

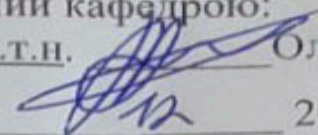
**МИНИСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**  
**Український державний університет науки і технологій**  
**Кафедра «Безпеки життєдіяльності»**

---

**НАЦІОНАЛЬНА ШКОЛА МАСТЕРСТВА І ПРОФЕСІЙ**  
**СНАМ, ФРАНЦІЯ**

«ДО ЗАХИСТУ ДОПУЩЕНО»

Завідуючий кафедрою:

Проф., д.т.н.  Олексій ТЮТКІН

« 15 »  2022г.

**ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА**  
**ДО ДИПЛОМНІ МАГІСТЕРСЬКОЇ РОБОТИ**

ОКР «магістр»

Спеціальність 273 «Залізничний транспорт»

ОП «Інтероперабельність і безпека на залізничному транспорті»

**Тема** Дослідження роботи елементів верхньої будови колії залізниць України  
на відповідність вимогам Європейського Союзу

**Theme** Study of the work of elements of the upper structure of the track of  
Ukrainian railways for compliance with the requirements of the European Union

Виконав:  Олександр ЛИСАК

Керівник:

Доц., к.т.н.  Володимир АНДРЕЄВ

Дніпро  
2022

## ЗАЯВА

Я, Мисак Олександр Кириллович  
(ПІБ повністю)

Студені групи 8-ІН  
(шифр групи)

Спеціальності 273 Західницький транспорт  
(код та назва спеціальності)

освітньої програми Інтерперсоналість і безпека вод. тр-сті  
(назва освітньої програми)

освітнього ступеня підготовки магістр  
(бакалавр, магістр)

Заявляю, що моя випускна кваліфікаційна робота на тему:

Дослідження рибних екземплярів верхньої будови  
нашій західницькій Україні на відповідність  
умовам Європейського Союзу

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

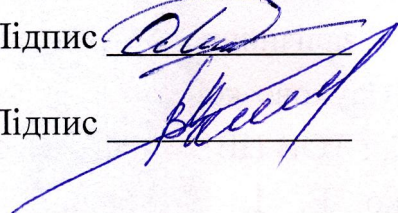
Прошу перевірити її на наявність академічного плагіату.

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 15.12.27.

Підпис 

Керівник к.т.н. Довгий

Підпис 

Адресь В.Є.

**МИНИСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**  
**Український державний університет науки і технології**  
**Кафедра «Безпеки життєдіяльності»**

---

**НАЦІОНАЛЬНА ШКОЛА МАСТЕРСТВА І ПРОФЕСІЙ**  
**СНАМ, ФРАНЦІЯ**

«ДО ЗАХИСТУ ДОПУЩЕНО»

Завідуючий кафедрою:

Проф., д.т.н. \_\_\_\_\_ Олексій ТЮТЬКІН

« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2022г.

**ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА**  
**ДО ДИПЛОМНІ МАГІСТЕРСЬКОЇ РОБОТИ**

ОКР«магістр»

Спеціальність 273 «Залізничний транспорт»

ОП «Інтероперабельність і безпека на залізничному транспорті»

**Тема** Дослідження роботи елементів верхньої будови колії залізниць України  
на відповідність вимогам Європейського Союзу

**Theme** Study of the work of elements of the upper structure of the track of  
Ukrainian railways for compliance with the requirements of the European Union

Виконав: \_\_\_\_\_ Олександр ЛИСАК

Керівник:

Доц., к.т.н. \_\_\_\_\_ Володимир АНДРСЄВ

Дніпро  
2022

**Міністерство освіти і науки України**  
**Український державний університет науки і технологій**

ННЦ: «Мости і тунелі»  
Кафедра: «Транспортна інфраструктура»  
Рівень вищої освіти: «Магістр»  
Освітня програма: «Інтероперабельність і безпека на залізничному транспорті»  
Спеціальність: 273 «Залізничний транспорт»  
(шифр та назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри  
«Транспортна інфраструктура»

\_\_\_\_\_ Олексій ТЮТЬКІН  
(підпис) (Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

Дата \_\_\_\_\_

**ЗАВДАННЯ**

на кваліфікаційну роботу ОС «магістр»  
(ступінь вищої освіти)

студенту Олександр ЛИСАКУ  
(Прізвище, Ім'я По батькові)

1. Тема роботи: «Дослідження роботи елементів верхньої будови колії залізниць України на відповідність вимогам Європейського Союзу»

Керівник роботи: Андрєєв Володимир Сергійович, к.т.н., доцент  
(Прізвище, Ім'я, По батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом від «19» жовтня 2022 р. № 1069ст

2. Строк подання студентом роботи: «12» грудня 2022 р.

3. Вихідні дані до роботи: Результати аналізу літературних джерел, що отримані під час пошуку в Internet.

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно опрацювати):  
Вступ. Розділ 1. Розділ 2. Розділ 3. Розділ 4. Висновки.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень):

Презентація за матеріалами досліджень, викладених в магістерській роботі (PowerPoint).

					0053 -216533– МР – 2022 - 001	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Підпись	Дата		2

6. Консультанти розділів роботи:

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Завдання видав: (підпис консультанта, дата)	Завдання прийняв: (підпис студента, дата)
Розділ 1 – 4	К.т.н., доцент Андрєєв В.С.		

**КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН**

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Вступ. Розділ 1.	24.10.2022 – 06.11.2022	
2	Розділ 2. Розділ 3.	07.11.2022 – 20.11.2022	
3	Розділ 4. Висновки. Оформлення ВКР.	21.11.2022 – 11.11.2022	
4	Перевірка роботи на наявність збігів текстових (літерних і цифрових) символів та графічних фрагментів. Отримання відгуку.	12.12.2022 – 18.12.2022	
5	Подання кваліфікаційної роботи до кафедри.	19.12.2022	
6	Захист кваліфікаційної роботи на засіданні Екзаменаційної комісії.	19.12.2022- 25.12.2022	

Студент

\_\_\_\_\_ (підпис)

Олександр ЛИСАК

\_\_\_\_\_ (Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

Керівник роботи

\_\_\_\_\_ (підпис)

Володимир АНДРЕЄВ

\_\_\_\_\_ (Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

					0053 -216533– МР – 2022 - 001	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Підпись	Дата		3

## ЗМІСТ

	стор.
<b>ВСТУП</b>	5
<b>1 ІСТОРІЯ РОЗВИТКУ ПІДРЕЙКОВОЇ ОСНОВИ</b>	6
<b>2 ПІДРЕЙКОВА ОСНОВА НА ЗАЛІЗНИЦЯХ УКРАЇНИ</b>	9
2.1 Класифікація шпал за типами та основні параметри	9
2.2 Загальні вимоги до шпал	17
<b>3 ПІДРЕЙКОВА ОСНОВА НА ЗАЛІЗНИЦЯХ ЄВРОПЕЙСЬКОГО СОЮЗУ</b>	20
<b>4 АДАПТАЦІЯ ВИМОГ ДО ПІДРЕЙКОВОЇ ОСНОВИ НА ЗАЛІЗНИЦЯХ УКРАЇНИ ДО НОРМ ЄВРОПЕЙСЬКОГО СОЮЗУ</b>	46
4.1 Визначення розрахункових параметрів колії	47
4.2 Напруження в елементах верхньої будови колії	49
4.3 Рекомендовані допустимі напруження стиснення під підкладкою в шпалах	54
4.4 Рекомендовані допустимі напруження стиснення в баласті	55
4.5 Рекомендовані допустимі напруження на основній площадці земляного полотна	56
4.6 Аналіз напружень при навантаженні 25 т	57
<b>ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ</b>	61
<b>БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК</b>	62
Додаток А	63
Додаток Б	67
Додаток В	69
Додаток Г	70
Додаток Д	71
Додаток Е	73

## ВСТУП

Україна має розвинену мережу залізниць, експлуатаційна довжина яких становить понад 22 тис. кілометрів. Дві третини українських залізничних ліній є вантажонапруженими, обладнаними сучасними засобами управління, диспетчерською централізацією та автоблокуванням.

Українські залізниці безпосередньо межують та взаємодіють із залізницями Молдови, Польщі, Румунії, Словаччини, Угорщини та забезпечують роботу із сорока міжнародними залізничними переходами, а також обслуговують 18 українських морських портів Чорноморсько-Азовського басейну.

У цій роботі розглядається конструкції підрейкової основи залізничної колії в країнах Західної Європи та України. Наводяться схеми, які застосовують у зарубіжній практиці при взаємодії шляху та рухомого складу.

Проводяться розрахунки напружень в елементах верхньої будови колії, а саме, у шпалах, у баласті та основній площадці.

В результаті порівняння напружень стає ясно, що конструкція залізничної колії та окремі її елементи не перевищують допустимих і допускається можливість адаптації на залізниці України.

					0053 -216533– МР – 2022 - 001	Лист
						5
Изм.	Лист	№ докум.	Підпись	Дата		

## 1 ІСТОРІЯ РОЗВИТКАУ ПІДРЕЙКОВОЇ ОСНОВИ

З самого початку розвитку залізниць як матеріал для шпал було обрано дерево. Через 50 років після пуску першої залізничної лінії у всьому світі дереву віддали перевагу. Але дерево нестійке проти погодних та інших зовнішніх впливів. Ця обставина, а також масове виробництво стали наприкінці останньої чверті 19 століття, призвели до застосування сталевих шпал. Які застосовувалися протягом 50 років у багатьох частинах світу, зокрема й Європі. Але підвищення осьових навантажень та швидкостей вимагало застосування більш важких шпал. Вперше бетонні шпали були використані наприкінці 19 століття. Перша залізобетонна шпала була спроектована і запатентована французьким садівником Gärtner Moniér наприкінці минулого століття. У Німеччині першу спробу застосувати бетонні шпали було здійснено дільниці Нюрнберг-Бамберг[1]. Виробництво бетонних шпал було збільшено під час Другої світової війни. 1939 року було згорнуто виробництво залізних шпал. На той час було розроблено два основні типи бетонних шпал:

- Двоблочні бетонні шпали, в яких два напружені бетонні блоки поздовжніх до осі колії з'єднувалися сталевією балкою.
- Моноблочна шпала, що складається з одного блоку напруженого бетону.

Введення залізобетонних шпал з бетону відіграло значну роль для впровадження безстиківих батогів.

Високошвидкісний рух зі швидкостями до 200-350 км/год вимагав розробки різних моделей колії. Поряд із цим були розроблені нові типи бетонних шпал, такі як: широкі шпали, рамні шпали.

Сьогодні класичні сталеві шпали вже можна зустріти. Єдиний виняток - це особлива форма, так звані Y-сталеві шпали, які застосовують в особливих умовах при обмеженій висоті та ширині колії.

					0053 -216533– МР – 2022 - 001	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Підпись	Дата		6

Загальна кількість залізничних шпал у світі сягає 3 мільярдів.

Лише 20% становлять залізобетонні шпали. Щорічно оновлюється близько 5% шпал. Всесвітнє виробництво шпал сягає 20 мільйонів штук.

Порівняння дерев'яних та залізобетонних шпал

Залізобетонні шпали в порівнянні з дерев'яними мають такі переваги:

- Більш тривалий термін придатності та експлуатації,
- Нижча вартість, ніж шпал з дерева твердих порід,
- Висока величина опору поперечному зсуву завдяки великій вазі.

Але також є й недоліки:

- Чутливість до ударів та поштовхів,
- Поточний вміст поздовжнього профілю шляху вимагає підвищених витрат через більш високий момент інерції та низьку еластичність залізобетонних шпал.

Завдання шпал

До завдань, що пред'являються до шпал відносять:

- Забезпечення постійної ширини колії,
- Розподіл та передачу сил на баласт, а саме:

Перпендикулярних від осьового навантаження,

Горизонтальних від відцентрових сил та

Від поздовжніх сил у рейках.

- Утримування рейок

По висоті (при вигинання і просідання),

У поперечному напрямку проти відцентрових і поперечних сил (Н-сили),

У поздовжньому напрямку проти переміщення рейок через, сил гальмування, прискорення, а також сил температурного розширення

- Безпека колії

При ремонтах,

					0053 -216533– МР – 2022 - 001	Лист
						7
Изм.	Лист	№ докум.	Підпись	Дата		

При зламі рейок

Після сходів, причому повинні забезпечувати передбачені залізничними адміністраціями заходи (тимчасові рейкові скріплення), а також

- Поглинання коливань рейки.
- Обмеження вібраційного та звукового впливу на навколишнє середовище.

Ці різнобічні завдання можуть бути виконані:

- Через застосування поперечних шпал з дерева, заліза або залізобетону,
- Через залізобетонні бруси, або
- Шпальні плити із залізобетону.

					0053 -216533– МР – 2022 - 001	Лист
						8
Изм.	Лист	№ докум.	Підпись	Дата		

## 2 ПІДРЕЙКОВА ОСНОВА НА ЗАЛІЗНИЦЯХ УКРАЇНИ

### 2.1 Класифікація шпал за типами та основні параметри

Шпали в залежності від типу рейкового скріплення поділяють на:

- тип I для роздільного рейкового скріплення з різьбовим прикріпленням рейки та підкладки до шпали;
- тип II для нероздільного анкерного рейкового скріплення з безрізьбовим прикріпленням рейки до шпали;
- тип III для нероздільного рейкового скріплення з різьбовим прикріпленням рейки до шпали.

Схеми шпал типів I, II та III представлені на рисунках 2.1-2.3

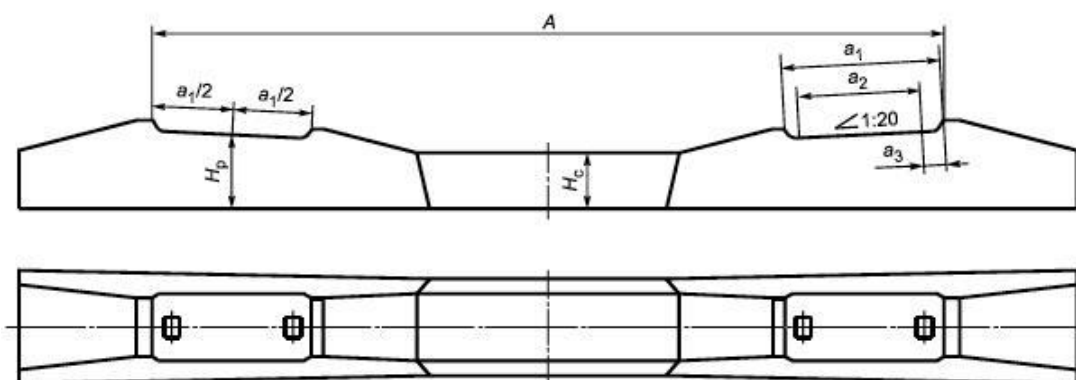


Рисунок 2.1 - Схема шпал типу I

					0053 -216533– МР – 2022 - 001	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Підпись	Дата		9

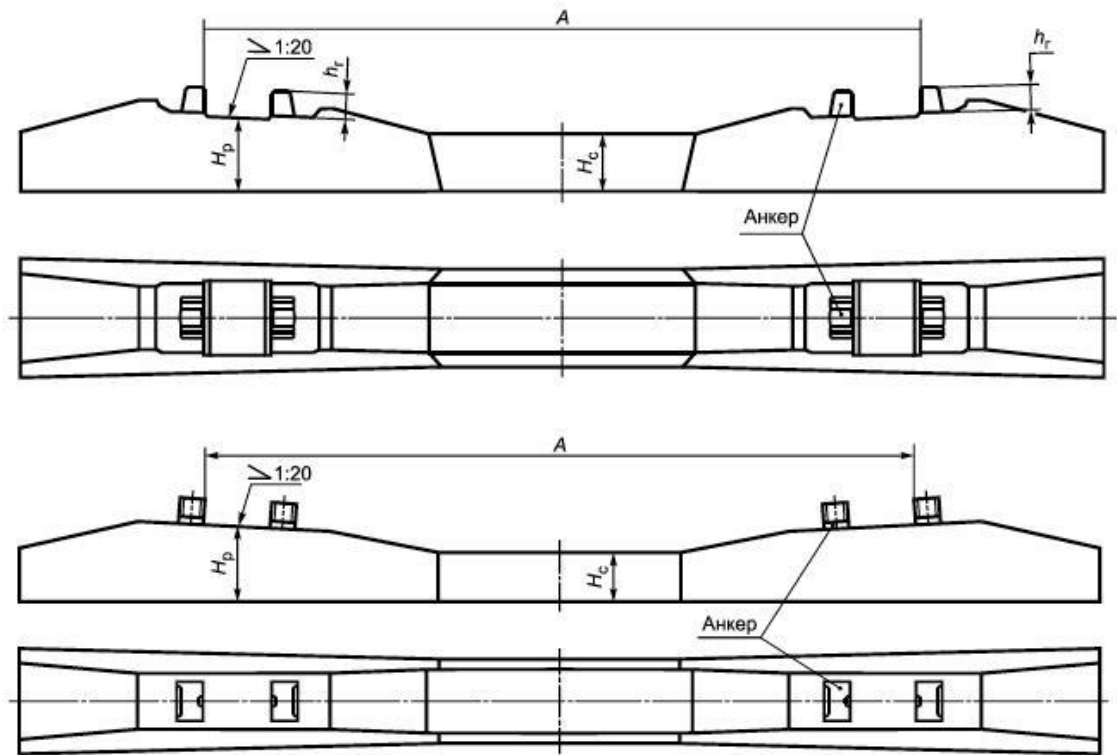


Рисунок 2.2 - Схема шпал типу II

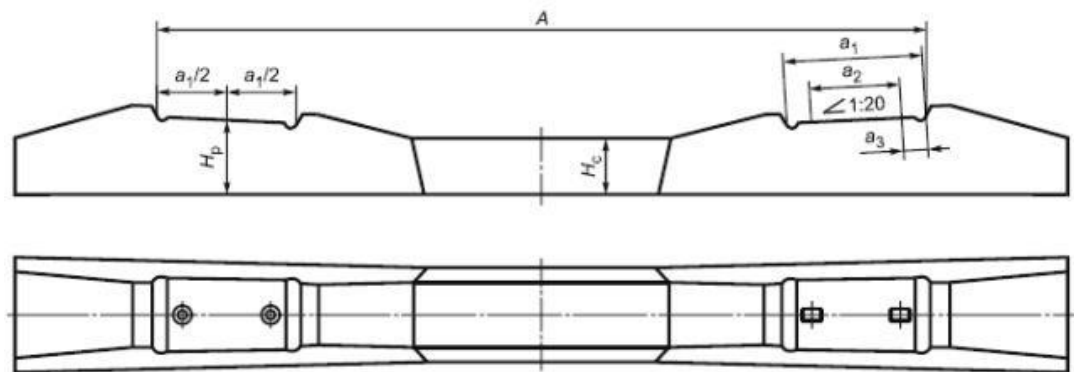


Рисунок 2.3 - Схема шпал типа III

Кожен із зазначених типів шпал включає підтипи шпал з окремими конструктивними особливостями. Позначення підтипів шпал наводять у конструкторській документації, погодженій із власниками інфраструктури.

					0053 -216533– МР – 2022 - 001	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Підпись	Дата		10

По застосуванню в кривих ділянках залізничної колії різного радіусу шпали всіх типів відносять до двох видів:

- для прямих та кривих ділянок залізничної колії радіусом не менше 350 м;

- для кривих малого радіусу (менше 350 м) та перехідних кривих.

Для ділянок залізничної колії з двома різними значеннями ширини колії передбачені шпали для суміщеної ширини колії, представлені на рис. 2.4.

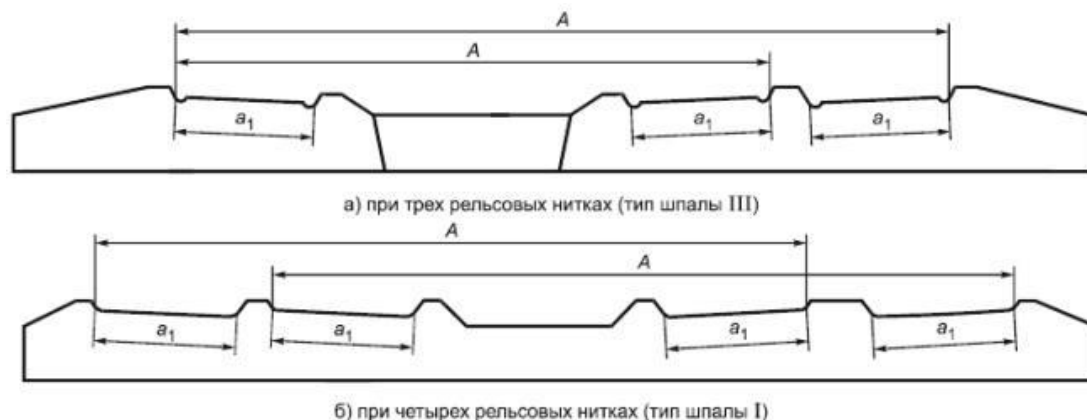


Рисунок 2.4 - Схема шпал з суміщеною колією різної ширини

Для застосування на ділянках залізничної колії, що вимагають встановлення охоронних пристроїв (контруктів), для всіх типів шпал повинні бути передбачені спеціальні конструкції, які називаються "мостовими" та "човниковими".

За якістю виготовлення шпали відносять до першого чи другого сорту.

До другого сорту відносять шпали:

- зі зниженими показниками по тріщиностійкості;
- за точністю дотримання геометричних розмірів;
- за якістю бетонних поверхонь.

Шпали другого сорту допускаються до застосування лише на малодіяльних внутрішньостанційних сполучних та під'їзних коліях, а також внутрішньозаводських коліях промислових підприємств відповідно до вимог нормативних документів.

					0053 -216533– МР – 2022 - 001	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Підпись	Дата		11

Основним параметром  $A$ , який визначає ширину рейкової колії  $S$  в міліметрах, для шпал всіх типів є відстань між двома фіксованими точками на підрейкових основах протилежних кінців шпали, яке вимірюють поздовжньої осі шпали.

Для шпал типу I (рис. 2.1) основним параметром  $A$  є відстань між зовнішніми напольгливими площинами заглиблень у підрейкових майданчиках протилежних кінців шпали, яке вимірюють на рівні верху кромки.

Для шпал типу II (рис. 2.2) основним параметром є відстань між внутрішніми площинами зовнішніх виступів на головках анкерів протилежних кінців шпали, яке вимірюють на рівні їх виходу з бетону.

Для шпал типу III (рис. 2.3) основним параметром  $A$  є відстань між зовнішніми напольгливими площинами заглиблень у підрейкових майданчиках протилежних кінців шпали, яке вимірюють на рівні підрейкових майданчиків.

Для підтипів шпал, призначених до укладання в кривих малого радіуса і в перехідних кривих, ширина рейкової колії включає поправку, що враховує нормоване розширення рейкової колії на ділянках залізничної колії в залежності від їх радіусу.

Значення виправлення рекомендується приймати за таблицею 2.1. Для різних підтипів шпал значення виправлення встановлюють у технічній документації.

					0053 -216533– МР – 2022 - 001	Лист
						12
Изм.	Лист	№ докум.	Підпись	Дата		

Таблиця 2.1 - Значення поправки  $A$  до відстані  $A$  для шпал, вкладаємих в кривих ділянках колії

Ділянка Залізничної колії	Ширина рейкової колії 1067 мм		Позначення поправки	Ширина рейкової колії 1520 мм		Позначення поправки
	$S$			$K$	$S$	
Кругові криві радіусом не менше 350 м	1067	0	-	1520	0	-
Перехідні криві	1069	2	K69	1522	2	K22
	1071	4	K71	1524	4	K24
	1075	8	K75	1526	6	K26
				1528	8	K28
Кругові криві радіусом от 349 до 300 м	1079	12	K79	1530	10	K30
Перехідні криві	1081	14	K81	1532	12	K32
	1085	18	K85			
	1089	22	K89			
Кругові криві радіусом не більше 299 м	1091	24	K91	1535	15	K35
Примітки - В таблиці використовують такі умовні позначення: $S$ - номінальна ширина рейкової колії, мм; $K$ - позначення поправки на шпалі; - поправка до відстані $A$ , мм.						

Шпали для ділянок залізничної колії з поєднаною рейковою колією при двох її номінальних значеннях повинні мати два різні значення відстані  $A$  для кожної ширини колії.

Основними параметрами, які визначають розташування заставних елементів на підрейкових майданчиках шпали, повинні бути відстані  $a$ ,  $a_1$  та  $a_2$  в міліметрах:

а) для шпал типу І, що представлені на рис. 2.5:

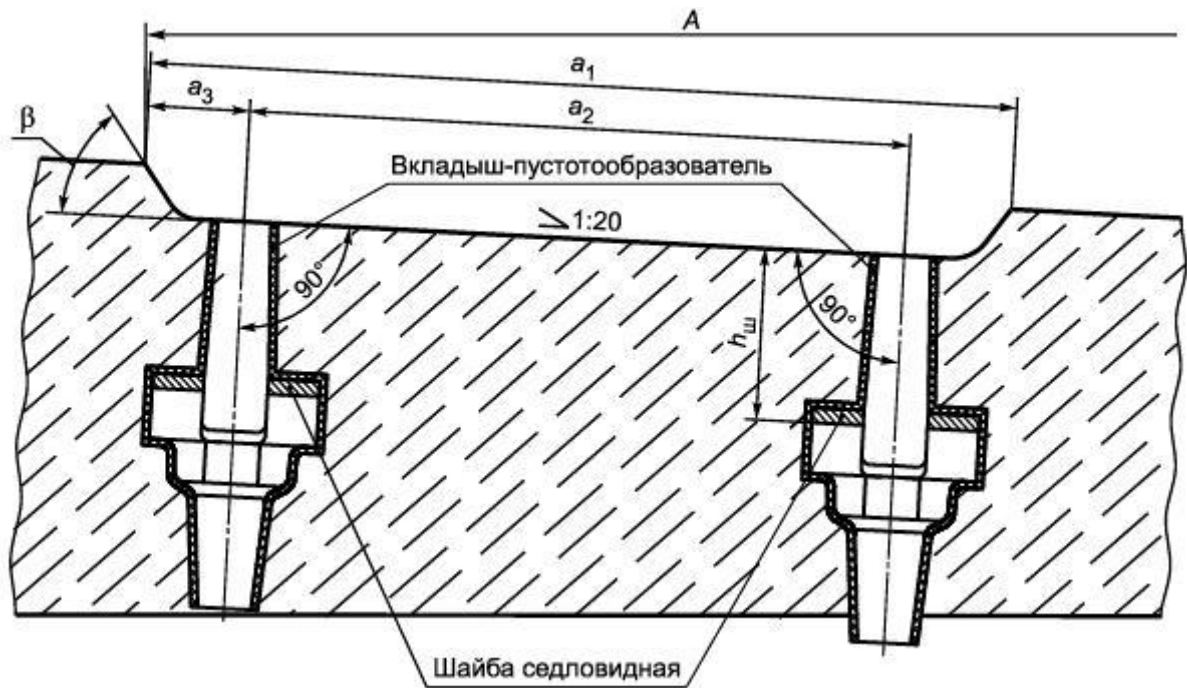


Рисунок 2.5 - Підрейкова частина шпал типу І з болтовим скріпленням

1)  $a$  - відстань між кромками одного поглиблення в підрейковому майданчику, що вимірюється на рівні верху кромок;

2)  $a$  - відстань між центрами отворів, що вимірюється на рівні верху кромок;

3)  $a$  - відстань від напологливої кромки заглиблення до центру найближчого отвору, що вимірюється на рівні верху кромок;

б) для шпал типу ІІІ, представлених на рис.2.6:

					0053 -216533– МР – 2022 - 001	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Підпись	Дата		14

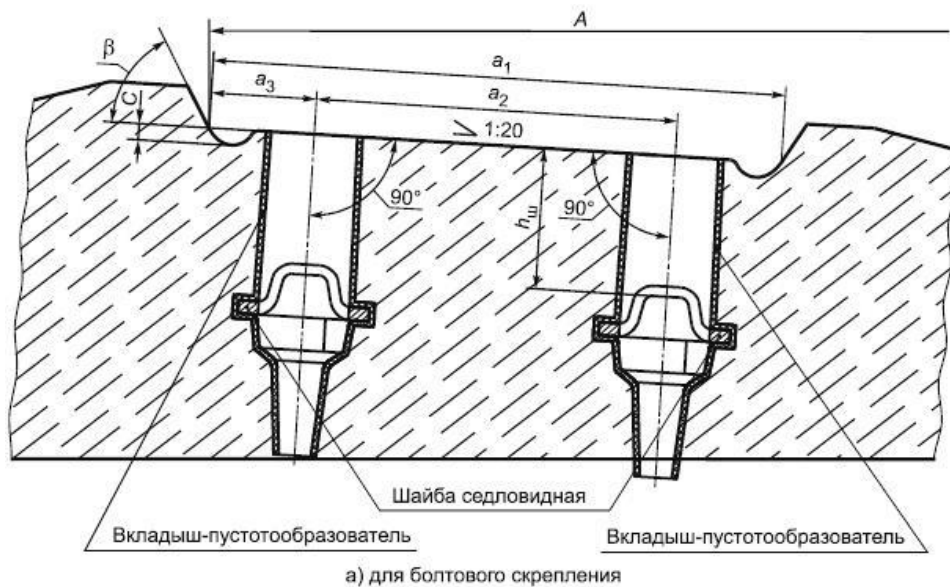


Рисунок 2.6 - Підрейкова частина шпал типу III

б) для шурупно-дюбельного скріплення

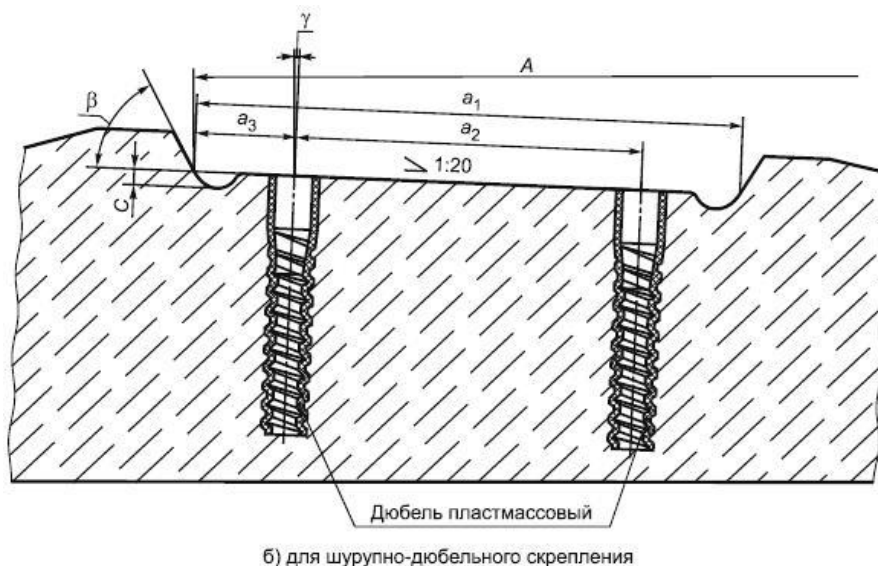


Рисунок 2.6 - Лист 2

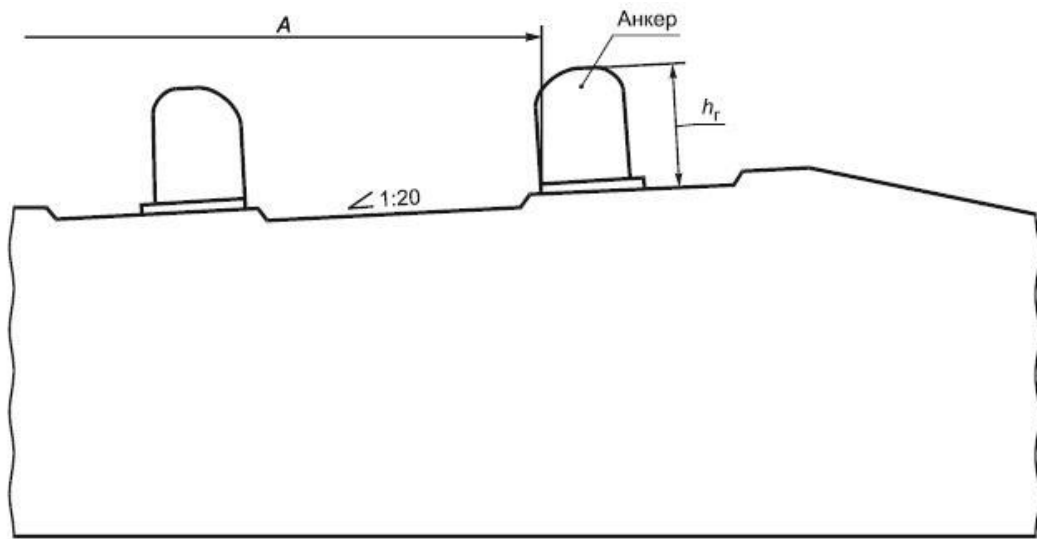
1)  $a$  - відстань між похилими площинами одного поглиблення, що вимірюється на рівні підрейкового майданчика;

2)  $a$  - відстань між центрами отворів, що вимірюється на рівні підрейкового майданчика;

3)  $a$  - відстань від завзятої кромки заглиблення у майданчику до центру найближчого отвору, що вимірюється на рівні підрейкового майданчика;

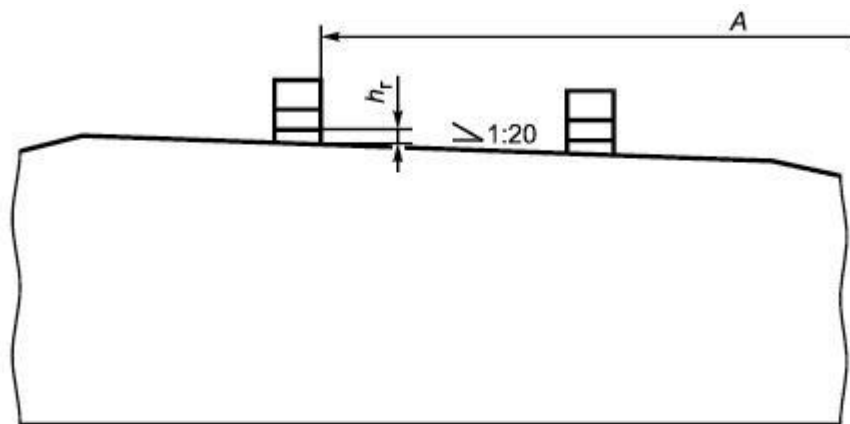
					0053 -216533– МР – 2022 - 001	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Підпись	Дата		15

в) для шпал типу II, представлених на рисунку 2.7, відстань  $a$ ,  $a$  і  $a$  відсутні.



а)

Рисунок 2.7 - Підрейкова частина шпал типу II



б)

Рисунок 2.7 - Лист 2

Для шпал всіх типів основним параметром, який впливає на їхню тріщиностійкість, є висота шпали.

В шпалах типу III основними параметрами, що впливають на роботу рейкового скріплення, є глибина викружки в підрейковому майданчику з міліметрами і кут нахилу завзятих площин заглиблень до площини підрейкових майданчиків у градусах (рис. 2.6).

					0053 -216533– МР – 2022 - 001	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Підпись	Дата		16

У шпалах типів I та III з болтовим скріпленням основним параметром є відстань від робочої поверхні заставної шайби до площини підрейкового майданчика  $h$  у міліметрах (рис 2.5 та рис. 2.6 а).

У шпалах типу III із шурупно-дюбельним скріпленням основним параметром є кут нахилу осі дюбеля в поздовжньому та поперечному напрямках щодо перпендикуляра до площини підрейкового майданчика, вказаний у градусах (рис. 2.6 б).

У шпалах типу II основним параметром є відстань  $h$  у міліметрах від верху головки анкера до площини верху підрейкового майданчика (рис.2.7а) або від низу отвору для встановлення клемної пружини до площини верху підрейкового майданчика (рисунок 2.7 б).

## 2.2 Загальні вимоги до шпал

Форма шпали, розташування підрейкових майданчиків та закладних елементів залежно від типу шпал повинні відповідати типовій схемі даної шпали, представленої на рисунках 2.1-2.3 та 2.5-2.7.

Допустимі відхилення розмірів шпал не повинні перевищувати значень, зазначених у таблиці 2.2, для даного типу та сорту шпал.

					0053 -216533– МР – 2022 - 001	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Підпись	Дата		17

Таблиця 2.2 - Допустимі відхилення розмірів шпали

Позначення розмірів шпал	Тип шпали					
	I		II		III	
	Допустимі відхилення розмірів для шпал					
	першого сорту	другого сорту	першого сорту	другого сорту	першого сорту	другого сорту
$A$ , мм	±2	±2	±2	±3	±1,5	±1,5
$a$ , мм	+1; -2	±2	-	-	+1,5; -0,5	+2; -1
$a$ , мм	-	-	-	-	±1	±2
$a$ , мм	-	-	-	-	±0,5	±1
$c$ , мм	-	-	-	-	+1; -0,5	+1,5; -0,5
$h$ , мм	+4; -1	+4; -2	-	-	+4; -1	+4; -2
$H$ , мм	+8; -3	+15; -5	+8; -3	+15; -5	+8; -3	+15; -5
$H$ , мм	+8; -3	+10; -5	+8; -3	+10; -5	+8; -3	+10; -5
$h$ , мм	-	-	±1,5	+2,5; -2	-	-
, град	-	-	-	-	±1,5	±2
, град	-	-	-	-	-2	-2

Підуклонка підрейкових майданчиків шпал першого гатунку має бути в межах від 1/18 до 1/22, для шпал другого гатунку - від 1/16 до 1/24.

Пропелерність розташування підрейкових майданчиків за довжиною шпали має перевищувати 1/80.

Відхилення від прямолінійності в площині підрейкових майданчиків шпали по всій довжині та ширині не повинні перевищувати 1 мм для шпал першого гатунку та 2 мм - для шпал другого гатунку.

Кут нахилу завзятих площин поглиблень до площини підрейкових майданчиків повинен становити:

- 55° – для шпал типу I;
- 60° - для шпал типу III.

Шпали повинні відповідати вимогам тріщиностійкості. При випробуванні на тріщиностійкість шпали повинні витримувати без появи видимих тріщин контрольні навантаження, зазначені у таблиці 2.3.

Таблиця 2.3 - Контрольні навантаження при випробуваннях шпал на тріщиностійкість

Перевірений перетин	Напрямок вигину	Контрольне навантаження для шпал кН (тс)	
		першогоо сорту	другого сорту
Підрейкове	До низу	123 (12,5)	98 (10,0)
Середнє	До верху	98 (10,0)	88 (9,0)
	До низу	44 (4,5)	34 (3,5)

Контрольні навантаження та схеми випробувань на тріщиностійкість для шпал із суміщеною рейковою колією повинні бути встановлені в технічній документації.

Товщина захисного шару бетону від верхньої поверхні шпали до крайнього ряду робочої арматури повинна бути не менше ніж 25 мм і від нижньої поверхні - не менше ніж 30 мм.

На бетонній поверхні шпал не допускаються:

- тріщини, за винятком усадкових, з розкриттям не більше 0,1 мм;
- місцеві напливи бетону на підрейкових майданчиках, навколо головок анкерів;
- раковини (на бетонних поверхнях та навколо головок анкерів) та околиці кромek бетону з розмірами та глибиною, що перевищують зазначені в таблиці 2.4.

Таблиця 2.4 - Граничні розміри раковин та сколів бетону для шпал першого гатунку

Вид поверхні шпали	Граничні розміри в міліметрах			
	раковини		соколи бетонау	
	Глибина	Найбільш-ший розмір	Глибина	Довжина по краю
Кромки завзятих площин і викруток підрейкових майданчиків	10	15	10	30
Підрейкові майданчики та верхня поверхня шпали між підрейковими майданчиками	10	30	15	60
Інші ділянки верхньої, бічної та торцевої поверхонь	15	60	30	Не регламентується

Для шпал другого сорту розміри раковин і сколів бетону допускаються вдвічі більше, ніж зазначені в таблиці 2.4.

Допускається закладення раковин і відколів бетону на шпалах з метою переведення їх у перший сорт.

У каналах для закладних болтів шпал типу I повинні бути встановлені вкладки з полімерного матеріалу, що забезпечують геометричні розміри каналу та електричний опір шпал. Для шпал типу III повинні бути встановлені пластмасові дюбелі або вкладки відповідно до конструкторської документації.

У каналах для болтів та шурупів не допускаються напливи бетону, що перешкоджають встановленню закладних болтів та колійних шурупів у робоче положення.

Електричний опір шпали типу III, вимірний між парами заставних елементів, встановлених на протилежних кінцях шпали в сухому стані, залежно від температури повітря має бути не меншим, ніж зазначено в таблиці 2.5.

Таблиця 2.5 - Нормативні значення електричного опору шпал

Температура повітря при вимірюванні, °С	Мінімальний електричний опір кОм
Менее 5	20
От 6 до 10 включ.	15
От 11 до 15 включ.	12,5
Более 16	10

Глибина закладення дюбеля в шпалі щодо рівня підрейкового майданчика має перевищувати 3 мм.

Нижня поверхня шпал повинна бути шорсткою, утвореною частинками заповнювача, що виступають з бетону, але рівною.

Кінці стрижневої арматури не повинні виступати за торцеві поверхні шпали. Для шпал із дротяною арматурою допускається виступ кінців арматури не більше 20 мм.

## З ПІДРЕЙКОВА ОСНОВА НА ЗАЛІЗНИЦЯХ ЄВРОПЕЙСЬКГО СОЮЗУ

### *Дерев'яні шпал*

Відповідно до [1], описуються допускаються для дерев'яних шпал способи випробувань, сорти дерева, дефекти та особливості деревини, а також допустимі форми, розміри та допуски. Шляхи з дерева повинні мати поперечний розмір прямокутної форми зі скошеними на верхній площині під кутом 45° гранями.

Типові розміри дерев'яних шпал у важких умовах:

В ЄС            тверді сорти 16 × 26 × 260 см (дуб, бук)

Таблиця 3.1 - Зіставлення розмірів дерев'яних шпал

Група	Ширина [мм]	Висота [мм]	Скошена висота [мм]
1	260	160	80
2	260	150	70
3	260	130	70
4	240	150	80
5	240	140	70
6	240	130	70
7	220	130	80
8	250	125	25
9	305	125	25
10	305	150	25
11	250	130	25
12	300	130	25
13	200	120	80

На багатьох залізницях висоту шпали в середній частині зменшують, тому що згинальні моменти та навантаження там нижче. Термін експлуатації дерев'яних шпал в залежності від якості та сорту деревини, а також якості протигнільної обробки складає близько 25-45 років. Для високошвидкісних ділянок понад 160 км/год де вони підходять, оскільки викликають зниження 15% величини опору поперечному зрушенню.

Наступні сорти придатні для виробництва шпал для укладання в колію та стрілочні переводи:

- європейський дуб,
  - бук,
  - сосна,
  - морська, чорна сосна,
  - модрина
  - Деревина, що застосовується, не повинна мати наступних дефектів:

Сіра и пошкоджена серцевина,

- Rotkern (у бука) – повинен бути без грибів і не повинен перевищувати допустимих розмірів,
  - Тріщини від пересихання,
  - Тріщини від замерзання,
  - свердлення,
  - поперечну кривизну,

Дерев'яні шпали можуть викривлятися та згинатися під час процесів сушіння та просочення. При викривлених шпалах, причина криється зазвичай у зростанні дерева, при прогині шпал справа найчастіше у напрузі чи усиханні дерева. Усихання дерева в поздовжньому напрямку мінімальне порівняно з радіальним або тангенціальним. Усохлі шпали, приводять як правило до звуження ширини колії, тому при дерев'яних шпалах прагнуть збереження стріли прогину в прямовисному напрямку нижче 5 мм.

					0053 -216533– МР – 2022 - 001	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Підпись	Дата		23

Виступаюча із щебеню третина шпали піддається повному атмосферному впливу. Зазвичай вміст води у шпалі становить близько 30-50%. У разі просочення шпал спостерігають деяке зниження вбирання води. Проходить близько 1-3 років, перш ніж шпала набуває вологості баласту в якому знаходиться.

Влітку через тривалі посушливі періоди відбувається сильне висихання верхніх шарів шпали, які можуть призвести до утворення тріщин. Також можливий подальший прогин шпали. Великі зміни вологості призводять до появи напружень стиснення верхньої поверхні шпали. Як наслідок - підйом країв шпал і звуження ширини колії.

Бук є стандартним сортом дерева, що застосовується для виготовлення шпал у Європі. Шпали з сосни вже не застосовують, так як їх механічні якості міцності не задовольняють зростаючим навантаженням. Дубові шпали надто дорогі. Обидва ці сорти дерева щодо опору гниття програють шпал з просоченого бука. Шляхи з тропічного дерева не застосовують, так як вони по відношенню до букових шпал занадто дорогі. Стрілецьки, до яких висуваються більш високі вимоги щодо збереження форми, стандартно виготовляють з дуба.

Для захисту торців букових шпал від розтріскування сьогодні вже не застосовують бандажі, а під час виробництва по торцях нових шпал вдавлюють спеціальні скоби. Так постачаються усі шпали.

#### *Поводження з дерев'яними шпалами*

Сирі шпали сохнуть на повітрі 1-2 роки, потім просочуються гарячим (Creosote) під тиском. При цьому просочуючий розчин проникає лише у напрямку волокон (вздовж шпали). Важливо, щоб якомога більша внутрішня поверхня піддалася просоченню.

Повне просочення відбувається при вбиранні близько 500 kg/m<sup>3</sup> дерева. Спочатку утворюють вакуум, а потім утворюють тиск близько 10 бар.

					0053 -216533– МР – 2022 - 001	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Підпись	Дата		24

Економ просочення (Rüping-Verfahren) виходить при вбиранні до 150 kg/m<sup>3</sup>. Спочатку створюють тиск повітря 3 бари, потім тиск олії 10 бар, після чого вакуумізують. Частина олії видавлюється внутрішнім тиском.

Термін експлуатації таких шпал становить близько 20-40 років (залежно від сорту дерева та способу просочення).

#### *Ушкодження дерев'яних шпал*

Ушкодження дерев'яних шпал відбуваються через:

- вдавлювання підкладок,
- розширення отворів від скріплень та поздовжні тріщини,
- гниття та пошкодження від іржавіння скріплень.

#### *Поточне утримання дерев'яних шпал*

Поточне утримання дерев'яних шпал здійснюють за допомогою наступних робіт:

збільшені отвори рейкових скріплень дюбеля та заповнюють штучним матеріалом

фрезерують та просочують місця навантаження від рейок

Циклічне частково поновлення дерев'яних шпал.

Циклічне часткове оновлення дерев'яних шпал проводять кожні 5 – 8 років. При цьому замінюють до 6% поганих і які не несуть навантаження шпали.

Щебінь у районі цих шпал видаляють настільки, щоб була можливість монтувати нову шпалу. Щебінь при цьому опадає, і залишаючись там перешкоджає водовідведення.

- Так у колії лежать різні шпали, нові з великим та старі з меншим модулем еластичності.
- Нові шпали сприймають більшу частину навантаження ніж старі. Як наслідок нові шпали зазнають підвищених навантажень і швидше зношуються недоліки:

погане водовідведення,

скорочений термін служби нових шпал,

					0053 -216533– МР – 2022 - 001	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Підпись	Дата		25

- відсутність заміни, на противагу бетонним шпалам, скріплень  
*Повня заміна шпал (Європа)*

Відсутні вищезгадані недоліки, ще придатні шпали використовують на другорядних ділянках, де вони мають однакове навантаження і зазвичай такий самий термін експлуатації (ступінчаста економія). Переукладання проводиться механізовано, в основному супроводжується очищенням щебеню та заміною рейок.

*Способи застосування дерев'яних шпал у США.*

У США застосовують дубові дерев'яні шпали при важких осьових навантаженнях до 33 т, а також на швидкісних ділянках. Навіть сьогодні частка дерев'яних шпал у США сягає 95%. Щорічно укладають 16 мільйонів дерев'яних шпал. Термін експлуатації твердих дерев'яних шпал лежить від 30 до 50 років і залежить від переважного клімату, як показано у таблиці 3.2.

Таблиця 3.2 - Тривалість експлуатації дерев'яних шпал у США

Температура/клімат	Схід США	Жарко / сиро Південь США	Жарко / сухо Захід США
Строк експлуатації [a]	46,1	30,4	50,6

У Європі загальний термін експлуатації теоретично (після переукладання та подальшого розбирання) букових шпал сягає 40 років (типово 25 років).

Під час тестів, проведених останнім часом, букові шпали з милицями як рейкові скріплення витримували навантаження в 460 млн.т. при осьових навантаженнях 36 тонн.

При будівництві головних колій у США в даний час застосовують еластичні рейкові скріплення, що добре зарекомендували себе. Головна перевага твердих дерев'яних шпал, на яку сьогодні все акцентується у США, полягає в демпфуючих властивостях дерев'яних шпал під динамічним навантаженням. Тиск на баласт, що відбувається при дерев'яних шпалах,

становить лише третину, від залізобетонних, за однакових умов, див. таблицю 3.3.

Таблиця 3.3 - Тиск на баласт при різних шпалах, які застосовують у США

Позначення	Дерев'яні шпали Тиск на баласт [МПа]	Залізобетонні шпали Тиск на баласт [МПа]
Головні колії	14-48	48-100
Другорядні колії	7-14	N/A
FAST дослідні ділянки	14-20	27,5-55

Як аналітичні розрахунки, і практичні результати показують зниження вертикальних максимальних навантажень від динамічного змінного впливу між рейкою і колесом.

#### *Тверде та м'яке дерево*

Термін тверде дерево говорить про міцність деревини, а не про ботанічну різницю між хвойними та листяними породами. Під осьовим навантаженням 25 тон дерев'яні шпали повинні сприймати навантаження близько 0,7-2,1 N/мм<sup>2</sup>. Букове дерево у сухому стані витримує навантаження 3,8 N/мм<sup>2</sup> у сирому до 2,5 N/мм<sup>2</sup>. Таким чином букова шпала у сирому стані витримує більш ніж достатнє навантаження. Міцність сухої сосни становить 2,9 N/мм<sup>2</sup> та 1,9 N/мм<sup>2</sup> у сирому стані. Таким чином, у разі застосування соснових шпал на коліях з 25-ти осьовими навантаженнями їх допустима міцність була б перевищена.

#### *Сталеві шпали*

Згідно [3], Сталеві шпали. Описується виробництво.

Проба на розтяг ISO 6892-1:2016 (Steel-Tensile testing). Проба на вигин

Таблиця 3.4 - Сорти сталі для сталевих шпал

Міцність на розтягування $R_m$ [N/мм <sup>2</sup> ]	Розтягування розриву Min. [%]
380-460	24
430-510	20
510-620	18

Таблиця 3.5 - Допуски нових сталевих шпал

Позначення	Допуск [мм]
Товщина	± 0,75
Довжина отвору	± 0,5
Ширина отвору	± 0,5
Відстань між зовнішніми кантами зовнішніх отворів під рейкові скріплення	± 1,5
Відстань між зовнішніми кантами тих же посадкових місць рейки	± 0,75
Ухил поверхні прилягання	± 7/1000
Висота кантов	± 20

Сталеві шпали мають форму швелера з вигнутими кінцями. Найчастіше їх застосовують у стрілочних переводах завдяки підтримці постійної ширини колії. Термін експлуатації становить до 40-60 років.

Переваги:

- низька вага і тому легке користування,
- низька висота і тому зменшена потреба в щебені
- високий термін експлуатації.

					0053 -216533– МР – 2022 - 001	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Підпись	Дата		28

Недоліки:

- високий знос щебеню через недемпфовані удари,
- Опір поперечному зсуву порівняно із залізобетонними нижчий; тому на деяких типах шпал зовнішні кінці витягають сильніше,
- Знос щебеню викликає його склеювання і як наслідок - недостатнє водовідведення

Рихтувальні роботи при сталевих шпалах важкі, оскільки їхні краї сильно загнуті (в англійському виконанні).

Таблиця 3.6 - Технічні дані сталевої шпали Sw9

форма	позначення	вага [кг/м]	ширина [мм]	висота [мм]	Площа поперечного перерізу [см <sup>2</sup> ]	Момент інерції [см <sup>4</sup> ]	Момент опору [см <sup>3</sup> ]
Sw9 Sw7DRB	Profil der ÖBB	28,85	260	100	36,75	344	51

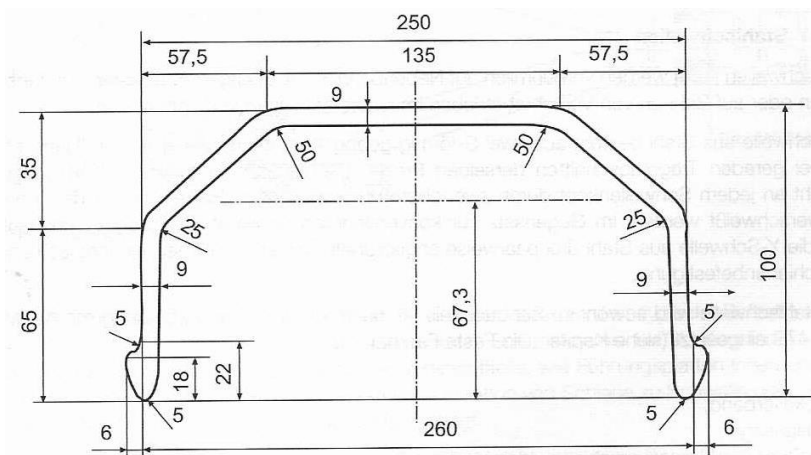


Рисунок 3.1 - Поперечний переріз шпали Sw9В

Таблиця 3.7 - Критичне підвищення температури за різних типів верхньої будови і ширини колії 60 см (американське відношення)

Вага рейки [кг/м]	Маса шпали [kg]			Тип викиду Вертикально / горизонтально	Критичне підвищення температури [°C]		
	Дерево	Бетон	Сталь		Дерево	Бетон	сталь
31	72	-	35	Вертикально/	45	-	40
				горизонтально	73	-	93
41	72	-	62	Вертикально/	45	-	46
				Горизонтально	53	-	61
47	92	-	62	Вертикально/	46	-	46
				горизонтально	49	-	56
53	92	300	62	Вертикально/	47	70	46
				горизонтально	47	52	53
59	92	300	100	Вертикально/	48	70	52
				горизонтально	43	48	48
66	110	300	100	Вертикально/	50	69	51
				горизонтально	43	47	48
68	110	300	100	Вертикально/	50	69	52
				горизонтально	42	46	47

Як показують результати, колія з рейками, легшими ніж 53 кг/м має тенденцію до вертикальних викидів. Більш важка колія має тенденцію до горизонтальних викидів, оскільки гранично-допустиме підвищення температури нижче за.

*У- сталеві шпали*

У- сталеві шпали переважно застосовують на другорядних ділянках за невисоких осьових навантажень і швидкостей або на внутрішньоміських (заводських) коліях.

У- шпала складається з двох S-образно вигнутих, гарячої прокатки широких швелерів і двох прямих відрізків такого ж профілю. З'єднання між сталевими профілями відбувається за допомогою двох верхніх і двох нижніх засувів, які зварюються з несучими швелерами. На противагу звичайним шпалам із двома опорами сталева шпала У- шпала замінює три попарно пов'язані опори з центрально розташованими рейковими скріпленнями.

Сталеві У- шпали в щебеневій колії, а також на *FF* у поєднанні з асфальтовим несучим.

переваги:

- триточкове з'єднання,
- Подвійні опори,
- Високий опір поздовжньому і поперечному зсуву колії,
- Незначна висота,
- Хороші ізоляційні якості від рейки до рейки,
- Низька вага,
- Хороша торсіонна і рамна міцність,
- Можливість подальшого перероблення.

Економія щебеню завдяки невисокій довжині шпал і підвищеному опору поперечному зсуву зменшене плече баластної призми 30 см вигідно використовується в старих мережах залізниць, для організації об'їзних маршрутів, під час тривалих ремонтів головних колій, для зниження кількості земляних робіт під час влаштування насипів. сталеві У- шпали на земляному полотні не застосовують для високошвидкісних ділянок.

недоліки:

- Необхідні спеціальні машини для підбивання,
  - Більш складний поточний зміст,
  - висока вартість (сьогодні на 70 € дорожче ніж залізобетонна шпала *B70*)
- и На противагу звичайним шпалам із двома опорами сталева шпала

					0053 -216533– МР – 2022 - 001	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Підпись	Дата		31

- за великих похибок положення колії в плані через високий опір до зсуву, зі складнощами можливе тільки машинне рихтування.

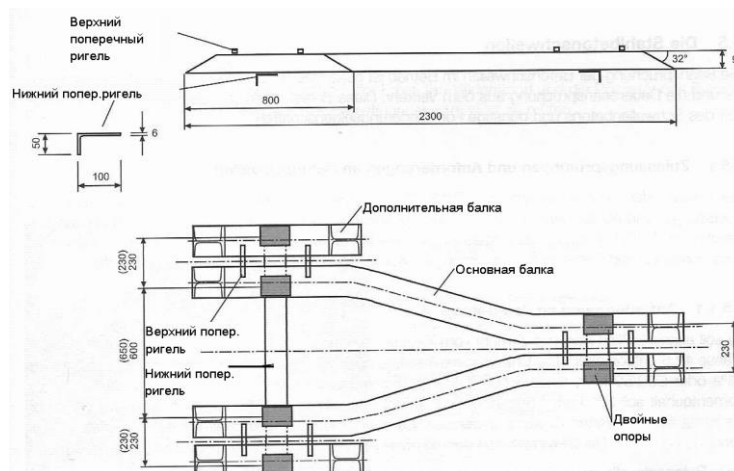


Рисунок 3.2 - Стальна Y-шпала

В якості скріплення застосовують W- скріплення. Натяг створюється завдяки натяжній клемі *Sk114*, дюбель зі штучного матеріалу і шуруп. Завдяки застосуванню елементів зі штучного матеріалу, як напрямні пластини зсередини та зовні, проміжного положення та дюбеля зі штучного матеріалу, досягається хороша електрична ізоляція між рейками. [4]. На 1000m колії витрачається 803 Y- шпали.

Таблиця 3.8 - Порівняння між дерев'яними, бетонними та Y-шпалами

Шпала	Дерево	бетон	Y
довжина [м]	2,6	2,6	2,3
висота [см]	16	21	9,5
Епюра [1/km]	1667	1667	803
Кількість точок закріплення рейок [1/km]	3334	3334	2409
Кількість точок опор рейок [1/km]	3334	3334	4818
Транспортна вага включно з рейковими скріпленнями [t/km]	153	467	112
Витрати щебеню [m <sup>3</sup> /km]	1940	2065	1420 <sup>1)</sup>
Витрати щебеню [t/km]	3200	3407	2389 <sup>1)</sup>
Специфічна потреба в щебені [%]	100	94	70

### *залізобетонні шпали*

вимоги до бетонних шпал під час експлуатації характеризується частими температурними змінами і постійними експлуатаційними навантаженнями. Ці навантаження вимагають високої міцності на розтягнення бетону для шпал і сприятливих якостей при зміні форми.

### *Вимоги до шпал [5]*

Стандарт бетонної шпали описує, з одного боку, допуски та приймальні випробування для цих шпал, вимоги до довговічності бетону, будівельних матеріалів, розмірів (допусків), а з другого боку - пропозиції та угоди для покупця, а також вимоги до виробників..

### *Вимоги к бетону*

Повинен застосовуватися виключно портландцемент **Тип I**. мінімальна міцність якого повинна відповідати класу 42,5. міцність на стиск повинна відповідати класу *C45/55* МПа або *C50/60* МПа. Водоцементне відношення має бути нижче 0,45. Мінімальна кількість цементу має становити 300 кг/м<sup>3</sup>. Маса бетонної шпали не повинна відрізнятись більш ніж на 3% від проектної. Повинен застосовуватися цемент із вмістом лугу менше 0,6%. Загальна маса реактивного лугу не повинна перевищувати 3,5 кг/м<sup>3</sup>.

На кожній шпалі має бути позначено:

- Рік виробництва
- Номер опалубки,
- Знак виробника,
- Крім того, на кожній шпалі повинна стояти дата

виробництва і номер серії

### *Випробування на відповідність шпал*

### *статичний прогин*

Бетонна шпала навантажується статично на величину очікуваного навантаження і перевіряється

					0053 -216533– МР – 2022 - 001	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Підпись	Дата		33

### динамічний прогин

Під час динамічного прогину шпала піддається змінному навантаженню, при цьому ніби симулюється стикове навантаження в колії. З одного боку, визначається те навантаження, після зняття якого залишаються тріщини з шириною від 0,05 mm, а з іншого боку визначається навантаження розлому, після зняття якого залишаються тріщини до 0,5 mm.

### Випробування на втомлюваність

Під час випробування на втомлюваність симулюється навантаження від поїздів, що проходять.

### Електричний опір шпал

Електричний опір заміряють між двома частинами рейки, які закріплені на одній шпалі. Під час вимірювання шпали симулюється дощ. Після симуляції дощу протягом 10 хвилин знову заміряють. Для бетонних шпал рекомендується електричний опір у  $5\text{ kOhm}$ . Це відповідає мінімальному опору баласту в  $3\text{ Ohm/km}$ .

### Інші випробування

Також може бути випробувано опір зносу, заморожуванню-розморожуванню, пористість бетону. Також заміряють міцність систем кріплення

### Практичний досвід застосування бетонних шпал

дослідження бетонних шпал В55 у Німеччині після експлуатації протягом 25 і 35 показали, що навіть після такого тривалого періоду терміну експлуатації були відсутні ознаки втомного напруження. Таким чином очікуваний 40-річний термін експлуатації є цілком допустимим. Питання про абсолютно можливу тривалість експлуатації залишається відкритим, але вона становить безумовно понад 40 років. Зі зниженням допустимого вмісту  $\text{SO}_3$  на 4% у червні 1970 з'явилися проблеми з бетонними шпалами. Кількома роками пізніше на таких шпалах було помічено сліди руйнування, які з'явилися після термічної обробки  $80^\circ\text{C}$ . Тим часом максимальна температура бетону була

					0053 -216533– МР – 2022 - 001	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Підпись	Дата		34

знижена до 55°C. Цементні заводи знизили вміст SO<sub>3</sub> близько к 3,5% або нижче. Ці заходи виявилися досить успішними.

#### *Двоблочні шпали*

Двоблочні шпали існують у різних виконаннях. Вони можуть бути легко адаптовані до будь-яких навантажень і швидкостей. Термін їхньої експлуатації сягає 50 років. Такі шпали застосовують у Франції, Бельгії, Іспанії, Португалії, Греції, Мексиці, Бразилії, Алжирі, Індії та Тунісі..

Два армовані бетонні боки 30 × 70 × 25 см з'єднуються пружною сталевую балкою. Концепція виготовлення шпал була розроблена у Франції спеціально для виготовлення двоблокових шпал. Особливо важливим є анкерування сталевих швелерів у бетонних блоках. Пов'язані з цим проблеми не існують в інших типів шпал.

переваги:

- великий опір поперечному зсуву,
- еластична поведінка - відсутність викрадення шпал,
- невисока вага
- апробовані на трасах TGV.

недоліки:

- прогин шпал під час ручного поводження, ручного підбивання, машинного підбивання за допомогою важких колійних машин,
- Дефекти з причин корозії або втомлюваності та пов'язані з цим зміни ширини колії.

Ще один різновид шпал представлений при верхній будові типу зигзаг. Бетонні блоки зв'язуються між собою діагонально, зв'язувальні балки закріплюються. Ця конструкція більше не застосовується, оскільки показала на практиці свою ненадійність.

#### *Двоблочні шпали з полімерного бетону*

Для регіональних і приміських шляхів застосовують двоблочні шпали PZS-94 з полімерного бетону. Переваги цього матеріалу полягають у комбінації його якостей: висока міцність, висока еластичність, високий

					0053 -216533– МР – 2022 - 001	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Підпись	Дата		35

електричний опір, хороші демпферні якості щодо гасіння вібрацій, за високої за високої стійкості проти агресивних впливів. Практичні досліди показали дуже високі якості щодо поглинання звукових коливань - порівняно з дерев'яними шпалами. Перевірка електричного опору показала опір між двома рейками  $> 10^9 \text{ Ohm}$ . Шпали придатні для використання на діючих коліях з осьовими навантаженнями до  $160 \text{ kN}$ .

Таблиця 3.9 - Параметри двоблокових бетонних шпал

Параметр	Тип двоблочної шпали			
	<i>U41</i>	<i>U31</i>	<i>U20</i>	<i>VSP</i>
Загальна довжина [мм]	2415	2252	2240	2240
Довжина бетонних блоків [мм]	840	680	680	680
Ширина бетонних блоків [мм]	290	290	290	290
Глибина бетонних блоків [мм]	220	229	170	170
Вага [kg]	230	200	170	160
Максимальна швидкість [км/ч]	300	200	140	50
навантаження [т / день]	$>45.000$	$<45.000$	$<20.000$	$<10.000$
Осьове навантаження [т]	32	22,5	22,5	22,5

#### *Моноблочні бетонні шпали*

Моноблочні бетонні шпали добре підходять як для високих швидкостей, так і для високих осьових навантажень. Тривалість експлуатації досягає 50 років. Вони застосовуються в Німеччині, Австрії, Канаді, Австралії, США, Китаї, Італії, Англії, Японії, Швеції, Індії, Південній Америці, Швейцарії, Росії та багатьох інших країнах..

#### Виробництво:

У довгу форму з великою кількістю натягнутих дротів (20-40) заливають з мульди бетон і попередньо або після натягують дроти. Попереднє або наступне напруження вибирають так, щоб не могли утворитися тріщини від

вигину. Міцність бетону дуже висока і становить  $6 \text{ kN/cm}^3$ , міцність на розрив при вигині всього лише  $0,065 \text{ kN/cm}^2$ .

На *DB AG* під час постачання бетонних шпал передбачається мінімальне значення міцності на розрив під час вигину від  $5,5 \text{ N/mm}^2$ . Середнє значення статичного Е-модуля становить близько  $42.000 \text{ N/mm}^2$ . термічний коефіцієнт поздовжнього розширення становить близько  $10 \cdot 10^{-6} [1/K^\circ]$ .

У вигляді планомірної остаточної сили попереднього натягу в зоні рейкового навантаження прагнуть до величини в  $260 \text{ kN}$  і в більшості випадків цього досягають [6].

Переваги:

Шпали багатосторонньо перевіряються і можуть бути укладені у великих кількостях. Недоліки можуть бути тільки в разі застосування невідповідного цементу.

Недоліки:

Відсутність протистояння проти поздовжньо-зсувних (до осі шпали) сил і торсіонних, звідси небезпека появи поздовжніх тріщин у разі поганої нижньої будови.

Стрілочні бруси виготовляють так само, як моноблочні шпали, і теж можуть укладати механізовано. Роботи з поточного утримання залізобетонних шпал практично не потрібні. У таблиці 3.10 наводиться огляд застосовуваних моноблочних шпал.

					0053 -216533– МР – 2022 - 001	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Підпись	Дата		37

Таблиця 3.10 - Огляд типових розмірів шпал, що застосовуються в різних країнах

Країна	Ширина колії [мм]	Довжина шпали [мм]	розміри [мм]					
			Під рейкова зона			Середина шпали		
			Висота	Ширина	глибина	Висота	Ширина	глибина
Австралія	1435	2500	212	250	200	165	250	200
Канада	1435	2542	203	254	216	159	264	226
Китай	1435	2500	203	280	170	203	250	161
Німеччина	1435	2600	214	300	170	175	220	150
Велика Британія	1432	2515	203	264	216	165	264	230
Італія	1435	2300	172	284	222	150	240	190
Японія	1435	2400	220	310	190	195	236	180
Швеція	1435	2500	220	294	164	185	230	150
США	1435	2592	241	279	241	178	279	250
Південна Америка	1065	2057	221	245	140	197	203	140
Індія	1673	2750	210	250	var.	180	220	var.
Україна	1520	2700	193	274	177	135	245	182

На наступному малюнку показано застосовувані зараз у Німеччині типи напружених залізобетонних шпал.

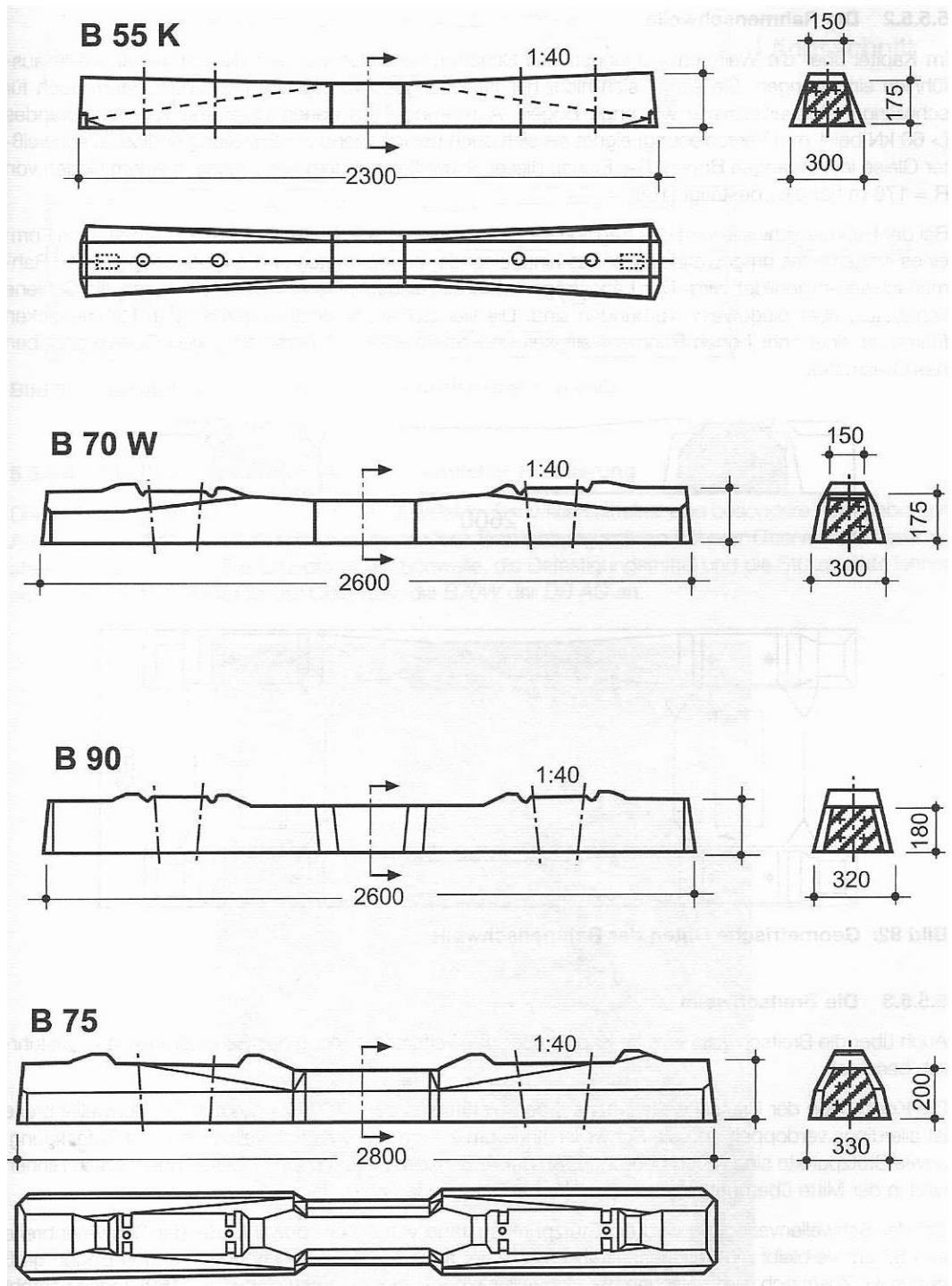


Рисунок 3.9 - Напружені залізобетонні шпали на DB AG

*Особливі форми бетонних шпал*

Вухаті шпали

Фірма Schubert виготовила представлені шпали, які мали в підрейковій зоні шпали вушеподібні балки. Вага таких шпал порівняно зі звичайними збільшилася на 35 kg. Чотири вуха повинні забезпечувати хороше анкерування шпали в щебені, значно збільшуючи величину опору

поперечному зсуву. Крім того, завдяки збільшеній на 20% площі постелі шпали - зменшується величина тиску на щебінь. Вимірювання, проведені Технічним університетом м. Грац, показали практично дворазове збільшення опору поперечному зсуву, ніж звичайні бетонні шпали (B70). Було встановлено, що завдяки збільшеному опору поперечному зсуву вухаті шпали можна укладати в кривих радіусом до 190 м. Проводилися досліди зі стійкості до викиду колії, які були проведені в порівнянні зі звичайними шпалами довжиною 2,6 м. У колії було зроблено дефект 15 mm, шлях був підбитий з підйомом 10 mm і нагрітий до 80°C. Вухаті шпали при цьому лежали в кривій радіус 189 м. Шлях було зварено в безстиківий. Вухаті шпали показали невеликі зрушення назовні кривої, і ніяких видавлювань колії. В області 2,6 метрових шпал були візуально помітні видавлювання колії. Вухаті шпали здалися придатними до укладання в кривих малого радіусу з нескінченно звареними батогами, а 2,6 метрові шпали ні. Досвід показав насамперед протягом випробувань, що вуха не тримали.

#### Рамні шпали

У розділі про розвиток щебеневої верхньої будови досить докладно описані рамні рейки. Вони підходять не тільки для високошвидкісних ділянок, а й для важких умов, як, наприклад, криві малого радіуса. Завдяки високій величині їхнього опору поперечному зсуву ( $> 60 \text{ kN}$  за зсуву 1 mm) для влаштування колії в кривих із дуже малим радіусом і нескінченно звареними батогами. Укладання таких шпал у р-ні м. Земмерінг (Semmering) у кривій із радіусом  $R=176 \text{ m}$  це підтвердило.

За рамних шпал традиційна колія з поперечними шпалами перетворена на несучу систему у формі несучої решітки, яка утворена з розташованих одна за одною і пов'язаних одна з одною балок. Поздовжня балка закріплюється в зоні рейок, що утримує рейку, але дає змогу їй згинатися. Чотири рейкових скріплення по кутах рами призводять до дуже високої рамної жорсткості і дуже високого опору проти поперечного зсуву рейкошпальної решітки.

					0053 -216533– МР – 2022 - 001	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Підпись	Дата		40

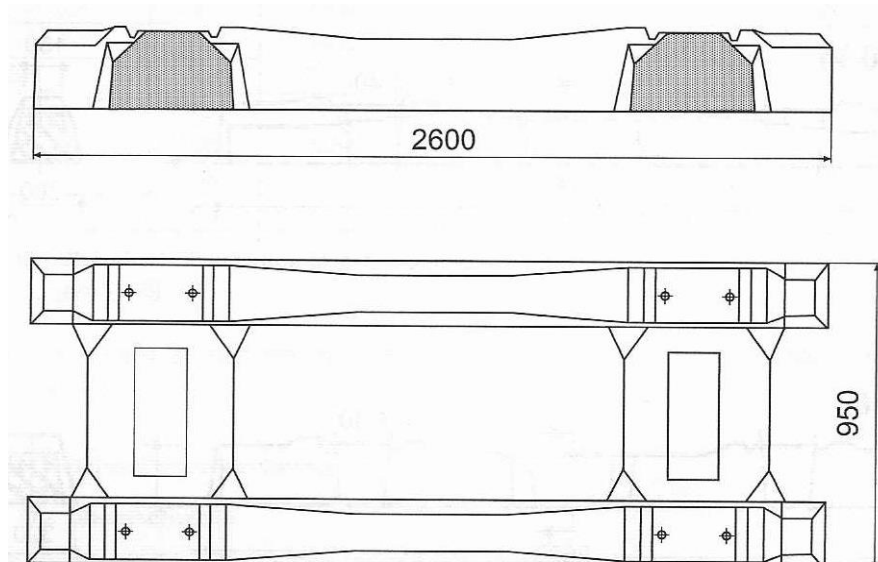


Рисунок 3.10- Геометричні дані рамних шпал

### Широкі шпали

Про широкі шпали так само буде докладно описано в розділі про розвиток щелевеної верхньої будови

Концепція широкої шпали базується на ознаках шпали *B70*. Насамперед збільшено вдвічі ширину шпали, а довжину зменшено на 20 см. Висота шпали та скріплення залишилися колишніми. На зовнішньому боці є водостічний жолоб. Цей жолоб піднесений посередині так, щоб вода зливалася назовні.

Під час укладання відстань між осями шпал становить 60 см. За ширини шпали в 57 см між шпалами залишається зазор у 3 см, який досить великий для укладання так само в кривих малих радіусів. Додатково щілини між шпалами закриваються спеціальними кришками. Які складаються з м'якого-*PVC* з грибоподібною голівкою, містка і двох анкерів. Ці кришки вдавлюються в зазор між шпал. Так усувається проникнення засмічувачів і води з поверхні шпал. Крім того, не відбувається ріст бур'янів у зоні рейкошпальної решітки.

					0053 -216533– МР – 2022 - 001	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Підпись	Дата		41

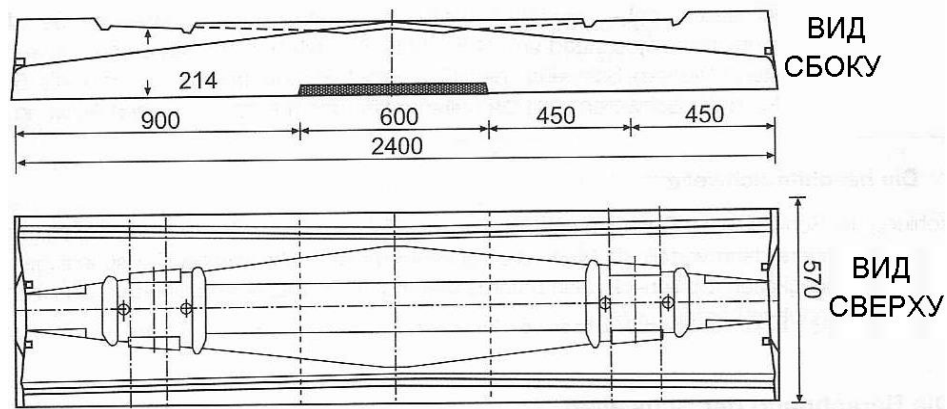


Рисунок 3.11 - Геометричні дані та вигляд широкої шпали

Бетонна шпала *Ve19ae* з бічним профілюванням

У бетонній шпалі *Ve19ae* по *Eder* у середній частині зроблено особливу зміну у формі зуба. За допомогою цієї зміни форми досягається високий опір поперечному зсуву. Основна форма шпали, скріплення і точки опори спираються на шпали *Ve19a* від *ÖBB* або на *B70W* від *DB AG*.

Практичні випробування засвідчили, що підвищується бічне закріплення шпал із щебеним баластом, а також величина опору поперечному зсуву на 24%. Додатково, за допомогою анкерів можна підвищити величину опору поперечному зсуву на більш ніж 50%. Під час виробництва таких шпал бічне профілювання дає незначний вигравш.



Рисунок 3.12 - Поздовжньо профільована шпала *Ve19ae*

*Розрахунок шпал*

Мають застосовуватися такі фактори для розрахунків.

*Проектне осьове навантаження*

Під час розрахунку проектного осьового навантаження беруть до уваги такі критерії:

$Q$  ... заявлене осьове навантаження в kN

Враховують такі фактори:

1,75...динамічне зростання осьового навантаження через вертикальні дефекти профілю колії під час  $v = 200$  км/ч,

1,5... динамічне зростання осьового навантаження через вертикальні дефекти профілю колії під час  $v < 200$  км/ч,

0,5... фактор розподілу вантажу,

1,35...динамічне зростання реакції шпал на підставі пустот під шпалами,

1,6... динамічне зростання згинальних моментів під постіллю шпали на підставі нерівномірностей положення шпали.

					0053 -216533– МР – 2022 - 001	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Підпись	Дата		43

Для покриття величин моментів навантаження, що зустрічаються, допускається застосування бетону з межею міцності під час вигину  $3 \text{ N/мм}^2$ . Попередній натяг бетону не повинен перевищувати величину  $12 \text{ N/мм}^2$ . Міцність бетону при вигині повинна становити мінімально  $6,5 \text{ N/мм}^2$  через 7 днів застигання і міцність на стиск до моменту введення сили попереднього стиснення  $45 \text{ N/мм}^2$ .

У такій таблиці, як приклад, показано вимоги *DB AG* для шпал *B58* і *B70* з попередньо напруженого бетону.

Таблиця 3.12 – Вимоги *DB AG* до напружених бетонних шпал *B58 / B70*

	Зона підкладки		Середина шпали
	$M_s$ [kNm]		$M_m$ [kNm]
	<i>B58B70</i>		<i>B58 / B70</i>
Вимірний момент $M_s / M_m$	12	16	12
Момент появи подряпин $M_{SR} / M_{mR}$	17	21	13
Момент появи тріщин $M_{S0,10} / M_{m0,10}$	21	26	17
Момент появи тріщин $M_{S0,05} / M_{m0,05}$	27	34	23
Момент зламу $M_{SB} / M_{mB}$	39	48	26

#### *Розрахунок поперечних шпал*

Для розрахунку поперечних шпал, верхня будова замінюється на верхню будову з довгими балками. Розрахунок згинальних моментів, що з'являються у шпалі, відбувається заміною нерухомої балки мінімально для двох різних способів розподілу, за одного - для низу рейки, а за іншого - для середини шпали - відбувається максимальний згинальний момент.

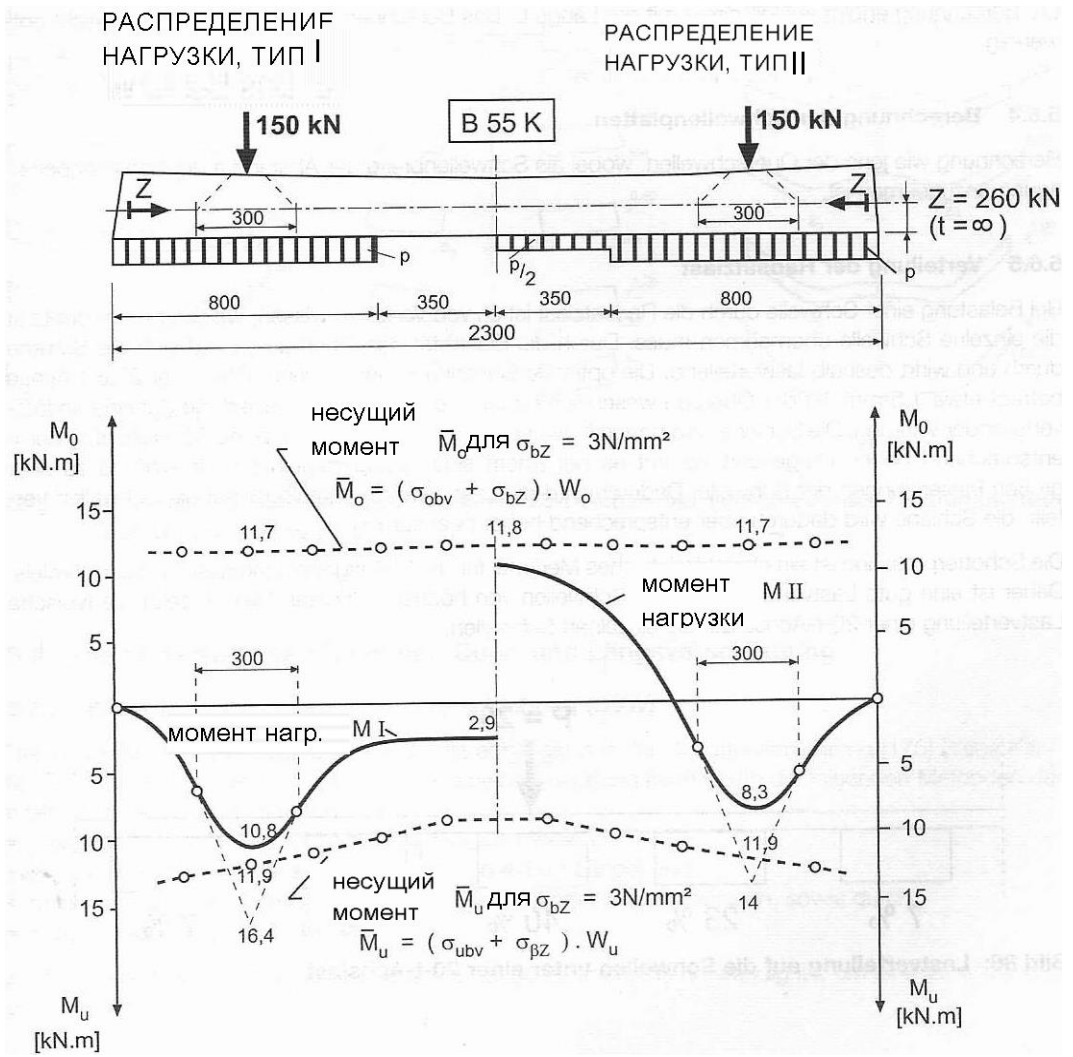


Рисунок 3.14 - Вимірювання шпал із напруженого бетону B55 для двох різних випадків опор, з тиском на щєбінь

Дія зміни відстані між шпалами від  $a$  до  $a_1$ .

Зміна фіктивної поздовжньої балки : 
$$L_1 = L \cdot \sqrt[4]{\frac{a_1}{a}}$$

Зміна прогину: 
$$y_1 = y \cdot \sqrt[4]{\left(\frac{a_1}{a}\right)^3}$$

Зміна тиску щєбеню: 
$$\sigma_1 = \sigma \cdot \frac{y_1}{y} = \sigma \cdot \sqrt[4]{\left(\frac{a_1}{a}\right)^3}$$

## 4 АДАПТАЦІЯ ВИМОГ ДО ПІДРЕЙКОВОЇ ОСНОВИ НА ЗАЛІЗНИЦЯХ УКРАЇНИ ДО НОРМ ЄВРОПЕЙСЬКОГО СОЮЗУ

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

Директива (ЄС) 2016/797[7] визначає підсистеми, структурні або функціональні, що входять до складу залізничної системи Європейського Союзу

TSI класифікуються в основному за типом лінії:

- навантаження на вісь,
- швидкість лінії,
- довжина поїзда
- корисна довжина платформи.

Класифікацію та параметри вантажних ліній представлено в табл. 4.1

Таблиця 4.1 – 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

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

Для ліній категорії F1520 осьове навантаження – 25 т.

В Україні осьове навантаження становить 23,5т.

Проведемо розрахунки і спробуємо адаптувати осьове навантаження на колії шириною 1520 мм на залізницях України.

Розрахунки проводимо згідно з нормативними документами України [12]

Основними завданнями практичних інженерних розрахунків колії на міцність є:

- визначення динамічного прогину рейки під впливом динамічного поїзного навантаження;

- визначення внутрішніх силових факторів і напружень, що виникають у головних конструкціях верхньої будови колії: згинальних моментів і поперечних сил у рейках, сил тиску рейок на опори і шпал на баласт;

- визначення напружень від вигину і крутіння в рейках, стискаючих напружень у шпалах під підкладкою, напружень стиску в баласті під шпалами і напружень стиску на основній площадці земляного полотна під баластом;

- визначення умов дотримання допустимої міцності в елементах верхньої будови колії під впливом на них поїзного навантаження.(ЦП-117) [12].

У нашому випадку необхідно розглянути напруження в основній площадці земляного полотна, у баласті та у шпалах.

#### 4.1 Визначення розрахункових параметрів колії

Під час розрахунків колії на вплив вертикальних динамічних навантажень як розрахункові параметри колії необхідно мати:

- розрахункову вертикальну жорсткість рейкової нитки (сумарну), що враховує спільну роботу рейок і підрейкової основи;

- вертикальну жорсткість (сумарну) точкової опори;

- вертикальний модуль пружності підрейкової основи;

- вертикальний модуль пружності підшпальної основи;

- коефіцієнт пружного стиснення баласту під шпалою;

					0053 -216533– МР – 2022 - 001	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Підпись	Дата		47

- геометричні розміри та характеристики елементів конструкції верхньої будови колії (моменти інерції та моменти опору) під час роботи на вигин рейок і шпал (або інших спеціальних конструкцій) під час розрахунків оригінальної конструкції колії;

- характеристики опору матеріалу основних елементів верхньої будови колії, тобто модуль пружності рейкової сталі, модулі пружності під час роботи на вигин, стиснення і зім'яття дерева або залізобетону (залежно від застосованих шпал).

Одним із головних розрахункових параметрів верхньої будови колії є коефіцієнт пружного стиснення баласту під шпалою (коефіцієнт постелі). Від нього залежать жорсткість рейкової нитки, модуль пружності колії та сумарна жорсткість точкових опор.

Коефіцієнт постелі залежить від роду баласту, опорної площини шпали або бруса і характеристики згину шпали або бруса під навантаженням. За результатами експериментальних досліджень встановлено такі значення коефіцієнтів постелі.

Модуль пружності підшпальної основи визначається за формулою

$$U_{Z_{ни}} = C_B \cdot b, \quad (4.1)$$

де  $b$  - ширина нижньої постелі шпали.

Відповідно до розрахункової моделі колії прийнято, що кожна рейкова нитка по всій довжині спирається на окремі пружні опори, що складаються з підкладки з прокладками, шпали, баласту і земляного полотна. Таку модель можна розглядати як "багатошаровий пиріг", що складається з конструкційних матеріалів із різними фізичними характеристиками.

					0053 -216533– МР – 2022 - 001	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Підпись	Дата		48

Таблиця 4. 2 - Коефіцієнт пружного стиснення баласту під шпалою  $C_B^*$ ,  
кгс / см<sup>3</sup>

	Дерев'яні шпали та бруси		Залізобетонні шпали, бруси та плити
	Гравійний або піщано-гравійний баласт	Щебневий баласт	Щебневий баласт
Шпали	6-8	8-10	15-17
Бруси	10-12	11-16	18-25
Ж/б плити	-	-	40-100

У таблиці наведено значення  $C_B$  для умов літнього (не замерзлого) баласту.

Вертикальний модуль пружності підрейкової основи визначається за формулою:

$$U_Z = \frac{K_{Z_0}}{l_{ш}} \quad (4.2)$$

де -  $K_{Z_0}$  сумарна жорсткість точкової пружної опори - шпали (розглядається схема обпирання рейкової нитки на точкові пружні опори, рис. 4.2, б)

$l_{ш}$  - відстань між опорами

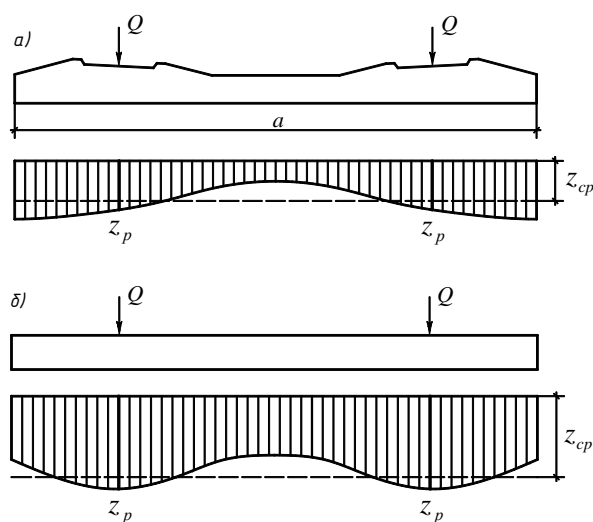


Рисунок 4.2 – Епюра прогинів шпал під навантаженням  
а) для залізобетонної шпали, б) для дерев'яної шпали

Таблиця 4.3 - Розрахункові значення коефіцієнта вигину шпал (залежно від  $C_B$ )

		$C_B$ , кгс/см <sup>3</sup>	Дерев'яні		Залізобетонні	
			літо	зима	літо	зима
Шпали		$C_B$ , кгс/см <sup>3</sup>	9,0	16,0	16,0	24,0
		$\alpha$	0,87	0,8	0,93	0,9
Бруси стрілочних переводів при довжині $a$ (м)	$a=3,0$ м	$C_B$ , кгс/см <sup>3</sup>	11,0	19,0	18,0	27,0
		$\alpha$	$\frac{0,78}{0,4}$	$\frac{0,72}{0,75}$	$\frac{0,79}{0,99}$	$\frac{0,77}{0,93}$
	$a=3,75$ м	$C_B$ , кгс/см <sup>3</sup>	13,0	23,0	20,0	30,0
		$\alpha$	$\frac{0,61}{0,66}$	$\frac{0,55}{0,59}$	$\frac{0,70}{0,77}$	$\frac{0,67}{0,73}$
	$a=4,5$ м	$C_B$ , кгс/см <sup>3</sup>	16,0	28,0	25,0	37,5
		$\alpha$	$\frac{0,49}{0,54}$	$\frac{0,44}{0,47}$	$\frac{0,56}{0,65}$	$\frac{0,54}{0,61}$

Таблиця 4.4 – Механічні характеристики матеріалу шпал і підрейкових прокладок під час стиснення, зминання та вигину

Характеристики		Од. виміру	Залізобетонні шпали (бетон марки 500)		Дерев'яні шпали (сосна)*)		
			нові	Після пропуску 60-80 млн т брутто	нові	після пропуску 30 млн. т брутто	після пропуску 60-80 млн. т брутто
$m$		-	1	1	1	1	1
$E_{ш}^{cm}$		МПа	$4,1 \cdot 10^4$	$3,8 \cdot 10^4$	$1,24 \cdot 10^2$	$0,8 \cdot 10^2$	$0,66 \cdot 10^2$
$E_{ш}^{32}$		МПа	$3,4 \cdot 10^4$		$1 \cdot 10^4$	-	
$C_{зм}$ для скріплення	КБ	Н/см <sup>3</sup>	1225	-	4000	2500	1000
	СБ-3, КПП-1	-II-	4875	-			
	КПП-5	-II-	1417	-			
	SKL-14	-II-	1325	-			

Таблиця 4.5 – Розрахункові значення сумарної точкової жорсткості  $K_{Z_0}$  (кН / м) і модуля пружності підрейкової основи  $U_Z$  (МПа)

Характеристики ВСП		Літо				Зима			
		Дерев'яні		залізобетонні		Дерев'яні		залізобетонні	
		$K_{Z_0}$	$U_Z$	$K_{Z_0}$	$U_Z$	$K_{Z_0}$	$U_Z$	$K_{Z_0}$	$U_Z$
Шпали при епюрі шт./км	1667	15019	25,0	34073	56,8	19075	31,8	42244	70,4
	1840		27,8		63,1		35,3		78,2
	2000		30,0		68,1		38,2		84,5
Бруси стрілочні за довжини $a$ (м)	$a=3,0$ м	$\frac{21768}{23032}$	$\frac{43,1}{45,6}$	$\frac{37269}{42399}$	$\frac{71,7}{81,5}$	$\frac{28954}{29659}$	$\frac{57,3}{58,7}$	$\frac{45889}{50121}$	$\frac{88,2}{96,4}$
		$a=3,75$ м	$\frac{19174}{20165}$	$\frac{49,3}{53,6}$	$\frac{41572}{44183}$	$\frac{78,4}{83,4}$	$\frac{23665}{24360}$	$\frac{61,1}{65,3}$	$\frac{37269}{42399}$
	$a=4,5$ м		$\frac{24635}{26808}$	$\frac{37,2}{39,2}$	$\frac{49977}{51842}$	$\frac{92,2}{98,6}$	$\frac{30568}{32664}$	$\frac{46,0}{47,3}$	$\frac{46085}{49293}$

#### 4.2 Напруження в елементах верхньої будови колії

Напруження (Па) зминання в шпалах під підкладкою визначаються залежно від величини сили тиску рейки на опору  $Q_{дин}$ :

$$\sigma_{ш} = \frac{Q_{дин}}{\omega}, \quad (4.3)$$

де  $\omega$  - площа підкладки, м<sup>2</sup>;

$Q$  - сила тиску рейки на опору

Напруження (Па) стиснення в баласті під шпалою також залежать від величини поперечної сили  $Q$ :

$$\sigma_B = \frac{Q_{дин}}{\Omega \cdot \alpha}, \quad (4.4)$$

де  $\Omega \alpha = \frac{1}{2} \alpha \cdot a \cdot b$  ефективна опорна площа (м<sup>2</sup>) напівшпали з урахуванням її вигину ( $a$   $b$  - довжина шпали і ширина нижньої її постілі,  $\alpha$  - коефіцієнт вигину шпали).

*Визначення напруження в середині баласту (на будь-якій глибині  $h$ ) і на основному майданчику земляного полотна*

Напруження всередині баластного шару і напруження на основному майданчику земляного полотна залежать від величини тиску шпал на баласт і від місця розташування розрахункової точки. У зв'язку з тим, що найбільші напруження в баласті виникають у зонах, безпосередньо розташованих під підрейковими опорами - шпалами, у практичних розрахунках прийнято:

1. Визначати напруження безпосередньо під розрахунковою шпалою (на її вертикальній осі) при розташуванні розрахункового колісного навантаження над нею;

2. Враховувати вплив на розрахункову точку  $M$  (що знаходиться на глибині  $h$  від нижньої постелі шпали) не тільки самої розрахункової шпали, а й вплив сусідніх шпал, розташованих зліва і справа від розрахункової;

3. Враховувати вплив на рейкову нитку сумарного еквівалентного динамічного навантаження, що складається з впливу розрахункового колеса з максимальним динамічним навантаженням і впливу сусідніх із ним (ліворуч і праворуч) коліс із середньодинамічним тиском;

4. Розрахунок напружень у баласті ведеться на основі розв'язання плоскої задачі теорії пружності для навантаження однорідного ізотропного напівпростору прямокутним смуговим розподіленням навантаженням або трикутним розподіленням навантаженням (рис. 4.3);

5. Напруження в розрахунковій точці  $M$  ( $\sigma_b$ ) (у середині баластного шару або на основному майданчику земляного полотна) перебувають у функції від величини тиску шпал на баласт, а також від місця розташування расчётной точки, характеризується глибиною точки ( $h$ ) і кутами утворилися між вертикальною віссю і конусами тисків, що виходять від країв шпал, які розглядаються в розрахунку;

6. Реальну криволінійну епюру тисків шпали на баласт замінюють під розрахунковою шпалою епюрою ламаного обрису, а під сусідніми шпалами,

					0053 -216533– МР – 2022 - 001	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Підпись	Дата		52

для спрощення розрахунку, (внаслідок їх віддаленості від розрахункової точки) замінюють епюрою прямокутного обрису (рис. 4.3).

7. Розрахункову схему для визначення напружень у баласті та на основному майданчику земляного полотна наведено на рис. 4.3 и рис. 4.4.

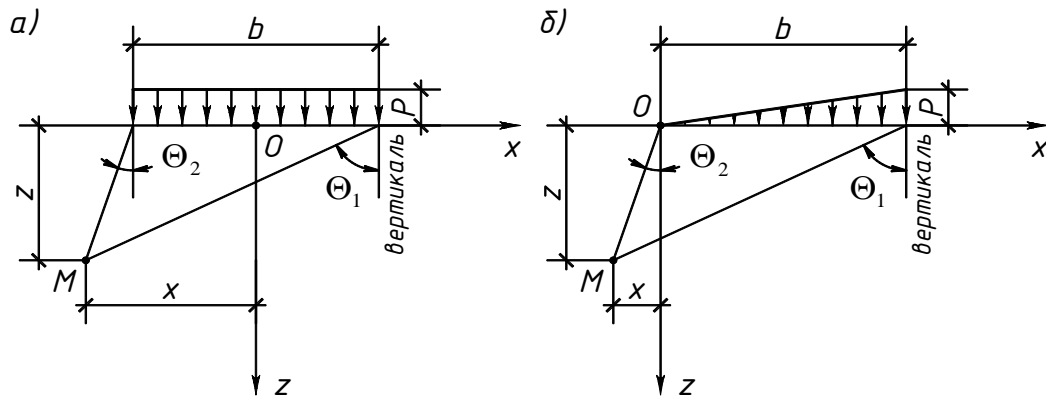


Рисунок 4.3 – Схема для визначення напружень в однорідному ізотропному півпросторі

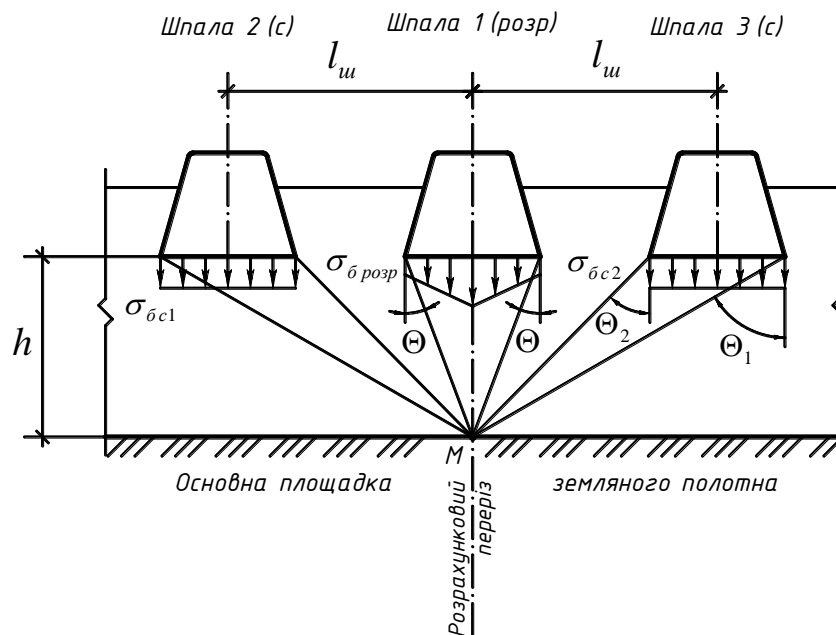


Рисунок 4.4 - Схема передачі тиску на земляне полотно від трьох суміжних шпал

Розрахункова формула для визначення нормальних напружень  $\sigma_h$  у баласті (зокрема й на основному майданчику земляного полотна) в

розрахунковій точці М (на глибині h від підшови шпали за розрахунковою вертикаллю) має вигляд:

$$\sigma_h = \sigma_{h_p} + \sigma_{hc_2} + \sigma_{hc_3},$$

де -  $\sigma_{h_p}$  напруження (Па) у розрахунковій точці від тиску розрахункової шпали;

-  $\sigma_{hc_2}$  напруження (Па) у тій самій точці М від тиску однієї сусідньої шпали (наприклад, розташованої ліворуч від розрахункової)

-  $\sigma_{hc_3}$  напруження (Па) у тій самій точці М від тиску іншої сусідньої шпали (наприклад, розташованої праворуч від розрахункової).

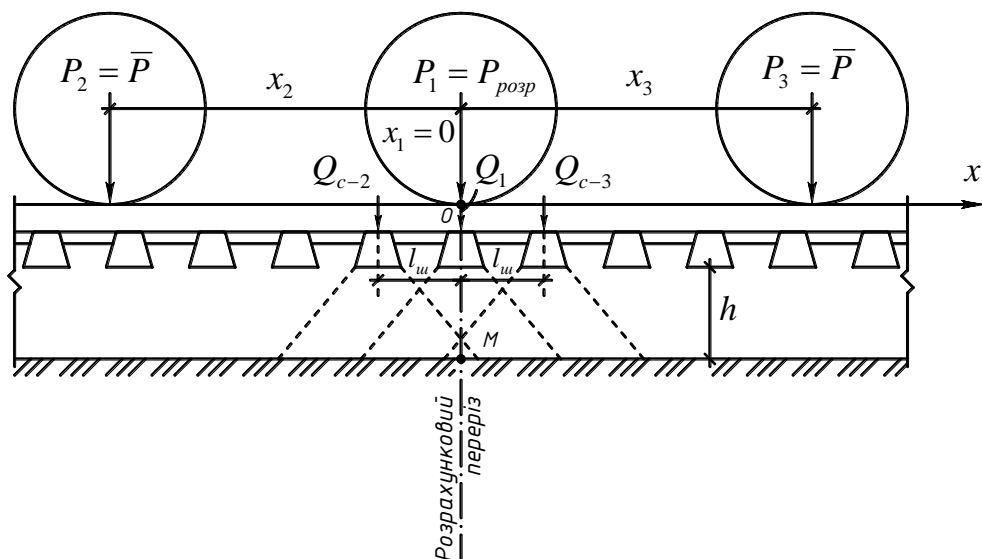


Рисунок 4.5 - Розрахункова схема для визначення напружень у баласті та на основному майданчику земляного полотна

### 4.3 Рекомендовані допустимі напруження стиснення під підкладкою

#### в шпалах

Допустимим напруженням у дерев'яних шпалах приймають граничні напруження, встановлені за розрахунками на змінання деревини під підкладками [8]. Величина цих напружень встановлена різною для локомотивів і вагонів (з урахуванням меншої повторюваності колісних впливів від локомотивів) і залежить від типу верхньої будови колії. Допустимі

					0053 -216533– МР – 2022 - 001	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Підпись	Дата		54

напруження стиснення під підкладкою в залізобетонних шпалах приймаються = 4,0 МПа з умови забезпечення міцності та тріщиностійкості [10] (шпали розраховуються на симетричний вертикальний тиск  $P = 147$  кН на кожен підрейкову підкладку). Допустимі напруження у шпалах приймаються за табл. 4.5

Таблиця 4.5 - Допустимі напруження в шпалах

Тип рухомого складу		Рекомендовані допустимі напруження у шпалах МПа, при вантажнапруженості в млн. т. км брутто/км на рік				
		>80	40-80	40-25	25-10	<10
Локомотиви	дерев.	0,8	1,2	1,6	2,0	3,0
	з.б.	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0
Вагони	дерев.	0,7	1,1	1,5	1,8	2,7
	з.б.	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0

#### 4.4 Рекомендовані допустимі напруження стиснення в баласті

Допустимі напруження в баласті встановлені виходячи з необхідності обмежувати інтенсивність накопичення залишкових деформацій у баластному шарі, що розвиваються під рухомим навантаженням. Обмеження має звести до мінімуму роботи з виправлення положення рейкових ниток, що викривляються під час накопичення залишкових деформацій баластного шару.

Граничні напруження стиснення в баласті, рекомендовані для умов нормальної експлуатації колії, як і напруження в шпалах, приймають різними для локомотивів і вагонів (з урахуванням меншого навантаження). повторюваності колісних впливів локомотивів) і, крім того, залежать від роду баласту. Ці напруження в МПа приймаються за табл. 4.6.

Таблиця 4.6 Рекомендовані допустимі напруги в баласті

Тип рухомого складу		Рекомендовані допустимі напруження в баласті МПа, при вантажнапруженості в млн. т. км брутто/км на рік				
		>80	40-80	40-25	25-10	<10
Локомотиви	щебінь	0,38	0,4	0,42	0,45	0,5
	пісок	0,24	0,25	0,26	0,28	0,31
	гравій	0,26	0,28	0,3	0,32	0,36
Вагони	щебінь	0,24	0,26	0,3	0,35	0,4
	пісок	0,15	0,16	0,19	0,22	0,25
	гравій	0,17	0,19	0,21	0,25	0,29

**4.5 Рекомендовані допустимі напруги на основній площадці земляного полотна приймаються за табл. 4.7.**

Таблиця 4.7 - Рекомендовані допустимі напруги на основному майданчику земляного полотна

Тип рухомого складу		Рекомендовані допустимі напруження на основному майданчику земляного полотна МПа, за вантажнапруженості в млн. т. км брутто/км на рік				
		>80	40-80	40-25	25-10	<10
[ $\sigma_3$ ]	Локомотиви	0,1	0,1	0,1	0,11	0,12
	Вагони	0,08	0,08	0,08	0,09	0,1

Умовою забезпечення несучої здатності та здатності нормальної експлуатації прийнятої конструкції верхньої будови колії є неперевищення розрахунковими напруженнями (у рейках, шпалах, баласті та на основній площадці земляного полотна) рекомендованих допустимих напружень у цих елементах, тобто повинні виконуватися умови:

$$\sigma_{ш}^{розр} \leq [\sigma_{ш}]; \quad \sigma_{б}^{розр} \leq [\sigma_{б}]; \quad (4.4)$$

$$\sigma_{h}^{розр} \leq [\sigma_{h}].$$

Деяке перевищення рекомендованих напружень у шпалах не є підставою для зниження швидкостей руху, але свідчить про відступи в нормальній експлуатації шпал і вказує на необхідність швидкого посилення колії.

Деяке перевищення припустимих напружень у баласті свідчить про відступи в нормальній експлуатації баласту та вказує на реальну ймовірність накопичення остаточних деформацій у баластному шарі, що призводить до додаткових робіт з виправлення колії. Для попередження цього необхідне якнайшвидше посилення колії або обмеження динамічних впливів на рейки. Останнє може бути виконано шляхом зниження швидкостей руху або величини осьових навантажень.

#### 4.6 Аналіз напружень при навантаженні 25 т

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

Після розрахунку побудовано графіки:

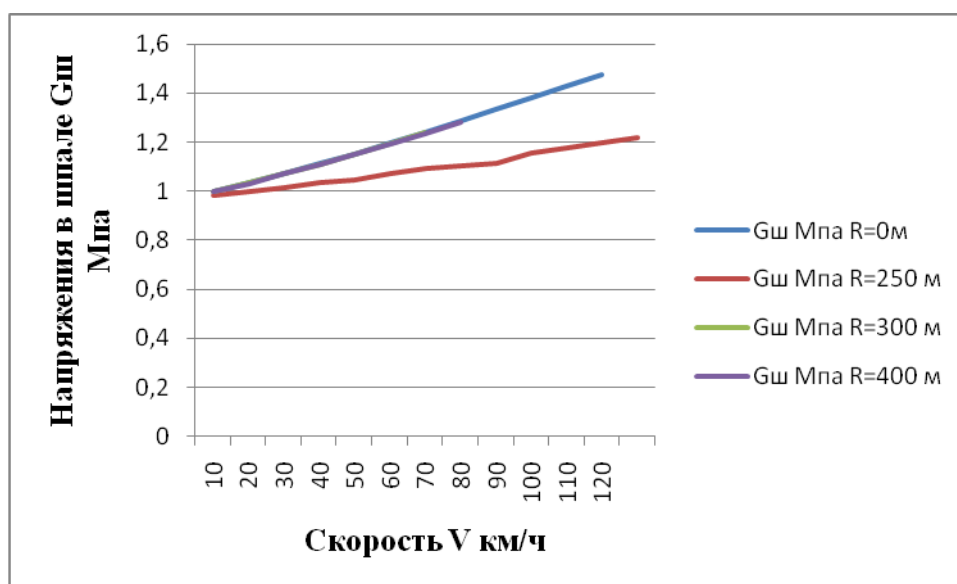


Рисунок 4.6 – Графік залежності напружень у шпалах від швидкості

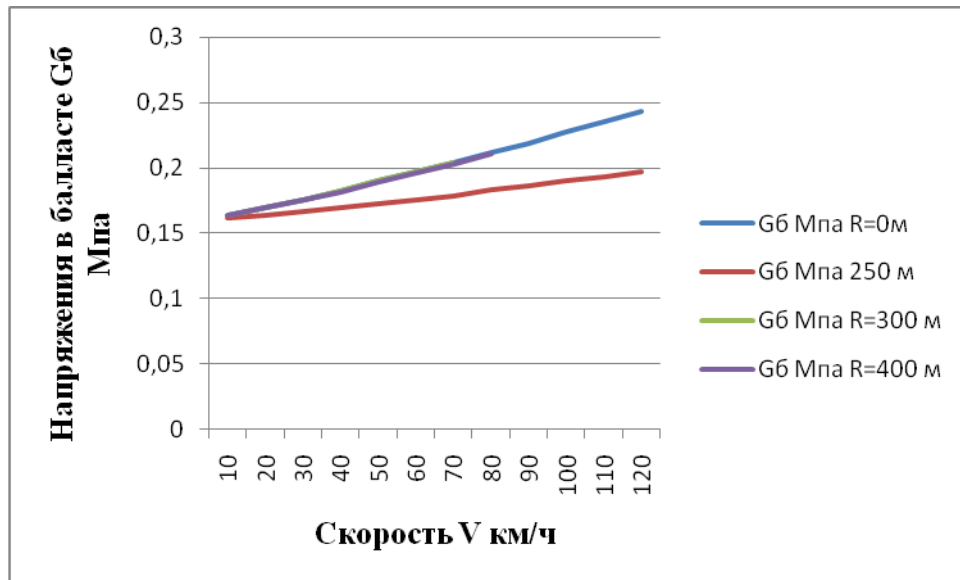


Рисунок 4.7 – Графік залежності напружень у баласті від швидкості

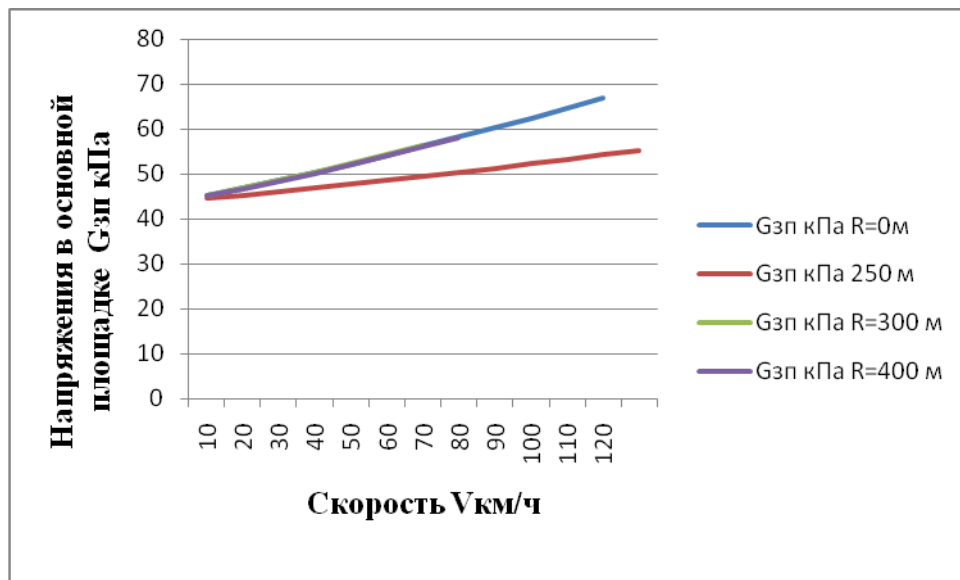


Рисунок 4.8 – Графік залежності напружень на основній площадці земляного полотна від швидкості

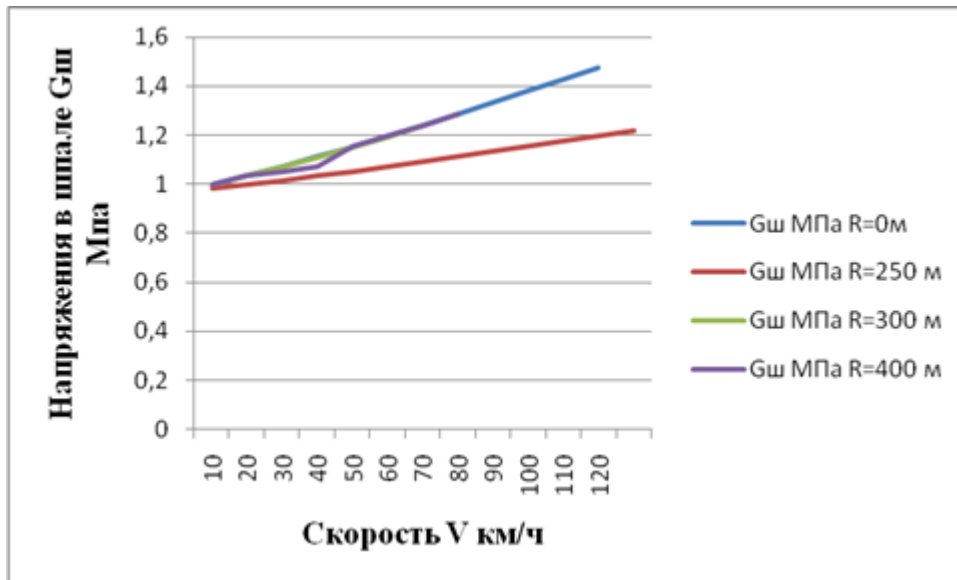


Рисунок 4.9 – Графік залежності напружень у шпалах від швидкості за товщини баласту 25 см

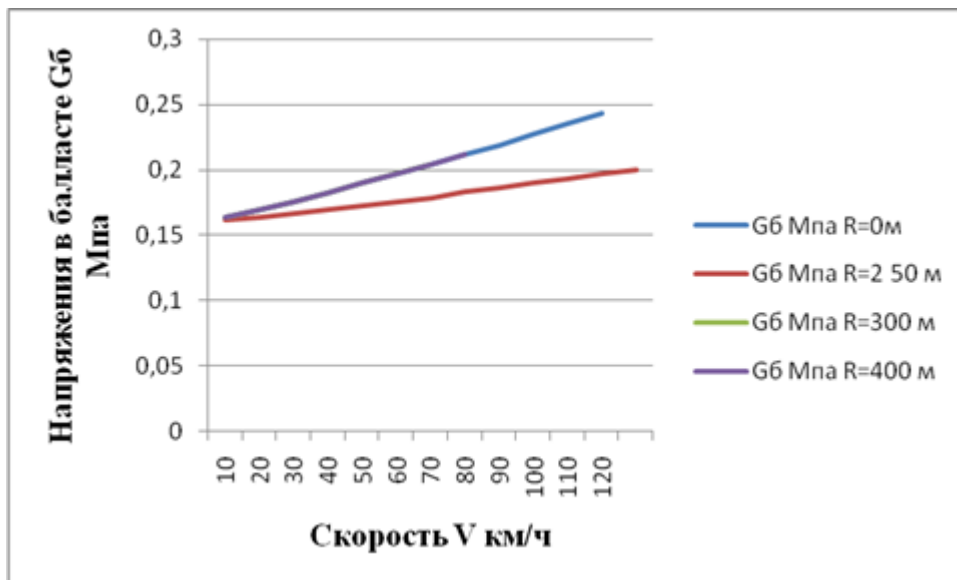


Рисунок 4.10 – Графік залежності напружень у баласті від швидкості за товщини баласту 25 см

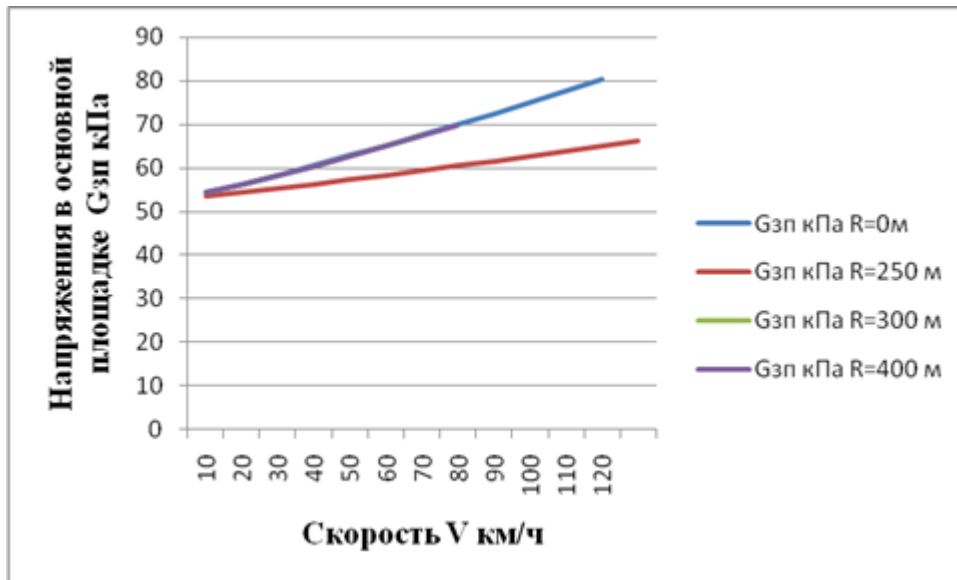


Рисунок 4.11 – Графік залежності напружень на основній площадці земляного полотна від швидкості при товщині баласту 25 см

Аналізуючи графіки, можна дійти висновку, що напруження в основній площадці земляного полотна, баласті та шпалах за параметрів верхньої будови колії (епюра шпал, товщина баласту  $h = 40$  см та  $h = 25$  см) від вагона з навантаженням на вісь 25 т не перевищують допустимих. За швидкості 120 км/год на прямій ділянці напруження в основній площадці земляного полотна становлять 80 кПа, тобто не перевищують допустимі. Виходить, що основні вимоги та забезпечення сумісності залізничної системи Європейського Союзу й Українських залізниць забезпечується. Чи можна в Україні впроваджувати норми Європейського союзу з розглянутого питання.

## ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

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

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

Для ліній категорії F1520 осьове навантаження – 25 т.

В Україні осьове навантаження становить 23,5т.

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

Аналізуючи графіки, можна зробити висновок, що напруження в основній площадці земляного полотна, баласті та шпалах за спараметрів верхньої будови колії (епюра шпал, товщина баласту  $h = 40$  см і  $h = 25$  см) від вагона з навантаженням на вісь 25 т не перевищують допустимих. При швидкості 120 км/год на прямій ділянці напруження в основній площадці земляного полотна становлять 80 кПа, тобто не перевищують допустимі. Виходить, що основні вимоги та забезпечення сумісності залізничної системи Європейського Союзу й Українських залізниць забезпечується. Можна в Україні впроваджувати норми Європейського союзу щодо розглянутого питання.

					0053 -216533– МР – 2022 - 001	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Підпись	Дата		61

## БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

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.

					0053 -216533– МР – 2022 - 001	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Підпись	Дата		62



ВЛ82	110	2(2 <sub>0</sub> -2 <sub>0</sub> )	115, 0	31,60	1,25	135,0	300-450-300-572-300-450-300	1160
ВЛ82 <sup>М</sup>	110	2(2 <sub>0</sub> -2 <sub>0</sub> )	125, 0	31,60	1,25	135,0	300-450-300-572-300-450-300	1520
ЧС8	160	2(2 <sub>0</sub> -2 <sub>0</sub> )	109, 5	17,50	1,25	169,0	295-505-295-486-295-505-295	1840
ЧС4, ЧС4	160	3 <sub>0</sub> -3 <sub>0</sub>	105, 0	18,50	1,25	140,0	230-230500-230-230	870
Магістральні тепловози з електричною передачею								
ТЭЗ, 3ТЭЗ	100	2(3 <sub>0</sub> -3 <sub>0</sub> )	105, 0	23,30	1,05	57,0	210-210-440-210-210-418,8-210-210-440-210-210	1430
2ТЭ10УТ	120	2(3 <sub>0</sub> -3 <sub>0</sub> )	115, 0	22,0	1,05	102,0	210-210-630-210-210	1120
ТЭ10, 2ТЭ10	100	3 <sub>0</sub> -3 <sub>0</sub>	107, 5	21,80	1,05	71,0	210-210-440-210-210	1210
2ТЭ10Л	100	2(3 <sub>0</sub> -3 <sub>0</sub> )	106, 5	22,40	1,05	69,0	210-210-440-210-210-418,8-210-210-440-210-210	1190
2ТЭ116, 2ТЭ10В, 2ТЭ10М, 2ТЭ10У, 3ТЭ10В, 3ТЭ10У, 4ТЭ10	100	2(3 <sub>0</sub> -3 <sub>0</sub> )	115, 0	22,30	1,05	102,0	185-185-593-185-185	1090
М62, 2М62	100	3 <sub>0</sub> -3 <sub>0</sub>	98,0	22,5	1,05	90,0	210-210-440-210-210	1100
М62У, 2М62У 3М62У	100	3 <sub>0</sub> -3 <sub>0</sub>	105, 0	22,5	1,05	104,0	210-210-440-210-210	1100

1	2	3	4	5	6	7	8	9
ТЭП60, 2ТЭП60	160	3 <sub>0</sub> -3 <sub>0</sub>	107,5	14,50	1,05	94,0	240-220-580-220-240	990
ТЭП70	160	3 <sub>0</sub> -3 <sub>0</sub>	105,2	30,80	1,22	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 <sub>0</sub> -2 <sub>0</sub>	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 <sub>0</sub> -2 <sub>0</sub>	100	13	1,05	120,2	260-1070-260	470
ЕПЛ2Т, ЕПЛ9Т з №002	130	2 <sub>0</sub> -2 <sub>0</sub>	104,5	$\frac{12,29}{9,73}$	$\frac{1,05}{0,95}$	204,3	270-555-270-1430	264
ДР1 (ДР1А, ДР1П)	120	2 <sub>0</sub> -2 <sub>0</sub>	99	14,7	0,95	105	240-220-670-220-240	480
ДЕЛ01	130	2 <sub>0</sub> -2 <sub>0</sub>	105,4	$\frac{10,54}{9,84}$	0,95	204	270-555-270*1430	264
Д1	120	3 <sub>0</sub> -2 <sub>0</sub>	86	12,2	0,95	137	148-303-1328-240	670
Тепловози маневрові								
ТЭМ1, ТЭМ2, ТЭМ2У	100	3 <sub>0</sub> -3 <sub>0</sub>	100,0	23,30	1,05	54,0	210-210-440-210-210	1430
ТЭМ3, ТЭП16	100	3 <sub>0</sub> -3 <sub>0</sub>	106,0	29,8	1,05	87,0	210-210-440-210-210	950
ТЭМ7, ТЭМ7А	100	2(2 <sub>0</sub> -2 <sub>0</sub> )	112,5	20,50	1,05	175,0	210-210-210-460-210-210-210	640
ТГМ23	60	0-3-0	73,0	14,4	1,05	70	130-330	1400
ТГМ3	60	2 <sub>0</sub> -2 <sub>0</sub>	858,0	15,50	1,05	30,0	210-390-210	1180
ТГМ4, ТГМ4А	55	2 <sub>0</sub> -2 <sub>0</sub>	98,0/ 83,5	16,8	1,05	70/60	210-390-210	1180
ТГМ6, ТГМ6А	80	2 <sub>0</sub> -2 <sub>0</sub>	110,5	19,80	1,05	70	210-590-210	1080

					0053 -216533– МР – 2022 - 001				Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Підпись	Дата					65

ЧМЭЗЗ, ЧМЭЗЗЭ, ЧМЭЗТ	95	3 <sub>0</sub> -3 <sub>0</sub>	102,5	19,40	1,05	52,0	200-200-460-200-200	1570
ЧМЭ2	80	2 <sub>0</sub> -2 <sub>0</sub>	92,5	17,2	1,05	52,0	240-430-240	1570
ЧМЭ5	95	2(2 <sub>0</sub> -2 <sub>0</sub> )	105,0	20,50	1,05	50,0	200-210-200*-340-200-210-200	1570
ТГК, ТГК2	60	0-2 <sub>0</sub> -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	0,95	18,0	180-685-180	5000
Чотиривісні вантажні вагони вантажопідйомністю 71 т на візках ЦНИИ-ХЗ-0								
	120	2-2	116,2	9,95	0,95	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	0,95	54,0	185-135-185-702-185-135-185	2150
Пасажирські ЦМВ								
	120	2-2	81,0	7,10	1,05	145,0	270-1430-270	760
Пасажирський вагон на візках КВЗ-ЦНИИ								
	160	2-2	71,25	7,10	1,05	155,0	240-1460-240	570

					0053 -216533– МР – 2022 - 001			Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Підпись	Дата				66

## 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 <sup>к</sup> , ВЛ60 <sup>п</sup>	1,15	1,25	1,45	1,54	1,61	1,66	1,71	1,73	1,76
ВЛ80 <sup>к</sup> , ВЛ80 <sup>с</sup> , ВЛ80 <sup>т</sup> , ВЛ80 <sup>р</sup>	1,08	1,30	1,34	1,36	1,38	1,40	1,41	1,42	1,44
ВЛ82, ВЛ82 <sup>м</sup>	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 <sup>м</sup>	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 <sup>м</sup> , ВЛ11 <sup>у</sup> , ВЛ11 <sup>с</sup>	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 <sup>т</sup>	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

					0053 -216533– МР – 2022 - 001	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Підпись	Дата		67

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 №631 вкл., ЭР9П до №157 вкл.									
ЕПЛ2Т, ЕПЛ9Т з №002	1,14	1,38	1,42	1,48	1,53	1,55	1,59	1,60	1,62
ДР1 (ДР1А, ДР1П)									
ДЕЛ-01	1,14	1,38	1,47	1,52	1,55	1,59	1,64	1,68	1,73
Д1									
Тепловози маневрові									
ЧМЭ2	1,08	1,20	1,25	1,30	1,35	1,39	1,46	1,54	1,64
ЧМЭ33, ЧМЭ33Э, ЧМЭ3Т	1,08	1,20	1,25	1,30	1,35	1,39	1,46	1,54	1,64
ЧМЭ5	1,08	1,20	1,25	1,30	1,35	1,39	1,46	1,54	1,64
ТГМ2,ТГМ3	1,2	1,35	1,42	1,46	1,52	1,57	1,63	1,67	1,72
ТЭМ1, ТЭМ2, ТЭМ2У	1,2	1,35	1,42	1,46	1,52	1,57	1,63	1,67	1,72
ТЭМ7, ТЭМ7А	1,13	1,20	1,25	1,30	1,35	1,40	1,50	1,60	1,70
ТГК, ТГК2	1,18	1,26	1,28	1,30	1,33	1,39	1,49	1,55	1,65
ТГМ4, ТГМ4А									
ТГМ6, ТГМ6А									
ТЭМ3	1,13	1,20	1,25	1,30	1,35	1,40	1,50	1,60	1,70
Вагони									
4-вісні на візках моделі 18-100 (ЦНИИ-ХЗ)	1,18	1,26	1,28	1,30	1,33	1,39	1,49	1,55	1,65
8-вісні на візках моделі 18-100 (ЦНИИ-ХЗ)	1,18	1,28	1,31	1,33	1,37	1,42	1,49	1,54	1,62
Пасажирські ЦМВ	1,13	1,35	1,41	1,44	1,46	1,49	1,53	1,56	1,6
ЦМВ на візках КВ3- ЦНИИ	1,13	1,35	1,41	1,44	1,46	1,49	1,53	1,56	1,6

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

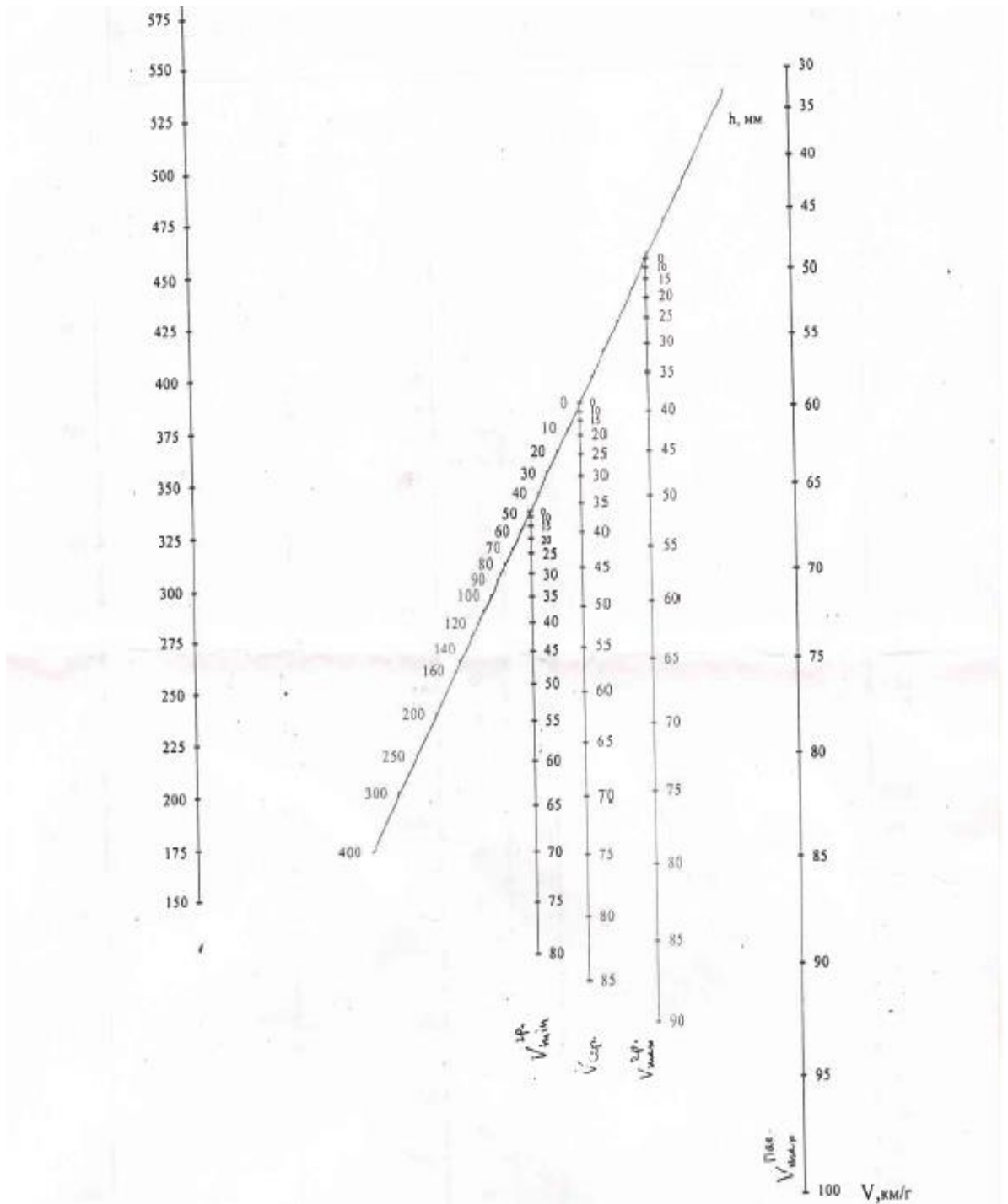
0053 -216533– МР – 2022 - 001

Лист

68

## ДОДАТОК В

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



## ДОДАТОК Г

### Розрахункові параметри шпал

Найменування параметру		Значення параметрів		
Тип шпал		I	II	III
<i>B</i> , см		25	23	28
$\Omega_a$ , см <sup>2</sup>	При щебеновому баласті	2853	2466	3092
	При гравійно-піщаному баласті	2920	2561	3150
<i>Z</i>		0,8		0,7



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; gamma=1,0;  
r1=0,7; l=2998;

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

варон

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	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

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

0053 -216533– МР – 2022 - 001

Лист

72



P65									
beta=0,87; a0=0,403; a1=0,931; eps=0,332; gama=1,0; r1=0,7; l=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	Грк	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; l=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	Рсер	Рроз	Рекв1	Рекв2	Гпк	Грк	Гш	Гб	Гзп
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 підрейкової основи на залізницях України до нормативів країн Європейського Союзу.

Об'єктом дослідження є підрейкова основа залізничної колії.

Для досягнення поставленої мети в роботі проаналізовано наявні конструкції підрейкових основ і методи їхнього розрахунку залізничної колії в країнах Європейського Союзу та Україні. Під час порівняння розрахункових напружень в елементах верхньої будови колії з допустимими зроблено висновок, що розрахункові напруги не перевищують допустимих.

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

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

					0053 -216533– МР – 2022 - 001	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Підпись	Дата		75

## ABSTRACT

The main purpose of this master's thesis is the adaptation of the sub-base on the railways of Ukraine to the standards of the European Union countries.

The object of the study is the sub-rail base of the railway track.

In order to achieve the goal, the work analyzed the existing constructions of the rail base and the methods for calculating the railway track in the countries of the European Union and Ukraine. When comparing the calculated stresses in the elements of the superstructure with permissible, it was concluded that the calculated stresses do not exceed the permissible.

Based on the calculations it was proposed to use a load of 25 tons on the railways of Ukraine.

**Key words:** interoperability, rail base, sleepers, main platform, stresses, track superstructure.

					0053 -216533– MP – 2022 - 001	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Підпись	Дата		76