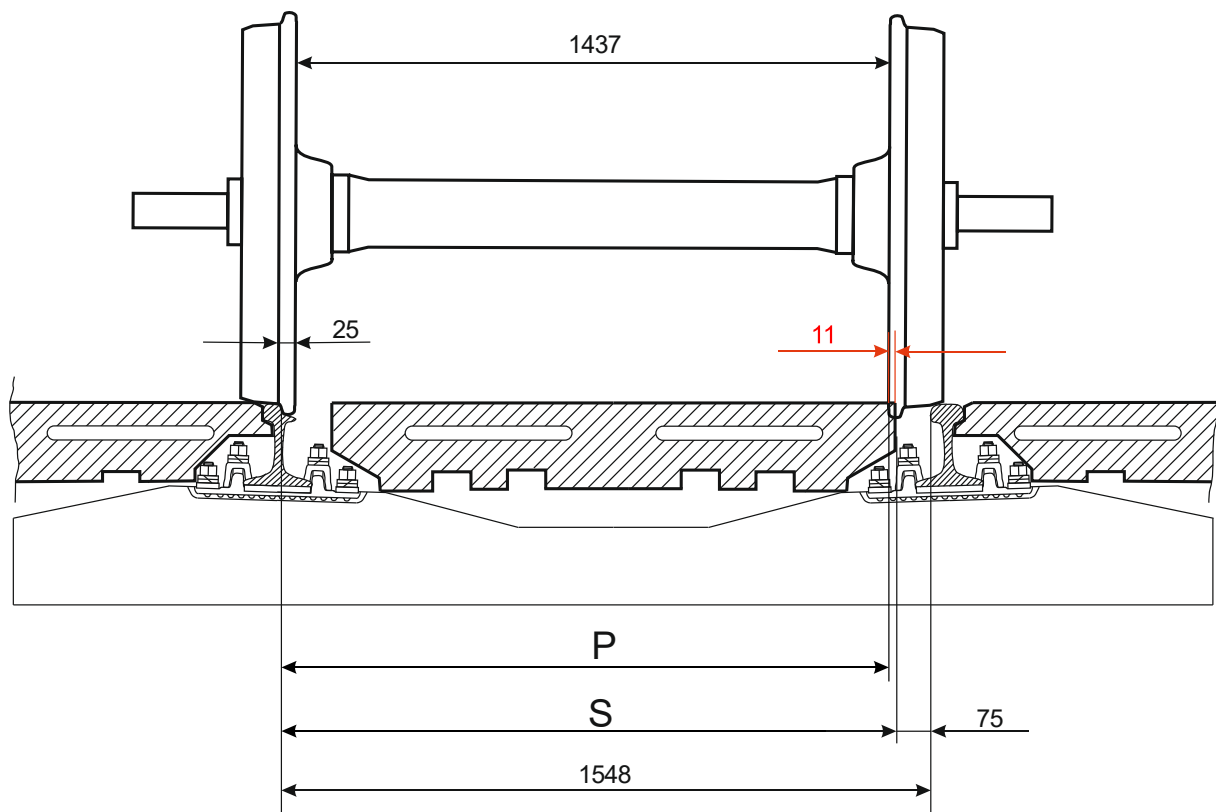
Изм.	Лист	№ докум.	Підпись	Дата

0053 –175462– ДП – 2018 - 001

Лист

62

Умови при експлуатації з граничними допусками в переїзді



$$S=1548-75=1473\text{мм.}$$

$$P=1437+25=1462\text{мм.}$$

$$P-S=-11\text{мм.}$$

Изм.	Лист	№ докум.	Підпись	Дата

0053 –175462– ДП – 2018 - 001

Лист

63

Таблиці 5.6 – Розрахункові показники геометричної взаємодії рухомого складу з колією

Перетин в якому виконувався розрахунок	Головна колія	Приймально – відправна колія	Інша колія
Рамний блок	-2	-2	-6
Хрестовина жолоб Т=86мм.	+22	+22	+20
Хрестовина жолоб С=64мм.	0	0	-2
Хрестовина жолоб Р=44мм.	-20	-20	-22
Залізничний переїзд (S=1548 мм)	-11		

Таблиці 5.6 – Розрахункові показники геометричної взаємодії рухомого складу з колією при ширині гребня 23мм

Перетин в якому виконувався розрахунок	Головна колія	Приймально – відправна колія	Інша колія
Рамний блок	-4	-4	-8
Хрестовина жолоб Т=86мм.	+20	+20	+18
Хрестовина жолоб С=64мм.	-2	-2	-4
Хрестовина жолоб Р=44мм.	-22	-22	-24
Залізничний переїзд (S=1548 мм)	-13		

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

Технічні специфікації на сумісність (TSI) визначають технічні та експлуатаційні стандарти, які повинні виконуватися кожною підсистемою або частиною підсистеми для задоволення основних вимог та забезпечення сумісності залізничної системи Європейського Союзу.

Для ліній категорій F1 F2 F1600 осьове навантаження складає 22,5 т

Для ліній категорії F1520 осьове навантаження – 25 т.

В Україні осьове навантаження складає 23,5т.

Виконавши розрахунки напруг в елементах верхньої будови колії (шпали, баласт, основний майданчик земляного полотна) за стандартами України та отримавши їх значення можна зробити висновок:

Аналізуючи графіки можна зробити висновок, що напруги в рейках залізничної колії при параметрах верхньої будови колії (епюра шпал, товщина баласту $h = 40$ см і $h = 25$ см) від вагона з навантаженням на вісь у 25 т не перевищують допустимих. Отже, основні вимоги та забезпечення сумісності залізничної системи Європейського Союзу та Українських залізниць забезпечується. Можна в Україні впроваджувати норми Європейського союзу з розглянутого питання.

Аналізуючи зв'язок нормативів утримання колії з нормами утримання рухомого складу (колісних пар) можна зробити висновок, що навіть при існуючій нормі мінімальної товщини гребня 25 мм в зоні стрілочних переводів та переїзних настилів ймовірні випадки появи понаднормового динамічного впливу рухомого складу на колію і необхідне обмеження максимальної ширини колії в зоні переїзного настилу до 1537 мм, також запропоновано утримання жолобів в рамному блоці на величину 68мм. Зменшення допустимої товщини гребня до 23 мм призведе до ще більшого зростання динамічного впливу рухомого складу на колію та порушень безпеки руху поїздів.

					0053 –175462– ДП – 2018 - 001	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Підпись	Дата		65

ЛІТЕРАТУРА

- 1 Hempelmann, Klaus; Ripke, Burchard; Dietz, Stefan: Modelling the dynamic interaction of wheelset and track, Railway Gazette International 9/1992, p.591-595
2. Braune, Wolfgang: Erschütterungsmerkmale aus Spitzenamplituden, ETR Eisenbahntechnische Rundschau (40) 8/2015, S. 527-533
3. ISO 6892-1:2016 (Steel-Tensile testing)
4. Moser, Alfred; Oswald, Rainer: Herstellung und Einsatz aus der Walzhitze kopfgehärteter Schienen, ETR Eisenbahntechnische Rundschau (40) 1/1991, S. 87-92
5. DIN EN 13230-1-2016 Railway applications - Track - Concrete sleepers and bearers - Part 1: General requirements; German version EN 13230-1:2016
6. Fricke, Herbert: Asymmetrische Schienenquerprofile, EI Eisenbahningenieur (36) 9/2009, S. 422-425
7. [Директива \(ЕС\) 2016/797](#)
8. Ершков О.П. Расчеты поперечных горизонтальных сил в кривых. Труды ЦНИИ МПС, вып. 301. М., «Транспорт», 1966.
9. Правила производства расчетов верхнего строения железнодорожного пути на прочность. М.: Трансжелдориздат, 1954. 70 с.
10. Вериго М.Ф., Крепкогорский С.С. Общие положения для корректировки Правил расчетов железнодорожного пути на прочность и предложения по изменению этих правил. – Тр. ЦНИИ МПС, 1972, вып. 466, с 4-50.
11. Железнодорожные шпалы для рельсового пути. Под ред. проф. А.Ф. Золотарского. М.: Транспорт, 1980. 270 с.
12. ЦП-01117. Правила розрахунків залізничної колії на міцність і стійкість / Е.І. Даніленко, В.В. Рибкін. – К.: Транспорт України, 2004. – 69 с.
13. Технічні вказівки по правилам вхідного контролю приймання матеріалів верхньої будови колії. – ВНД. – Д.-2004. 72с.
14. Інструкцією по улаштуванню та утриманню колій залізниць України ЦП-0269.
15. Інструкцією з улаштування та експлуатації залізничних переїздів ЦП-0174.

					0053 –175462– ДП – 2018 - 001	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Підпись	Дата		66

ДОДАТОК А

ТЕХНІЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ РУХОМОГО СКЛАДУ

Розрахункові характеристики локомотивів і вагонів

Тип і серія рухомого складу	V , км/год	Осьов а форму ла	Статичне наванта ження від колеся на рейку, кН		d , м	$f_{ст}$, мм	l_i , см	J_p , кН/ м
			$P_{ст}$, кН	q , кН				
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Електровози постійного струму								
ВЛ8	80	2(2 ₀ - 2 ₀)	115	31,7 0	1,2 0	70,0	320-380-320-270-320-380-320	1180
ВЛ8 ^м	90	2(2 ₀ - 2 ₀)	119	31,7 0	1,2 0	70,0	320-380-320-270-320-380-320	1180
ВЛ10у	10 0	2(2 ₀ - 2 ₀)	125	30,5 5	1,2 5	155, 0	300-400-300-466,5-300-400-300	1520
ВЛ10, ВЛ11, ВЛ11 ^м , ВЛ11 ^у , ВЛ11 ^с	10 0	2(2 ₀ - 2 ₀)	115 ,0	30,6 0	1,2 5	116, 2	300-400-300-466,5-300-400-300	1010
ДЕ1-2	10 0	2(2 ₀ - 2 ₀)	130 ,0	30,9 1	1,2 5	184, 0	290-390-290-280-290-390-290	
ЧС2, ЧС2 ^т	16 0	3 ₀ -3 ₀	102 ,5	19,2 5	1,2 5	120, 0	240-220-380-220-240	1350
ЧС7	16 0	2(2 ₀ - 2 ₀)	107 ,5	17,5	1,2 5	169, 0	320-470-320-521-320-470-320	1250
Електровози змінного струму								
ВЛ60 ^п	12 0	3 ₀ -3 ₀	110 ,0	25,5 0	1,2 5	108, 6	230-230-580-230-230	780
ВЛ60 ^к	12 0	3 ₀ -3 ₀	115 ,0	30,8 0	1,2 5	59,6	230-230-580-230-230	1420
ВЛ80 ^к	11 0	2(2 ₀ - 2 ₀)	115 ,0	27,6 0	1,2 5	128, 0	300-450-300-592-300-450-300	1160
ВЛ80 ^с , ВЛ80 ^т , ВЛ80 ^р	11 0	2(2 ₀ - 2 ₀)	120 ,0	27,6 0	1,2 5	128, 0	300-450-300-592-300-450-300	1160
					0053 –175462– ДП – 2018 - 001			
Изм.	Лист	№ докум.	Підпись	Дата				

ВЛ82	11 0	2(2 ₀ - 2 ₀)	115 ,0	31,6 0	1,2 5	135, 0	300-450-300-572-300-450-300	1160
ВЛ82 ^м	11 0	2(2 ₀ - 2 ₀)	125 ,0	31,6 0	1,2 5	135, 0	300-450-300-572-300-450-300	1520
ЧС8	16 0	2(2 ₀ - 2 ₀)	109 ,5	17,5 0	1,2 5	169, 0	295-505-295-486-295-505-295	1840
ЧС4, ЧС4	16 0	3 ₀ -3 ₀	105 ,0	18,5 0	1,2 5	140, 0	230-230500-230-230	870
Магістральні тепловози з електричною передачею								
ТЭЗ, 3ТЭЗ	10 0	2(3 ₀ - 3 ₀)	105 ,0	23,3 0	1,0 5	57,0	210-210-440-210-210-418,8-210- 210-440-210-210	1430
2ТЭ10УТ	12 0	2(3 ₀ - 3 ₀)	115 ,0	22,0	1,0 5	102, 0	210-210-630-210-210	1120
ТЭ10, 2ТЭ10	10 0	3 ₀ -3 ₀	107 ,5	21,8 0	1,0 5	71,0	210-210-440-210-210	1210
2ТЭ10Л	10 0	2(3 ₀ - 3 ₀)	106 ,5	22,4 0	1,0 5	69,0	210-210-440-210-210-418,8-210- 210-440-210-210	1190
2ТЭ116, 2ТЭ10В, 2ТЭ10М, 2ТЭ10У, 3ТЭ10В, 3ТЭ10У, 4ТЭ10	10 0	2(3 ₀ - 3 ₀)	115 ,0	22,3 0	1,0 5	102, 0	185-185-593-185-185	1090
М62, 2М62	10 0	3 ₀ -3 ₀	98, 0	22,5	1,0 5	90,0	210-210-440-210-210	1100
М62У, 2М62У 3М62У	10 0	3 ₀ -3 ₀	105 ,0	22,5	1,0 5	104, 0	210-210-440-210-210	1100

1	2	3	4	5	6	7	8	9
ТЭП60, 2ТЭП60	160	3 ₀ -3 ₀	107, 5	14,5 0	1,0 5	94,0	240-220-580-220-240	990
ТЭП70	160	3 ₀ -3 ₀	105, 2	30,8 0	1,2 2	180, 0	240-220-670-220-240	585
Електропоїзди та дизель-поїзди								
ЭР2 з №632, ЭР2Р, ЭР2Т, ЭР9Т, ЭР9Е, ЭР9П з №158, ЭТ2, ЭД2Т, ЭД4, ЭД9М	130	2 ₀ -2 ₀	95,5	14	$\frac{1,05}{0,95}$	105	260-1070-260 240-1060-240*	480
ЭР1, ЭР2 до №631 вкл., ЭР9П до №157 вкл.	130	2 ₀ -2 ₀	100	13	$\frac{1,0}{5}$	120, 2	260-1070-260	470
ЕПЛ2Т, ЕПЛ9Т з №002	130	2 ₀ -2 ₀	104, 5	$\frac{12,29}{9,73}$	$\frac{1,05}{0,95}$	204, 3	270-555-270-1430	264
ДР1 (ДР1А, ДР1П)	120	2 ₀ -2 ₀	99	14,7	$\frac{0,9}{5}$	105	240-220-670-220-240	480
ДЕЛ01	130	2 ₀ -2 ₀	105, 4	$\frac{10,54}{9,84}$	$\frac{0,9}{5}$	204	270-555-270*1430	264
Д1	120	3 ₀ -2 ₀	86	12,2	$\frac{0,9}{5}$	137	148-303-1328-240	670
Тепловози маневрові								
ТЭМ1, ТЭМ2, ТЭМ2У	100	3 ₀ -3 ₀	100, 0	23,3 0	$\frac{1,0}{5}$	54,0	210-210-440-210-210	1430
ТЭМ3, ТЭП16	100	3 ₀ -3 ₀	106, 0	29,8	$\frac{1,0}{5}$	87,0	210-210-440-210-210	950
ТЭМ7, ТЭМ7А	100	2(2 ₀ - 2 ₀)	112, 5	20,5 0	$\frac{1,0}{5}$	175, 0	210-210-210-460-210-210-210	640
ТГМ23	60	0-3-0	73,0	14,4	$\frac{1,0}{5}$	70	130-330	1400
ТГМ3	60	2 ₀ -2 ₀	858, 0	15,5 0	$\frac{1,0}{5}$	30,0	210-390-210	1180
ТГМ4, ТГМ4А	55	2 ₀ -2 ₀	98,0 / 83,5	16,8	$\frac{1,0}{5}$	70/6 0	210-390-210	1180
ТГМ6, ТГМ6А	80	2 ₀ -2 ₀	110, 5	19,8 0	$\frac{1,0}{5}$	70	210-590-210	1080
ЧМЭ33, ЧМЭ33Э,	95	3 ₀ -3 ₀	102, 5	19,4 0	$\frac{1,0}{5}$	52,0	200-200-460-200-200	1570
0053 –175462– ДП – 2018 - 001								
Изм.	Лист	№ докум.	Підпись	Дата				

ЧМЭЗТ								
ЧМЭ2	80	2 ₀ -2 ₀	92,5	17,2	1,0 5	52,0	240-430-240	1570
ЧМЭ5	95	2(2 ₀ - 2 ₀)	105, 0	20,5 0	1,0 5	50,0	200-210-200*-340-200-210-200	1570
ТГК, ТГК2	60	0-2 ₀ -0	68,5	13,4	0,9	30	320	1180
Чотиривісні вантажні вагони вантажопідйомністю 65 т на візках МТ50								
	80	2-2	105, 0	9,75	0,9 5	18,0	180-685-180	5000
Чотиривісні вантажні вагони вантажопідйомністю 71 т на візках ЦНИИ-ХЗ-0								
	120	2-2	116, 2	9,95	0,9 5	48,0	185-660-185	2000
Восьмивісні вантажні вагони вантажопідйомністю 142,4 т на візках ЦНИИ-ХЗ-0								
	100	4-4	116, 2	9,95	0,9 5	54,0	185-135-185-702-185-135-185	2150
Пасажи́рські ЦМВ								
	120	2-2	81,0	7,10	1,0 5	145, 0	270-1430-270	760
Пасажи́рський вагон на візках КВЗ-ЦНИИ								
	160	2-2	71,2 5	7,10	1,0 5	155, 0	240-1460-240	570

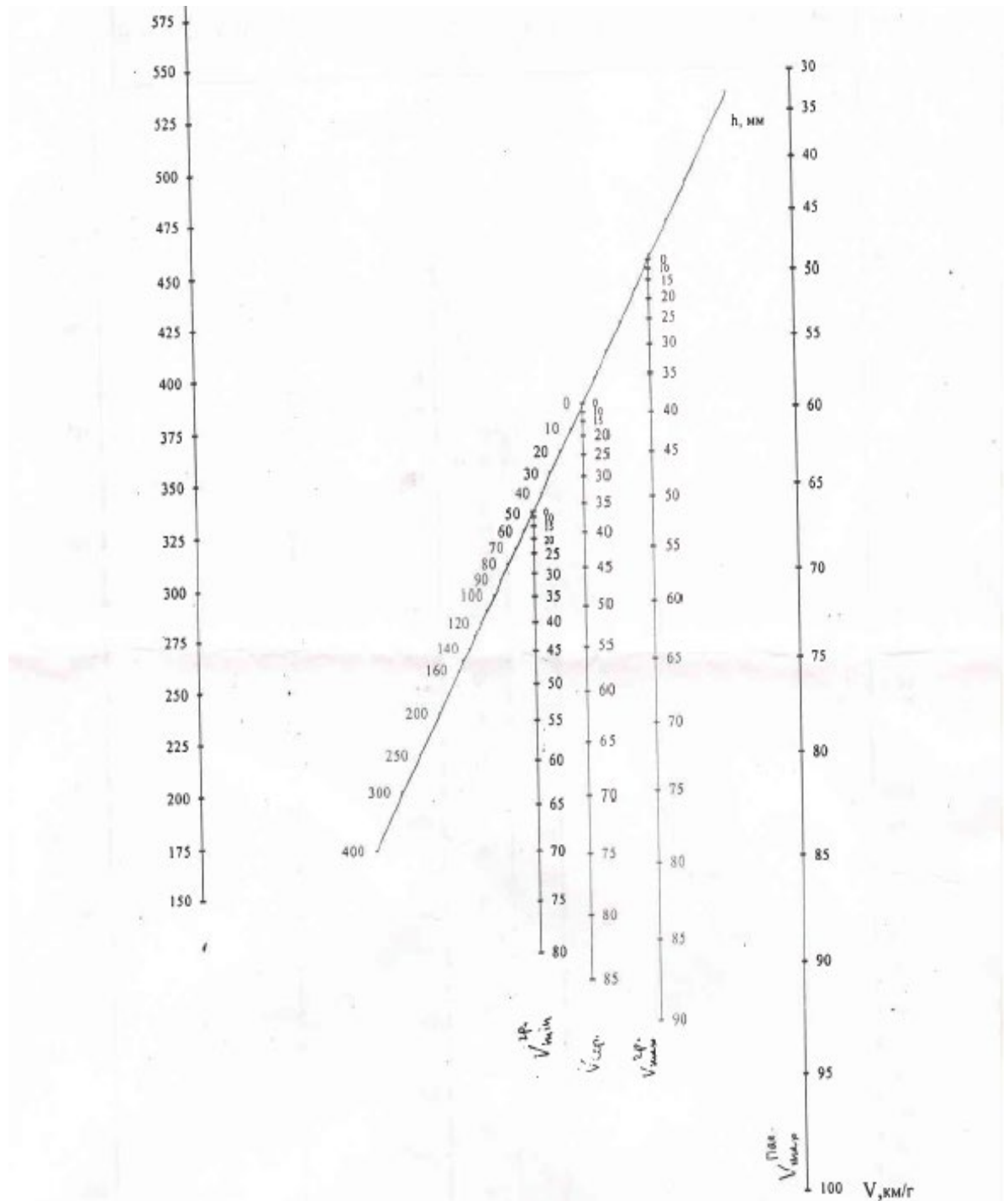
ДОДАТОК Б

Коефіцієнти f

Тип рухомого складу	Коефіцієнти f								
	пряма	в кривих ділянках радіусом, м							
		1000	800	700	600	500	400	350	300
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Електровози змінного струму									
ВЛ60 ^к , ВЛ60 ^п	1,15	1,25	1,45	1,54	1,61	1,66	1,71	1,73	1,76
ВЛ80 ^к , ВЛ80 ^с , ВЛ80 ^т , ВЛ80 ^р	1,08	1,30	1,34	1,36	1,38	1,40	1,41	1,42	1,44
ВЛ82, ВЛ82 ^м	1,20	1,34	1,37	1,39	1,43	1,48	1,54	1,59	1,65
ЧС8	1,16	1,23	1,36	1,42	1,49	1,55	1,62	1,66	1,70
ЧС4	1,20	1,32	1,56	1,68	1,80	1,93	2,06	2,12	2,19
Електровози постійного струму									
ВЛ8, ВЛ8 ^м	1,24	1,28	1,29	1,30	1,32	1,35	1,39	1,44	1,50
ВЛ10у	1,25	1,27	1,28	1,30	1,33	1,37	1,41	1,43	1,49
ВЛ10, ВЛ11, ВЛ11 ^м , ВЛ11 ^у , ВЛ11 ^с	1,17	1,19	1,23	1,27	1,3	1,33	1,35	1,45	1,5
ЧС7	1,16	1,23	1,36	1,42	1,49	1,55	1,62	1,66	1,70
ЧС2, ЧС2 ^т	1,13	1,19	1,35	1,43	1,53	1,65	1,77	1,83	1,90
ДЕ1-002	1,18	1,28	1,36	1,45	1,57	1,63	1,69	1,75	1,82
Тепловози магістральні									
ТЭП70	1,06	1,24	1,29	1,32	1,38	1,42	1,52	1,60	1,68
ТЭП60, 2ТЭП60	1,13	1,34	1,39	1,44	1,47	1,55	1,65	1,72	1,78
ТЭ10УТ, 2ТЭ10УТ, М62У, 2М62У, 3М62У	1,13	1,20	1,25	1,30	1,35	1,40	1,50	1,60	1,70
2ТЭ116, 2ТЭ10В, 2ТЭ10М, 2ТЭ10У, 3ТЭ10В, 3ТЭ10У, 4ТЭ10	1,10	1,16	1,28	1,34	1,43	1,53	1,64	1,70	1,75
ТЭ3, 3ТЭ3, ТЭ3, 3ТЭ3 ТЭ10, 2ТЭ10, М62, 2М62	1,17	1,23	1,35	1,41	1,49	1,58	1,67	1,71	1,75
2ТЭ10Л	1,2	1,33	1,4	1,44	1,49	1,54	1,60	1,64	1,68
Електропоїзди та дизель-поїзди									
ЭР2 з №632, ЭР2Р, ЭР2Т, ЭР9Т, ЭР9Е, ЭР9П з №158, ЭТ2, ЭД2Т, ЭД4, ЭД9М									
ЭР1, ЭР2 до									

ДОДАТОК В

Узагальнена номограма для визначення оптимального радіуса, підвищення зовнішньої рейки та встановлення швидкостей руху поїздів для кривих малого радіусу



Изм.	Лист	№ докум.	Підпись	Дата
------	------	----------	---------	------

0053 –175462– ДП – 2018 - 001

Лист

73

ДОДАТОК Г

Розрахункові параметри шпал

Найменування параметру		Значення параметрів		
Тип шпал		I	II	III
B , см		25	23	28
Ω_a , см ²	При щебеновому баласті	2853	2466	3092
	При гравійно-піщаному баласті	2920	2561	3150
Z		0,8		0,7

ДОДАТОК Д

Розрахунок напруг в елементах верхньої будови колії при товщині баласту

40 см

P65									
beta=0,87; a0=0,403; a1=0,931; eps=0,332; gama=1,0; r1=0,7; I=2998;									
W=404; S=2975; b=25,4; l=54,0; w=490,0; h=60;									
вагон									
Pst=122,5; qk=9,95; d=95,0; fst=48,0; e0=0,067; L1=185,0;									
R=400, summer									
f=1,49; mgk=1,46; U=67,7									
V	Pсер	Pроз	Рекв1	Рекв2	Gпк	Gгк	Gш	Gб	Gзп
км/ч	кН	кН	кН	кН	МПа	МПа	МПа	МПа	кПа
10	134,5	141,4	123,6	141,2	89,03	87,24	0,996	0,164	45,3
20	138	146,3	128	146	92,17	90,32	1,03	0,17	46,8
30	141,5	151,5	132,8	151,3	95,64	93,72	1,068	0,176	48,5
40	145	157,1	138	156,9	99,34	97,34	1,107	0,182	50,20
50	148,5	163	143,3	162,7	103,2	101,13	1,148	0,189	52,1
60	152	169	148,9	168,8	107,21	105,05	1,191	0,196	54
70	155,6	175,2	154,6	174,9	111,33	109,09	1,234	0,203	56
80	159,1	181,5	160,5	181,3	115,56	113,24	1,279	0,211	58

P65									
beta=0,87; a0=0,403; a1=0,931; eps=0,332; gama=1,0; r1=0,7; I=2998;									
W=404; S=2975; b=25,4; l=54,0; w=490,0; h=60;									
вагон									
Pst=122,5; qk=9,95; d=95,0; fst=47,0; e0=0,067; L1=185,0;									
R=300, summer									
f=1,65; mgk=1,46; U=67,7									
V	Pсер	Pроз	Рекв1	Рекв2	Gпк	Gгк	Gш	Gб	Gзп
км/ч	кН	кН	кН	кН	МПа	МПа	МПа	МПа	кПа
10	134,5	141,5	123,7	141,3	98,65	87,29	0,997	0,164	45,3
20	138,1	146,4	128,2	146,2	102,19	90,43	1,03	0,17	46,9

					0053 –175462– ДП – 2018 - 001					Лист
										75
Изм.	Лист	№ докум.	Підпись	Дата						

30	141,7	151,8	133,1	151,6	106,1	93,88	1,069	0,176	48,6
40	145,3	157,5	138,3	157,3	110,25	97,56	1,11	0,183	50,4
50	148,9	163,4	143,7	163,2	114,6	101,41	1,151	0,19	52,2
60	152,5	169,5	149,4	169,3	119,1	105,39	1,194	0,197	54,2
70	156,1	175,8	155,2	175,6	123,74	109,49	1,239	0,204	56,2

P65									
-----	--	--	--	--	--	--	--	--	--

beta=0,87; a0=0,403; a1=0,931; eps=0,332; gama=1,0; r1=0,7; I=2998;								
--	--	--	--	--	--	--	--	--

W=404; S=2975; b=25,4; l=54,0; w=490,0; h=60;								
--	--	--	--	--	--	--	--	--

вагон								
-------	--	--	--	--	--	--	--	--

Pst=122,5; qk=9,95; d=95,0; fst=47,0; e0=0,067; L1=185,0;								
--	--	--	--	--	--	--	--	--

R=250, summer								
------------------	--	--	--	--	--	--	--	--

f=1,75; mgk=1,46; U=67,7								
-----------------------------	--	--	--	--	--	--	--	--

V	Pcep	Pроз	Рекв1	Рекв2	Гпк	Ггк	Гш	Гб	Гзп
км/ч	кН	кН	кН	кН	МПа	МПа	МПа	МПа	кПа
5	132,7	139,3	121,7	139,1	102,94	85,88	0,981	0,162	44,6
10	134,5	141,5	123,7	141,3	104,63	87,29	0,997	0,164	45,3
15	136,3	143,9	125,9	143,7	106,45	88,81	1,01	0,167	46
20	138,1	146,4	128,2	146,2	108,39	90,43	1,032	0,17	46,9
25	139,9	149,1	130,6	148,8	110,42	92,12	0,07	0,173	47,7
30	141,7	151,8	133,1	151,6	112,53	93,88	1,069	0,176	48,6
35	143,5	154,6	135,6	154,4	114,7	95,7	1,089	0,179	49,4
40	145,3	157,5	138,3	157,3	116,94	97,56	1,11	0,183	50,4
45	147,1	160,4	141	160,2	119,22	99,46	1,00	0,186	51,3
50	148,9	163,4	143,7	163,2	121,55	101,41	1,151	0,19	52,2
55	150,7	166,5	146,5	166,2	123,92	103,38	1,173	0,193	53,2
60	152,5	169,5	149,4	169,3	126,32	105,39	1,194	0,197	54,2
65	154,3	172,7	152,3	172,4	128,76	107,42	1,216	0,2	55,2

P65								
-----	--	--	--	--	--	--	--	--

beta=0,87; a0=0,403; a1=0,931; eps=0,332; gama=1,0; r1=0,7; I=2998;								
--	--	--	--	--	--	--	--	--

W=404; S=2975; b=25,4; l=54,0; w=490,0; h=60;								
--	--	--	--	--	--	--	--	--

вагон								
-------	--	--	--	--	--	--	--	--

Pst=122,5; qk=9,95; d=95,0; fst=47,0; e0=0,067; L1=185,0;								
--	--	--	--	--	--	--	--	--

R=0, summer								
----------------	--	--	--	--	--	--	--	--

f=1,18; mgk=1,46; U=67,7								
-----------------------------	--	--	--	--	--	--	--	--

V	Pcep	Pроз	Рекв1	Рекв2	Gпк	Gгк	Gш	Gб	Gзп
км/ч	кН	кН	кН	кН	МПа	МПа	МПа	МПа	кПа
10	134,5	141,5	123,7	141,3	70,55	87,29	0,997	0,164	45,3
20	138,1	146,4	128,2	146,2	73,08	90,43	1,032	0,17	46,9
30	141,7	151,8	133,1	151,6	75,88	93,88	1,069	0,176	48,6
40	145,3	157,5	138,3	157,3	78,85	97,56	1,11	0,183	50,4
50	148,9	163,4	143,7	163,2	81,96	101,41	1,151	0,19	52,2
60	152,5	169,5	149,4	169,3	85,18	105,39	1,194	0,197	54,2
70	156,1	175,8	155,2	175,6	88,49	109,49	1,239	0,204	56,2
80	159,7	182,3	161,1	182	91,89	113,7	1,284	0,212	58,2
90	163,3	188,9	167,2	188,6	95,37	118,01	1,331	0,219	60,3
100	166,9	195,6	173,5	195,3	98,93	122,41	1,378	0,227	62,4
110	170,5	202,4	179,9	202,1	102,57	126,91	1,426	0,235	64,6
120	174	209,4	186,4	209,1	106,28	131,5	1,475	0,243	66,8

ДОДАТОК Е

Розрахунок напруг в елементах верхньої будови колії при товщині баласту
25 см

P65									
beta=0,87; a0=0,403; a1=0,931; eps=0,332; gama=1,0; r1=0,7; I=2998;									
W=404; S=2975; b=25,4; l=54,0; w=490,0; h=45;									
вагон									
Pst=122,5; qk=9,95; d=95,0; fst=47,0; e0=0,067; L1=185,0;									
R=0, summer									
f=1,18; mgk=1,46; U=67,7									
V	Pcep	Pроз	Рекв1	Рекв2	Гпк	Ггк	Гш	Гб	Гзп
км/ч	кН	кН	кН	кН	МПа	МПа	МПа	МПа	кПа
10	134,5	141,5	123,7	141,3	70,55	87,29	0,997	0,164	54,3
20	138,1	146,4	128,2	146,2	73,08	90,43	1,032	0,17	56,2
30	141,7	151,8	133,1	151,6	75,88	93,88	1,069	0,176	58,2
40	145,3	157,5	138,3	157,3	78,85	97,56	1,11	0,183	60,4
50	148,9	163,4	143,7	163,2	81,96	101,41	1,151	0,19	62,7
60	152,5	169,5	149,4	169,3	85,18	105,39	1,194	0,197	65
70	156,1	175,8	155,2	175,6	88,49	109,49	1,239	0,204	67,4
80	159,7	182,3	161,1	182	91,89	113,7	1,284	0,212	69,8
90	163,3	188,9	167,2	188,6	95,37	118,01	1,331	0,219	72,3
100	166,9	195,6	173,5	195,3	98,93	122,41	1,378	0,227	74,9
110	170,5	202,4	179,9	202,1	102,57	126,91	1,426	0,235	77,5
120	174	209,4	186,4	209,1	106,28	131,5	1,475	0,243	80,2
P65									
beta=0,87; a0=0,403; a1=0,931; eps=0,332; gama=1,0; r1=0,7; I=2998;									
W=404; S=2975; b=25,4; l=54,0; w=490,0; h=45;									
вагон									
Pst=122,5; qk=9,95; d=95,0; fst=47,0; e0=0,067; L1=185,0;									
R=250, summer									
f=1,75; mgk=1,46; U=67,7									
V	Pcep	Pроз	Рекв1	Рекв2	Гпк	Ггк	Гш	Гб	Гзп
км/ч	кН	кН	кН	кН	МПа	МПа	МПа	МПа	кПа
5	132,7	139,3	121,7	139,1	102,94	85,88	0,981	0,162	53,4
10	134,5	141,5	123,7	141,3	104,63	87,29	0,997	0,164	54,3

					0053 –175462– ДП – 2018 - 001					Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Підпись	Дата						78

15	136,3	143,9	125,9	143,7	106,45	88,81	1,014	0,167	55,2
20	138,1	146,4	128,2	146,2	108,39	90,43	1,032	0,17	56,2
25	139,9	149,1	130,6	148,8	110,42	92,12	1,05	0,173	57,2
30	141,7	151,8	133,1	151,6	112,53	93,88	1,069	0,176	58,2
35	143,5	154,6	135,6	154,4	114,7	95,7	1,089	0,179	59,3
40	145,3	157,5	138,3	157,3	116,94	97,56	1,11	0,183	60,4
45	147,1	160,4	141	160,2	119,22	99,46	1,13	0,186	61,5
50	148,9	163,4	143,7	163,2	121,55	101,41	1,151	0,19	62,7
55	150,7	166,5	146,5	166,2	123,92	103,38	1,173	0,193	63,8
60	152,5	169,5	149,4	169,3	126,32	105,39	1,194	0,197	65
65	154,3	172,7	152,3	172,4	128,76	107,42	1,216	0,2	66,2
P65									
beta=0,87; a0=0,403; a1=0,931; eps=0,332; gama=1,0; r1=0,7; I=2998;									
W=404; S=2975; b=25,4; l=54,0; w=490,0; h=45;									
вагон									
Pst=122,5; qk=9,95; d=95,0; fst=47,0; e0=0,067; L1=185,0;									
R=300, summer									
f=1,65; mgk=1,46; U=67,7									
V	Рсер	Рроз	Рекв1	Рекв2	Гпк	Ггк	Гш	Гб	Гзп
км/ч	кН	кН	кН	кН	МПа	МПа	МПа	МПа	кПа
10	134,5	141,5	123,7	141,3	98,65	87,29	0,997	0,164	54,3
20	138,1	146,4	128,2	146,2	102,19	90,43	1,032	0,17	56,2
30	141,7	151,8	133,1	151,6	106,1	93,88	1,069	0,176	58,2
40	145,3	157,5	138,3	157,3	110,25	97,56	1,11	0,183	60,4
50	148,9	163,4	143,7	163,2	114,6	101,41	1,151	0,19	62,7
60	152,5	169,5	149,4	169,3	119,1	105,39	1,194	0,197	65
70	156,1	175,8	155,2	175,6	123,74	109,49	1,239	0,204	67,4

P65									
beta=0,87; a0=0,403; a1=0,931; eps=0,332; gama=1,0; r1=0,7; I=2998;									
W=404; S=2975; b=25,4; l=54,0; w=490,0; h=45;									
вагон									
Pst=122,5; qk=9,95; d=95,0; fst=47,0; e0=0,067; L1=185,0;									
R=400,									

summer									
f=1,49; mgk=1,46; U=67,7									
V	Pcep	Pроз	Рекв1	Рекв2	Gпк	Gгк	Gш	Gб	Gзп
км/ч	кН	кН	кН	кН	МПа	МПа	МПа	МПа	кПа
10	134,5	141,5	123,7	141,3	89,08	87,29	0,997	0,164	54,3
20	138,1	146,4	128,2	146,2	92,28	90,43	1,032	0,17	56,2
30	141,7	151,8	133,1	151,6	95,81	93,88	1,069	0,176	58,2
40	145,3	157,5	138,3	157,3	99,56	97,56	1,05	0,183	60,4
50	148,9	163,4	143,7	163,2	103,49	101,41	1,151	0,19	62,7
60	152,5	169,5	149,4	169,3	107,55	105,39	1,194	0,197	65
70	156,1	175,8	155,2	175,6	111,74	109,49	1,239	0,204	67,4
80	159,7	182,3	161,1	182	116,03	113,7	1,284	0,212	69,8

АННОТАЦІЯ

Головною метою цієї магістерської роботи є адаптація елементів верхньої будови колії (рейки) на залізницях України до нормативів країн Європейського Союзу, а також зв'язок нормативів утримання колії з нормативами утримання рухомого складу.

Об'єктом дослідження є рейки залізничної колії, а також геометричні параметри утримання колії та рухомого складу.

Для досягнення поставленої мети у роботі проаналізовано існуючі конструкції рейок та методи їх розрахунку у залізничній колії в країнах Європейського Союзу та Україні. При порівнянні розрахункових напруг у головці та підшві рейок з допустимими зроблено висновок, що розрахункові напруги не перевищують допустимих.

Ґрунтуючись на розрахунках, було запропоновано використовувати навантаження 25 т на залізницях України.

Ґрунтуючись на розрахункові показники геометричної взаємодії рухомого складу з колією було запропоновано обмеження максимальної ширини колії в зоні переїзного настилу до 1537 мм., також запропоновано утримання жолобів в рамному блоці на величину 68мм. Зменшення допустимої товщини гребня до 23 мм призведе до ще більшого зростання динамічного впливу рухомого складу на колію та порушень безпеки руху поїздів Європейського Союзу та України.

Ключові слова: інтероперабельність, підрейкова основа, шпали, основний майданчик, напруга, верхня будова колії.

					0053 –175462– ДП – 2018 - 001	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Підпись	Дата		81

ABSTRACT

The head method of the school of master's robotics is the adaptation of the elements of the upper Budovia number (slats) on the territory of Ukraine to the standards of the countries of the European Union, as well as the links of the standards for fixing the number of standards.

The information about the advancement of racks of the bulk stock, as well as the geometric parameters of the reduction of the number of the collapsed warehouse.

For the purpose of reaching the equipment supplied by the robot, we have analyzed the various structures of the rails and methods of distributing them in the foreign countries in the territories of the European Union and Ukraine. In case of razrakhunkovy spruce at the head and podoshvy racks with admissible sprains, but razrakhunkovi sprains do not outweigh the admissible ones.

Rumbled on rozrakhunks, the bulo is proponated with vicoristovuvati with a capacity of 25 tons at the halls of Ukraine.

The indicators of the geometric interconnection of a collapsed warehouse with a number of buckets are projected on the rozrahunkov, the maximum width of the number in the zone of the rear flooring is up to 1537 mm. The change in the permissible ridge height up to 23 mm is increased to an even greater growth of a dynamically injected, crumbling warehouse on a track that is secured to the ruins of the European Union and Ukraine.

Key words: interoperability, pidreykova base, sleepers, main maidan, spruce, upper budova count.

					0053 –175462– ДП – 2018 - 001	Лист
						82
Изм.	Лист	№ докум.	Підпись	Дата		