

ЗАЯВА

Я, Доксал Степан Іванович

Студені групи УН 2026 (ПІБ повністю)

Спеціальності 243 Засіджувачий Трансфер (код та назва спеціальності)

освітньої програми Універсальні кабіні, безпека на засідж. тр. ртп (назва освітньої програми)

освітнього ступеня підготовки магістр (бакалавр, магістр)

Заявляю, що моя випускна кваліфікаційна робота на тему:
Розробка торкяжних кішечок еластичної
власної структури кори в засіджувачій
чашці експериментально.

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 08.12.24

Підпис Степан Доксал

Керівник

Підпис Губар Олексій ГУБАР

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
УКРАЇНСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ НАУКИ І ТЕХНОЛОГІЙ

Кафедра «Транспортна інфраструктура»

НАЦІОНАЛЬНА ШКОЛА МАСТЕРСТВА І ПРОФЕСІЙ
СНАМ, ФРАНЦІЯ

«ДО ЗАХИСТУ ДОПУЩЕНО»

Завідуючий кафедрою:

д.т.н., проф. _____ О. Л. Тютюкін

«____» _____ 2021 р.

ПОЯСНЮВАЬНА ЗАПИСКА
ДО ДИПЛОМНОЇ МАГІСТЕРСЬКОЇ РОБОТИ

ОКР «магістр»

Спеціальність 273 «Залізничний транспорт»

ОП Інтероперабельність і безпека на залізничному транспорті

Тема: Розробка технічних рішень елементів верхньої будови колії в
залежності від умов експлуатації

Theme: Development of technical solutions for elements of the upper structure of
the track depending on the conditions of operation

Виконав:

_____ Степан ДОРОШ
(підпис) (ім'я, прізвище)

Керівник:

К. Н. Т., доц. _____ Олексій ГУБАР
(уч. ступінь, звання) (підпис) (ім'я, прізвище)

Дніпро
2021

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
УКРАЇНСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ НАУКИ І ТЕХНОЛОГІЙ
Кафедра «Транспортна інфраструктура»

Спеціальність
Освітня програма

273 «Залізничний транспорт»
Інтероперабельність і безпека на залізничному транспорті

«ЗАТВЕРЖДУЮ»
Завідуючий кафедри

д.т.н., проф. О. Л. Тютюкін

« ____ » _____ 2021 р.

ЗАВДАННЯ
НА ДИПЛОМНУ МАГІСТЕРСЬКУ РОБОТУ

Дорош Степан Іванович

(фамилія, ім'я, отчество)

1. Тема роботи *Розробка технічних рішень елементів верхньої будови колії в залежності від умов експлуатації*

Затверджено наказом по університету № 166 ст від « 09 » квітня 2021 р.

2. Строк подачі студентом закінченої роботи 09 грудня 2021 р.

3. Вихідні дані для роботи *Technical Specifications of Interoperability (Технічні Специфікації Інтероперабельності) Державні будівельні норми України, Державні стандарти України, Стандарти УЗ та інші нормативні документи*

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

Назва розділу	Об'єм %	Кількість слайдів
<i>1. АНАЛІЗ НОРМАТИВНОЇ ТА НАУКОВО-ТЕХНІЧНОЇ ЛІТЕРАТУРИ</i>	30	3
<i>2. РОЗРАБКА МОДЕЛІ РОБОТИ ЕЛЕМЕНТІВ ВЕРХНЬОЇ БУДОВИ КОЛІЇ</i>	30	3
<i>3. ОЦІНКА КОНСТРУКЦІЇ ВЕРХНЬОЇ БУДОВИ КОЛІЇ ЩОДО ВІДПОВІДНОСТІ УМОВАМ ЕКСПЛУАТАЦІЇ</i>	30	3
<i>4. РОЗРОБКА ТЕХНІЧНИХ РІШЕНЬ ЕЛЕМЕНТІВ ВЕРХНЬОЇ БУДОВИ КОЛІЇ В ЗАЛЕЖНОСТІ ВІД УМОВ ЕКСПЛУАТАЦІЇ</i>	10	3

Студент _____ /Дорош С.І./

Науковий керівник _____ /Губар О.В./

					0021. 206534.ДР.2021.001	Арк.
						2
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ

TSI – Technical Specifications of Interoperability (Технічні Специфікації Інтероперабельності)

ВБК – верхня будова колії

ДБН – Державні будівельні норми України

ДСТУ – Державний стандарт України

ЄС – Європейський Союз

ПТЕ – Правила технічної експлуатації залізниць України

УЗ – акціонерне товариство «Укрзалізниця»

					0021. 206534.ДР.2021.001	Арк.
						3
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ПЕРЕЛІК ТЕРМІНІВ

Верхня будова колії – це частина залізничної колії, що включає рейки, скріплення, підрейкову основу, баластну призму, елементи з'єднань та пересічень колій, мостове полотно, призначена для спрямування руху коліс рухомого складу, прийняття від них навантажень та їх передавання на основну площадку земляного полотна та конструкції штучних споруд.

Залізнична колія – комплекс інженерних споруд та пристроїв, що утворюють дорогу із рейковою колією, призначених пропускати залізничний рухомий склад із устаоновленою швидкістю. Основні елементи залізничної колії: верхня будова – рейки із скріпленнями, стрілочні переводи, шпали, баласний шар; нижня будова – земляне полотно, мости, естакади, тунелі, труби і спеціальні споруди для пропуску води, підпірні стінки, укріплювальні і захисні споруди.

Інотеропетрабельність – здатність системи до взаємодії, означає можливість створення систем з дозвільних неоднорідних, розподілених компонентів на базі уніфікованих інтерфейсів або протоколів, інтерфейси якої повністю відкриті, взаємодіяти і працювати з іншими системами без обмежень доступу та реалізації.

Норма – термін для визначення деякої характеристики – допустимого діапазону опосередкованої або середньостатистичної величини.

Ширина колії – відстань між внутрішніми гранями голівок рейок.

Рейки – сталеві балки спеціального перерізу, що вкладаються на шпалах або інших опорах для утворення зазвичай двониткового шляху, по якому рухається рухомий склад залізничного транспорту, приміських залізниць, спеціалізований рухомий склад в шахтах, кар'єрах, підкранове обладнання і таке інше.

Стрілочний перевід – пристрій, що служить для переведення рухомого складу з однієї колії на іншу. Стрілочні переводи складаються із стрілок, хрестовин і сполучних колій між ними.

					0021. 206534.ДР.2021.001	Арк.
						4
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ЗМІСТ

ВСТУП.....	6
1 АНАЛІЗ НОРМАТИВНОЇ ТА НАУКОВО-ТЕХНІЧНОЇ ЛІТЕРАТУРИ... 7	7
1.1 Аналіз нормативної бази експлуатації стрілочних переводів в Україні .. 7	7
1.2 Аналіз нормативної бази Європейського Союзу.....	13
1.3 Висновки до розділу 1.....	14
2 РОЗРАБКА МОДЕЛІ РОБОТИ ЕЛЕМЕНТІВ ВЕРХНЬОЇ БУДОВИ КОЛІЇ	15
3 ОЦІНКА КОНСТРУКЦІЇ ВЕРХНЬОЇ БУДОВИ КОЛІЇ ЩОДО ВІДПОВІДНОСТІ УМОВАМ ЕКСПЛУАТАЦІЇ	20
3.1 Вибір варіантів верхньої будови колії для ділянки.....	20
3.2 Вибір варіанту конструкції ВБК за умови міцності	21
3.3 Розрахунок колії на міцність та стійкість	31
3.4 Техніко - економічне порівняння варіантів верхньої будови колії	40
3.5 Висновки до розділу 3.....	49
4 РОЗРОБКА ТЕХНІЧНИХ РІШЕНЬ ЕЛЕМЕНТІВ ВЕРХНЬОЇ БУДОВИ КОЛІЇ В ЗАЛЕЖНОСТІ ВІД УМОВ ЕКСПЛУАТАЦІЇ	51
4.1 Передумови розробки технічних рішень елементів верхньої будови колії в залежності від умов експлуатації	51
4.2 Вимоги до конструкції верхньої будови колії	51
4.3 Пропозиції технічних рішень елементів верхньої будови колії в залежності від умов експлуатації	52
4.4 Висновки до розділу 4.....	54
ВИСНОВКИ ТА ПРОПОЗИЦІЇ.....	55
БІБЛІОГРАФІЯ	57
СПИСОК РИСУНКІВ	59
СПИСОК ТАБЛИЦЬ.....	60
АНОТАЦІЯ.....	61
ANNOTATION	62

					0021. 206534.ДР.2021.001	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		5

ВСТУП

Залізничний транспорт сьогодні є провідним серед універсальних видів пасажирських та вантажних перевезень в більшості провідних держав світу, у тому числі й в Україні. Це обумовлено, перед усім, географічним положенням.

Протягом своєї історії залізниці у різних країнах будувались з індивідуальною шириною колії. На стику залізничних систем з різною шириною колії як правило використовувалось перевстановлення вагонних візків з відповідною шириною колії, чи перевантажували вантаж та пересажували пасажирів. Доцільно (наприклад заради сумісного використання інфраструктури) вкладання колії, по якій може рухатись рухомий склад різної ширини колії – у цьому випадку виконується суміщення колій.

Суміщення колій – з'єднання колій з різною шириною на одному земляному полотні у разі підходу колій до загальних перевантажувальних парків, платформ чи складів.

В Україні ширина колії залізниць – 1520 мм, а в західних країнах-сусудів – 1435 мм.

Найбільш витіюватою конструкцією є сплетіння з пересіченням однієї колії іншою. По собі конструкція використовується не часто. Потреба у цій конструкції виникає, коли одна колія шириною 1520 мм, а обидві нитки колії 1435 мм повинна її перетнути.

У даній дипломній роботі був проведений аналіз нормативної документації, що регламентує вимоги до стрілочних перводів на залізницях України, а також головні вимоги до стрілочних переводів у державах Європейського Союзу. Наведені варіанти технічних рішень елементів верхньої будови колії в залежності від умов експлуатації.

					0021. 206534.ДР.2021.001	Арк.
						6
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1 АНАЛІЗ НОРМАТИВНОЇ ТА НАУКОВО-ТЕХНІЧНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1.1 Аналіз нормативної бази експлуатації стрілочних переводів в Україні

Стрілочний перевід – пристрій, що служить для переведення рухомого складу з однієї колії на іншу. Кожен з них складається із трьох основних частин (Рисунок 1.1): самої стрілки, куди входять два вістряки зі з'єднувальними тягами, дві рамних рейки та перевідний механізм; хрестовинної частини, куди входять хрестовина і два контррейса; з'єднувальних колій між стрілкою та хрестовиною (перевідна крива).

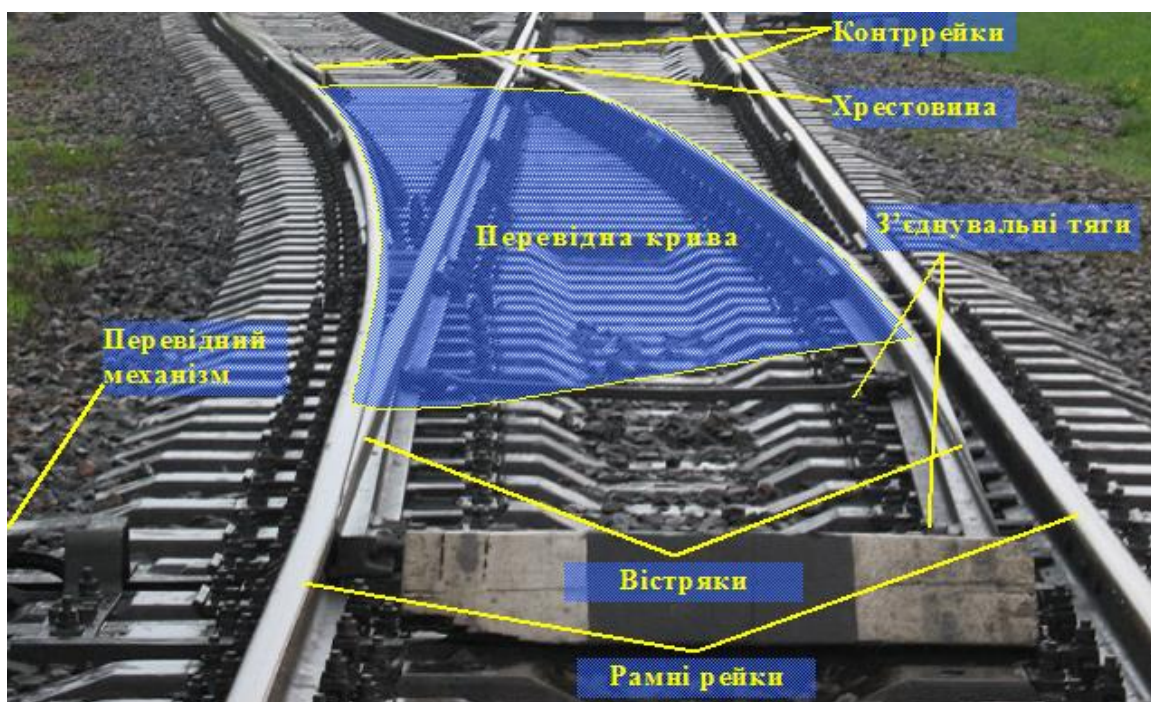


Рисунок 1.1 – Стрілочний перевід

В Україні вимоги до стрілочних переводів регламентовані у наступних нормативних документах: Державні будівельні норми України ДБН В.2.3-19-2018 Споруди транспорту. Залізниця колії 1520 мм. Норми проектування [1], Правила технічної експлуатації залізниць України (ПТЕ) [2], Інструкція з улаштування та утримання колії залізниць України (ЦП-0269) [3], Рейки звичайні для залізниць широкої колії. Загальні технічні умови. (ДСТУ 4344:2004) [4], Шпали залізобетонні попередньо напружені для залізниць колії 1520 і 1435 мм. Технічні умови. (ДСТУ Б В.2.6-209:2016) [5], Інструкція з

					0021. 206534.ДР.2021.001	Арк.
						7
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

сигналізації на залізницях України (ЦШ-0001) [6], Інструкція з забезпечення безпеки руху поїздів при виконанні колійних робіт на залізницях України (ЦП-0273) [7], Інструкція з руху поїздів та маневрової роботи (ЦД-0058) [8].

Використання суміщеної колії у порівнянні з двома окремими коліями для відповідної ширини дає можливість економити площу та кошти на будівництво штучних споруд (земельні насипи, мости, тунелі), а також контактної мережі та пристроїв сигналізації. В Україні використовується чотирьохниткова суміщена залізнична колія для суміщення колій шириною 1435 мм та 1520 мм на одній підрейковій основі. На (Рисунку 1.2) зображено розташування рейкових ниток на вході з ділянки з суміщеною колією.

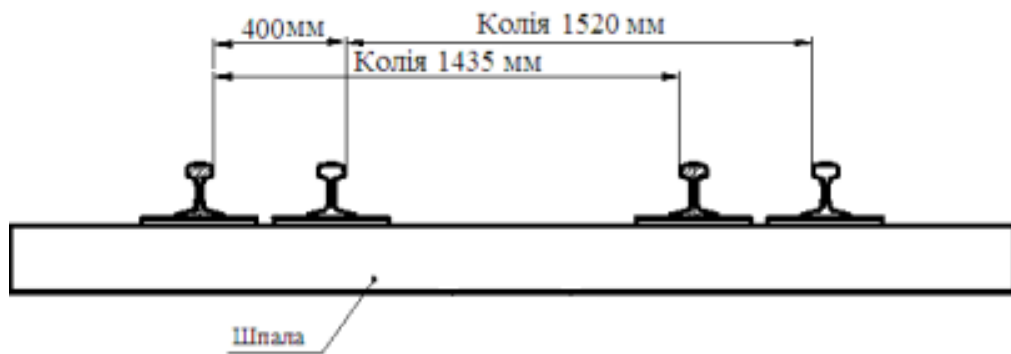


Рисунок 1.2 – Схема розташування рейкових ниток суміщеної колії перед сплетінням

Колія стандарту 1435 експлуатується на таких ділянках:

- по ПЧ-1 напрямом Варламова Воля – Мостиська - Держкордон (7км колії 1435 мм та 11,8 км суміщеної колії);
- по ПЧ-3 напрямом Рава Руська – Гребенне (7,1км колії 1435 мм);
- по ПЧ-4 напрямки Хирів – Старжава – Держкордон та Хирів - Нижанковичі (12,9км колії 1435 мм та 25,7 км суміщеної колії);
- по ПЧ-10 напрямом Ковель – Ягодин (64,4км колії 1435 мм);
- по ПЧ-11 напрямом Глибока Буковинська – Держкордон (4,2км колії 1435 мм та 7,6 км суміщеної колії);
- по ПЧ-14 напрямки Мукачево – Батьово – Есень, Батьово – Королево, Батьово - Салівка (20,8км колії 1435 мм та 24,8 км суміщеної колії);

					0021. 206534.ДР.2021.001	Арк.
						8
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

по ПЧ-15 напрямом Батьово - Королево (7км колії 1435 мм та 79,1 км суміщеної колії);

по ПЧ-16 напрямом Батьово – Чоп – Держжордон Словаччини, Чоп – Держжордон Угорщини, Есень – Струмківка – Держжордон Словаччини (12,5км колії 1435 мм та 2,5 км суміщеної колії).

Дільниці, на яких здійснюється рух:

Ковель – Ягодин – Держжордон Польщі (окремо лежача);

Мостиська – Держжордон Польщі (суміщена парна колія);

Глибока Буковинська – Держжордон Румунії (суміщена+окремо лежача по ст.Вадул Сирет);

Мукачево – Батьово - Чоп – Держжордон Словаччини(суміщена, окремо лежача по станціях);

Чоп – Держжордон Угорщини (окремо лежача);

Батьово – Королево (суміщена).

На сьогодні з загальної кількості стрілочних переводів:

- 1261 шт. дефектних металевих частин, в т.ч. 62 шт. колії 1435мм;

- кількість непридатних перевідних брусів складає 10,2 %, в т.ч. 1,3 % колії 1435мм.

Для з'єднань та пересічень колії 1435 між собою та з коліями стандарту 1520мм в межах регіональної філії експлуатується:

421 комплект стрілочних переводів колії 1435 мм;

30 окремо лежачих хрестовин;

42 комплекти глухих перетинів.

Сплетіння колій – з'єднання двох колій, де одна рейкова колія насунута на другу і вкладена на її шпалах з допомогою двох хрестовин без стрілок (Рисунок 1.3)

					0021. 206534.ДР.2021.001	Арк.
						9
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

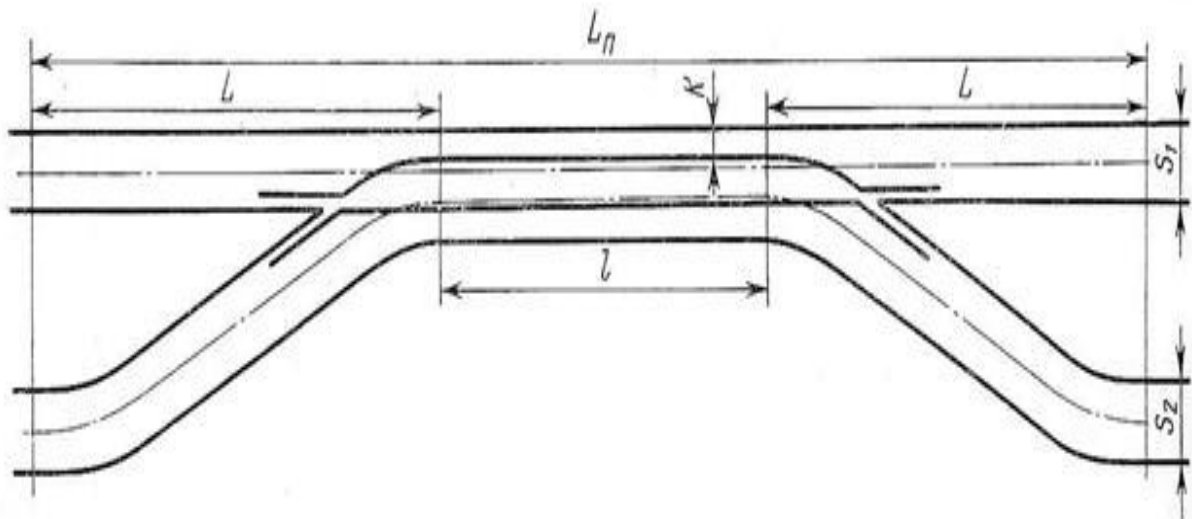


Рисунок 1.3– Схема розташування сплетіння колій

Окрім цього для забезпечення з'єднання суміщеної колії з окремо лежачими коліями 1435 та 1520 мм на залізниці експлуатуються індивідуальні конструкції з'єднань, що розроблені та вкладені за часів Радянського союзу, зокрема:

Комбінований ручний стрілочний перевід (2 копмл.)

Сплетіння Томченка (1 копмл.)

Комбінований стрілочний перевід - експлуатується по Хустській дистанції колії на станціях Берегове та Виноградово, тип Р50, марка 1/11, лівої сторонності, на дерев'яних брусах, 1991 року вкладання (Рисунок 1.4).

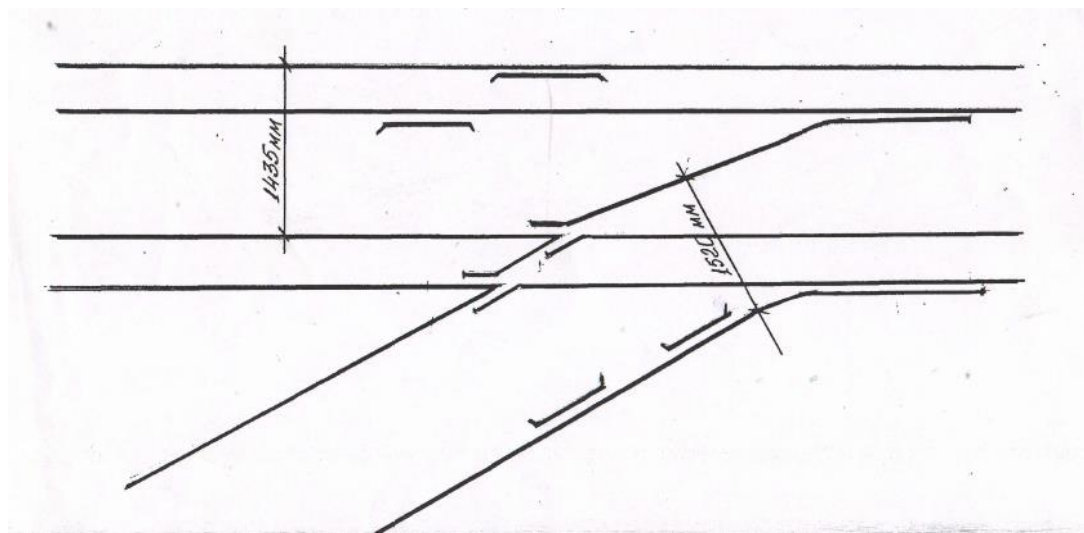


Рисунок 1.4 – Схема вкладання комбінованого стрілочного переводу

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

0021. 206534.ДР.2021.001

Арк.

10



Рисунок 1.5 – Станція Виноградово СП № 1
Сплетіння Томченко

В Мукачівській дистанції колії на ст. Страбичово, тип Р65 марка хрестовин 1/11. У вказаній конструкції використовуються рамні рейки з перехресного стрілочного переводу 1/9 проекту Дн 1580.00 та хрестовина звичайного стрілочного переводу проекту Дн 2433.00. Встановлена швидкість руху по сплетінню 40 км/год .

Особливостями вказаної конструкції є наявність 4 рамних рейок та 2 хрестовин. Вказана конструкція дозволяє забезпечити з'їзд рухомого складу з суміщеної колії на окремо лежачу стандарту 1435мм та 1520мм (Рисунок 1.6).



Рисунок 1.6 – З'їзд рухомого складу з суміщеної колії на окремо лежачу

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	0021. 206534.ДР.2021.001	Арк. 11

З появою магістральної суміщеної колії виникає потреба у конструкціях, що забезпечать розгалуження колій, сплетіння колії 1520 мм зі стрілочними переводами колії 1435 мм, пересічення колії 1520 мм колією 1435 мм чи вpletіння однієї колії в іншу. Розглянемо, для прикладу сплетіння типу Р65 марки 1/11 з пересіченням колії 1520 мм колією 1435 мм. Потреба в цій конструкції виникає, коли обидві нитки колії 1435 мм повинні перетнути колією 1520 мм (Рисунок 1.7).



Рисунок 1.7 – Схема вкладання сплетіння типу Р65 марки 1/11 з пересіченням колії 1520 мм колією 1435 мм. Розгалуження вправо

Сплетіння має чотири вістряки зі зміщенням передніх торців кривого та прямого відносно один одного. Частково використані елементи серійного виробництва (хрестовина, окремі вістряки). Переведення кожного вістряка виконується окремим електроприводом. Проходження рухомого складу по прямій колії шириною 1520 мм, а по боковій колії шириною 1435 мм.

Підкладки з високими ребрами та клемами з шурупним кріпленням до брусів. Підрейкова основа дерев'яні бруси. Максимальна швидкість руху по сплетінню – 40 км/годину.

Відповідно до ДСТУ Б В.2.6-209:2016 «Шпали залізобетонні попередньо напружені для залізниць колії 1520 і 1435 мм. Технічні умови» [5] для суміщеної колії виготовляються шпали СБЗС (Ш2С-1).

Відстань між робочими гранями рейк колії 1520 мм та колії 1435 мм складе 400 мм з одного боку та 485 мм з іншого.

						0021. 206534.ДР.2021.001	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			12

1.2 Аналіз нормативної бази Європейського Союзу

Основною директивою інтероперабельності залізничного транспорту на даний момент є директива 2016/797 / ЄС [9]. Після підписання Угоди про асоціацію України з Європейським Союзом, Кабінет міністрів України повинен імплементувати Директиву 2016/797 / ЄС в залізничну галузь для введення в УЗ європейських залізничних стандартів. Це є однією з основних умов досягнення інтероперабельності залізниць України і Європейського Союзу.

З метою стандартизації вимог для звичайних і швидкісних систем залізничного транспорту Європейського Союзу були введені Технічні Специфікації інтероперабельності (Technical Specifications of Interoperability) [10]. У них наведені стандарти і вимоги для утримання старих і будівництва нових підсистем залізничного транспорту. На даний момент існують TSI:

- енергія – ENE TSI;
- інфраструктура – INF TSI;
- локомотиви та пасажирський рухомий склад – LOC & PAS TSI;
- шум – NOI TSI;
- вагони – WAG TSI;
- безпека в залізничних тунелях – SRT TSI;
- команди управління і сигналізації – CCS TSI;
- люди з обмеженими можливостями та маломобільні групи населення – PRM TSI;
- експлуатація та керування рухом – TSI OPE;
- телематичні додатки для пасажирських перевезень – TAP TSI;
- телематичні додатки для вантажних перевезень – TAF TSI.

На даний момент самим новим документом TSI інфраструктури є 1299/2014, який був прийнятий 18 листопада 2014. Він об'єднує в собі TSI для високошвидкісного та TSI для звичайного руху. Дія передостанніх TSI для

					0021. 206534.ДР.2021.001	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		13

високошвидкісного руху (2008/217/EU) та TSI для звичайного руху (2011/275/EU) була відмінена з 1 січня 2015 [9].

1.3 Висновки до розділу 1

Проведено аналіз основних вимог до стрілочних переводів в цілому та їх складових елементів в Україні та Європейському Союзі.

За результатами аналізу визначено питання що регулюють вимоги до елементів конструкції та їх основні показники:

- ширина колії;
- місце вкладання;
- основні частини стрілочних переводів;
- конструкція верхньої будови колії;
- підрейкової основи;
- марка хрестовини;
- конструкція стрілочних переводів;
- конструкція стрілки;
- величина підвищення зовнішньої нитки;
- норми і допуски утримання ширини колії на стрілочних переводах;
- норми і допуски ширини жолоба.

					0021. 206534.ДР.2021.001	Арк.
						14
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2 РОЗРАБКА МОДЕЛІ РОБОТИ ЕЛЕМЕНТІВ ВЕРХНЬОЇ БУДОВИ КОЛІЇ

Європейський вибір України – невід’ємна складова подальшого розвитку. Важливим питанням є інтеграція транспортних систем на внутрішньому ринку ЄС. Для цього встановлюються вищі стандарти безпеки для транспортних мереж, виконується оновлення Директив сумісності за рахунок гармонізації технічної складової транспортних мереж як вимога подальшого технічного розвитку швидкісних перевезень; реалізуються наміри по збереженню якості послуг, які надаються користувачам.

Основною нормою на залізницях Європейського союзу та України є норма EN50126.

Норма EN50126 розглядає такі параметри надійності функціонування залізничної системи як: надійність, ремонтпридатність та безпеку.

Норма EN50126 визначає процес менеджменту безпеки, яка заснована на всьому періоді функціонування системи та вирішенні задач на протязі всього цього періоду.

Робочий процес починається, коли продукт знаходиться в розробці. Потім продукт розроблюється, виробляється, погоджується та запускається в експлуатацію, ділі, по завершенню експлуатації, замінюється на новий. Цей цикл життя продукту має назву V-подібним і наведений на рисунку 2.1.

Так, як проекти відповідають європейській нормі, то розпишемо V - подібний цикл життя продукту, а саме:

1 Концепт. Розробка елементів верхньої будови колії – стрілочних переводів сплетінь з раціональним використанням елементів в залежності від умов експлуатації.

2 Визначення умов застосування. Розробка проектів для наявних магістральних ліній і під’їзних колій України, але з перспективою експорту і експлуатації їх на закордонних мережах залізниць.

						0021. 206534.ДР.2021.001	Арк.
							15
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

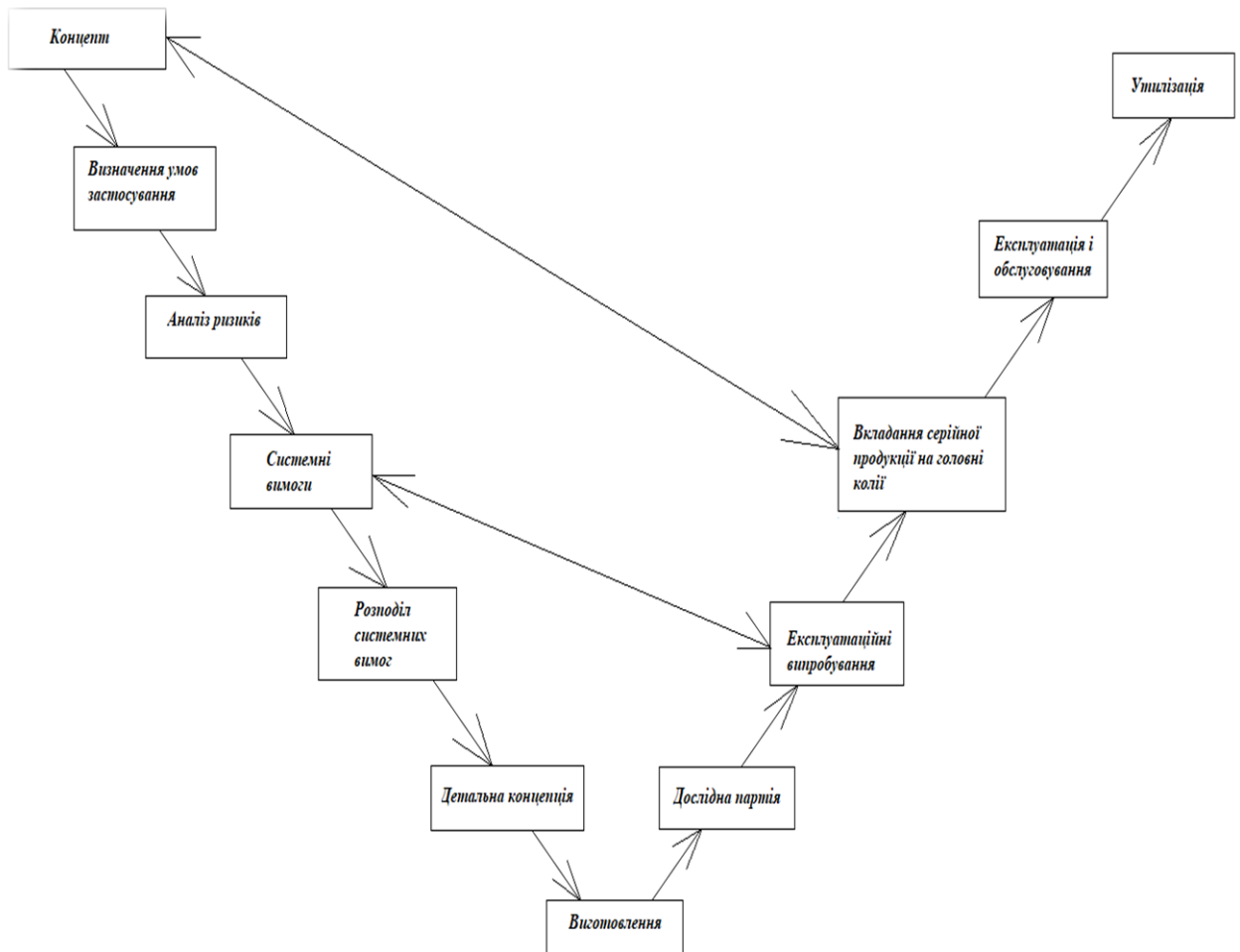


Рисунок 2.1 – V-подібна модель розробки і затвердження проекту

3 Аналіз ризиків. Ризик уявляє собою комбінацію двох понять:

1) ймовірність появи подій або комбінацій подій, які ведуть до виникнення небезпечних ситуацій;

2) наслідки небезпечних ситуацій.

Основні постулати, якими необхідно керуватися для забезпечення функціональної безпеки:

- абсолютної безпеки не існує - після прийняття захисних заходів деякий залишковий ризик завжди залишається;

- безпека досягається шляхом зменшення ризику до допустимого рівня, визначеного як допустимий (залишковий) ризик;

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

0021. 206534.ДР.2021.001

Арк.

16

- існує необхідність перегляду перебігу життєвого циклу допустимого рівня ризику;

Крім цього для аналізу ризиків при виробництві, експлуатації та утилізації стрілочних переводів сплетінь скористаємося принципом безпеки, який використовується головним чином у Франції, який говорить: «всі нові системи повинні в цілому представляти глобальний рівень безпеки, щонайменше, такий же високий, як у будь-якій існуючій системі».

Скористаємося кількісної та якісної характеристики вимірювання ризику. В даному випадку прийнятні дві методики вимірювання, так як при лабораторних випробуваннях, можливо прорахувати з великою ймовірною точністю, а далі і передбачити зменшення або практично звести до нуля багато чинників ризику).

Перелічим ймовірні ризики:

- злам рамних рейок стрілочного переводу сплетіння;
- злам гостряків ;
- злам хрестовин:
- травмування персоналу при виготовленні;
- вихід з ладу обладнання безпосередньо при виготовленні продукції;
- розкрадання сировини або готової продукції при зберіганні та перевезенні;
- ймовірність травмування персоналу при вантажно-розвантажувальних і підготовчих роботах;
- ймовірність травмування персоналу при укладанні рейок сплетіння в колію і введення його в роботу;
- ймовірність травмування персоналу при недостатній кваліфікації при технічному обслуговуванні в процесі експлуатації;
- ймовірність викиду рейок сплетіння при температурних напруженнях.

4 Системні вимоги. Регламентуються наступними документами: Державні будівельні норми України (ДБН В. 2.3 – 19:2018 Споруди транспорту. Залізничі колії 1520 мм. Норми проектування) [1], Правила

									Арк.
									17
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

0021. 206534.ДР.2021.001

технічної експлуатації залізниць України (ПТЕ) [2], Інструкція з улаштування та утримання колії залізниць України (ЦП-0269) [3], Рейки звичайні для залізниць широкої колії. Загальні технічні умови. (ДСТУ 4344:2004) [4], Шпали залізобетонні попередньо напружені для залізниць колії 1520 і 1435 мм. Технічні умови. (ДСТУ Б В.2.6-209:2016) [5], Інструкція з сигналізації на залізницях України (ЦШ-0001) [6], Інструкція з забезпечення безпеки руху поїздів при виконанні колійних робіт на залізницях України (ЦП-0273) [7], Інструкція з руху поїздів та маневрової роботи (ЦД-0058) [8].

5 Розподіл системних вимог. Розподіл вимог між рейками сплетіння, його профілем, і процесом виготовлення.

6 Детальна концепція. Сплетіння повинні відповідати головним параметрам, а саме: міцності, стійкості, твердості, профілем, геометричних розмірів, наявності термозміцнення.

Після детальної концепції виготовляють проект.

7 Виготовлення Виготовляти сплетіння можливо на сертифікованих металопрокатних заводах (стрілочних заводах).

8 Дослідна партія. Після виготовлення рейок, беруть дослідні зразки для дослідницької роботи.

9 Експлуатаційні випробування. Експлуатаційні випробування виконують для визначення рівня металургійного якості цього сплетіння, їх експлуатаційної стійкості, інтенсивності накопичення бічного зносу на кривих ділянках колії, відповідно до положень методики і програми випробувань, проводять кваліфікаційні випробування сплетіння. Після експлуатаційних випробувань проводять приймальні випробування, результати яких можуть бути зараховані для сертифікаційних випробувань. Орган по сертифікації, отримавши від потенційного виробника всю документацію, що стосується виробництва сплетіння, спочатку формалізує процес сертифікації, а саме перевіряє правильність оформлення представленої документації, її повноту та т.і. Після проведення формальної частини сертифікації, орган з сертифікації вивчає надану технічну і технологічну документацію, документацію про

						0021. 206534.ДР.2021.001	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			18

проведені випробування продукту. Далі орган по сертифікації приймає рішення про видачу сертифіката відповідності виробництва ДСТУ. Отриманий сертифікат формально можна вважати допуском в виробництво.

10 Вкладання серійної продукції на головні колії. Після серійного виробництва стрілочні переводи сплетіння поставляються на підприємства колійного господарства, де збирають в рейко-шпальну решітку для подальшої укладання в колію, так само знаходяться на зберіганні для використання в одиночній укладання (заміни) сплетіння.

11 Експлуатація і обслуговування. Технічне обслуговування сплетіння передбачає перевірки та планово-попереджувальні роботи з поточного утримання колії.

Види і терміни перевірок встановлюються Інструкцією з улаштування і утримання колії залізниць України (ЦП-0269) [3]. Планово-попереджувальні роботи повинні виконуватися згідно робочих і типових технологічних процесів. Планово-попереджувальні роботи з поточного утримання колії повинні виконуватися в міру його виходу з ладу, по пропущеному тоннажу по рамних рейках сплетіння, по терміну служби верхньої будови колії. Залежно від цього передбачаються наступні види робіт: поточний ремонт, капітальний ремонт, реконструкція переводу.

12 Утилізація. Після того, як в ході технічного обслуговування, було виявлено, що елементи стрілочних переводів сплетіння підлягають заміні, в плановому порядку, проводиться їх заміна на нові з демонтажем старих силами працівників колійного господарства. У разі, коли рамні рейки, гостряки та хрестовини не підлягають вторинній укладці, вони переплавляються. Рамні рейки, гостряки та хрестовини – виріб, який підлягає 100% переробці.

					0021. 206534.ДР.2021.001	Арк.
						19
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3 ОЦІНКА КОНСТРУКЦІЇ ВЕРХНЬОЇ БУДОВИ КОЛІЇ ЩОДО ВІДПОВІДНОСТІ УМОВАМ ЕКСПЛУАТАЦІЇ

3.1 Вибір варіантів верхньої будови колії для ділянки

Задано діючу ділянку колії протяжністю 10 км в умовах Львівської залізниці. Це суміщена електрифікована ділянка з вантажонапруженістю

- колії шириною 1520 мм - 28 млн. т км бруто/км за рік;
- колії шириною 1435 мм - 2 млн. т км бруто/км за рік.

Ділянка, на якій ширина колії 1520 мм обслуговується електровозами постійного струму 3500Вт ЧС2, ВЛ11, зі швидкістю руху пасажирських поїздів 80 км/год., вантажних поїздів – 60 км/год.; тепловозами 2М62– зі швидкістю руху пасажирських поїздів 80 км/год., вантажних поїздів – 60 км/год., а шириною – 1435 мм обслуговується тепловозами 2М62 – зі швидкістю руху вантажних поїздів – 40 км/год.

Відповідно до ДСТУ 9002:2020 «Споруди транспорту класифікація, періодичність призначення та проведення планово-запобіжних ремонтів залізничних колій [11], колія відноситься до IV категорії колії.

Для колії даної категорії виберемо такі варіанти конструкції верхньої будови колії (ВБК) для порівняння:

I варіант. Безстикова колія з довгими або короткими рейковими плітями, рейки нові типу Р65 вищої або I категорії; залізобетоні шпали і скріплення нові. Епюра шпал не менше 1840 шт/км. Баласт щебеневий, товщина шару нового або очищеного баласту під шпалою – не менше 35 см.

II варіант. Безстикова колія з довгими або короткими рейковими плітями, рейки нові типу 60E1 (UIC60) вищої або I категорії; залізобетоні шпали і скріплення нові. Епюра шпал не менше 1840 шт/км. Баласт щебеневий, товщина шару нового або очищеного баласту під шпалою – не менше 35 см.

Розглядаються варіанти конструкції безстикової колії, як найбільш прогресивна та основна конструкція колії відповідно до Технічних вказівок по улаштуванню, укладанню, ремонту і утриманню безстикової колії на

					0021. 206534.ДР.2021.001	Арк.
						20
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

залізницях України [12], сумарні приведені витрати на утримання ланкової колії значно більші ніж на утримання безстикової колії, тому конструкція ланкової колії на дерев'яних шпалах не розглядається.

3.2 Вибір варіанту конструкції ВБК за умови міцності

Для розрахунку необхідні окремі характеристики локомотивів які наведені в табл. 3.1, характеристики елементів ВБК наведені в табл. 3.2, коефіцієнти до розрахунку на міцність наведені в табл. 3.3.

Таблиця 3.1 – Параметри локомотивів

№ п/п	Параметри	Серія локомотива		
		ЧС2	ВЛ11	2М62
1	2	3	4	5
1.	Конструктивна швидкість, км/год.	160	100	100
2.	Осьова формула	3 ₀ -3 ₀	2(2 ₀ -2 ₀)	3 ₀ -3 ₀
3.	Статичне навантаження від колеса на рейку P_{st} , кН:	102,5	115	98
4.	Непідресорене статичне навантаження від колеса на рейку q_k , кН	19,25	30,60	22,5
5.	Діаметр колеса d , см	125	125	105
6.	Статичний прогин ресор f_{cm} , мм	120	116.2	90
7.	Глибина ізольованої нерівності на колесі e_0 , см	0,067	0,067	0,067
8.	Послідовні відстані між осями l_1 , см	240-220- 380-220-240	300-400-300- 466.5-300- 400-300	210-210- 440-210-210
9.	Жорсткість ресорного підвішування, віднесена до колеса J_p , кН/мм	1350	1010	1100

Розрахунки колії на міцність виконуються на електронно-обчислювальній машині (ЕОМ) через інтернет-ресурс [13]. Результати розрахунків наведені у додатку А в таблицях А.1 – А.48.

Розрахунок колії на міцність вирішує наступні задачі [14]:

- визначення напружень і деформацій в елементах залізничної колії, що виникають від рухомого складу;

- визначення необхідної потужності елементів ВБК для заданих експлуатаційних умов із метою забезпечення безпеки руху поїздів із встановленими швидкостями;
- визначення швидкостей руху залізничних екіпажів, що допускаються за умовами міцності, по колії із заданими характеристиками.

Результати розрахунків дозволяють ввести обмеження швидкості руху поїздів чи обмежити вертикальне навантаження колеса на рейку й обґрунтовано намітити заходи щодо посилення колії.

Таблиця 3.2 – Характеристики елементів ВБК

Показники та назва елемента	Значення величини
Площа поперечного перерізу F , см^2 :	
- Р65	78,24
- 60E1 (UIC60)	70,39
Момент інерції I щодо горизонтальної осі, см^4 :	
- Р65	2998
- 60E1 (UIC60)	2619
Момент опору $W_{\text{п}}$ у вертикальній площині по підшві, см^3 :	
- Р65	404
- 60E1 (UIC60)	307
Ефективна опорна площа напівшпали Ω_a , см^2 :	
- КБ	2975
- КПП 5	3380
Ширина нижньої постелі шпали, см :	
- КБ	25
- КПП 5	25,4
Відстань між осями суміжних шпал l , см	54
Опорна площа підкладки ω , см^2 :	
- КБ	490
- КПП	262,5

Таблиця 3.3 – Коефіцієнти до розрахунку на міцність

Коефіцієнт	Значення
β – залежить від типу рейок:	
- P65	0,87
- 60E1 (UIC60)	0,904
γ – від роду баласту	1,0
ε – відображує вплив роду шпал	0,322
α_1 – співвідношення приведених до точки контакту не обресорених частин маси екіпажа і колії	0,931
α_0 – від виду шпал	0,403
r_1 – враховує нерівномірне прикладення просторового навантаження уздовж шпали:	
- безстикова	0,7

Міцність колії оцінюється порівнянням розрахункових максимальних напружень в елементах колії з допустимими напруженнями [14]:

$$\sigma_{i\max} \leq [\sigma] \quad (3.1)$$

- допустимі напруження розтягу у кромці подошви рейки за рахунок її згину і крутіння під дією вертикальних і горизонтальних сил від рухомого складу за умовою неперевикнення кількості відмов рейок, що допускається за період нормативного наробітку $[\sigma]_K = 240 \text{ МПа}$ [15];

- рекомендовані напруження на зм'яття у шпалах (прокладках) під підкладками усереднені по площі підкладки, за умовою неперевикнення допустимого зносу шпал (прокладок) за період нормативного наробітку $[\sigma]_{uu} = 4 \text{ МПа}$ [15];

- рекомендовані напруження стиску у баласті під шпалою в підрейковій зоні з умови неперевикнення допустимої інтенсивності накопичення залишкових деформацій у баласті $[\sigma]_o = 0,5 \text{ МПа}$ [15];

- допустимі напруження стиску на основній площадці земляного полотна у підрейковій зоні з умови неперевикнення допустимої інтенсивності накопичення залишкових деформацій на основній площадці $[\sigma]_{zn} = 80 \text{ кПа}$ [15].

Аналіз напружень в елементах ВБК для обраних варіантів

За результатами розрахунків з табл. А.46 – А.59 побудовані графіки залежності напружень від швидкості руху поїздів. Графіки показані на рисунках 3.1 – 3.10.

На рисунках 3.1, 3.2, 3.6, 3.7 показані залежності по одному з двох розглядаємих типів скріплень тому, що їх конструкція не впливає на кромочні напруження. Для порівняння обрано варіанти ускладнених умов експлуатації (крива літо, крива зима), так як у них виникають найбільші напруження. На рисунках 3.3 – 3.5, 3.8 – 3.10 відображені напруження у шпалах, баласті та земляному полотні; для порівняння обрано два типи скріплень в ускладнених умовах експлуатації колії (крива зима) – виникають найбільші напруження.

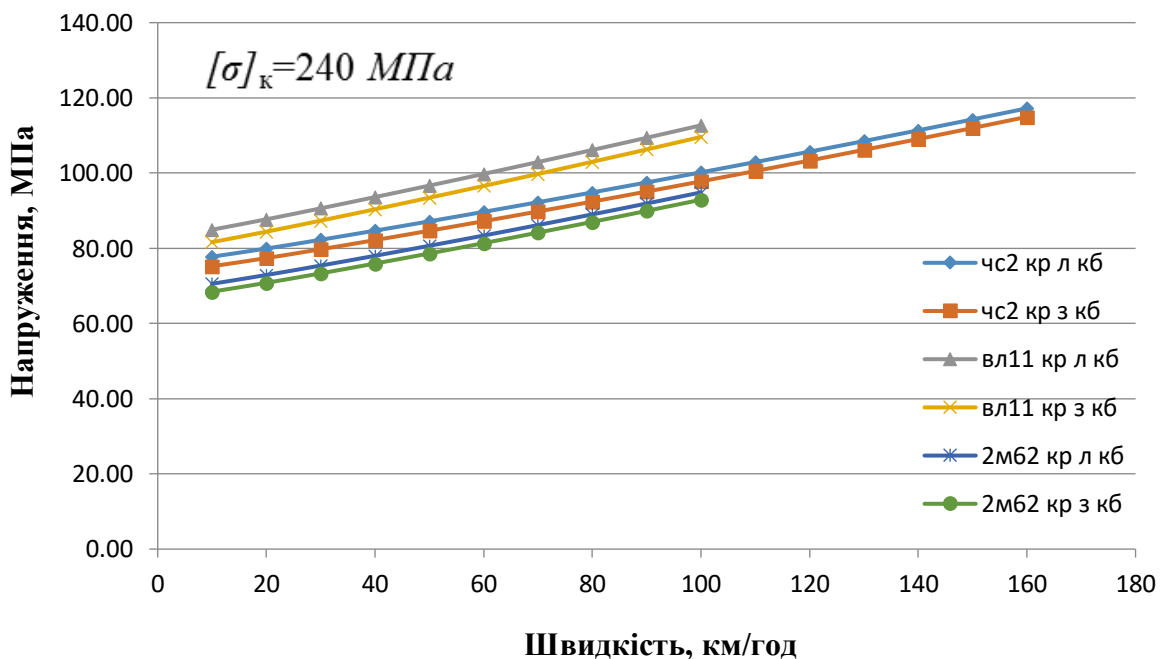


Рисунок 3.1 – Графік напружень у кромці головки рейки для рейки типу Р65

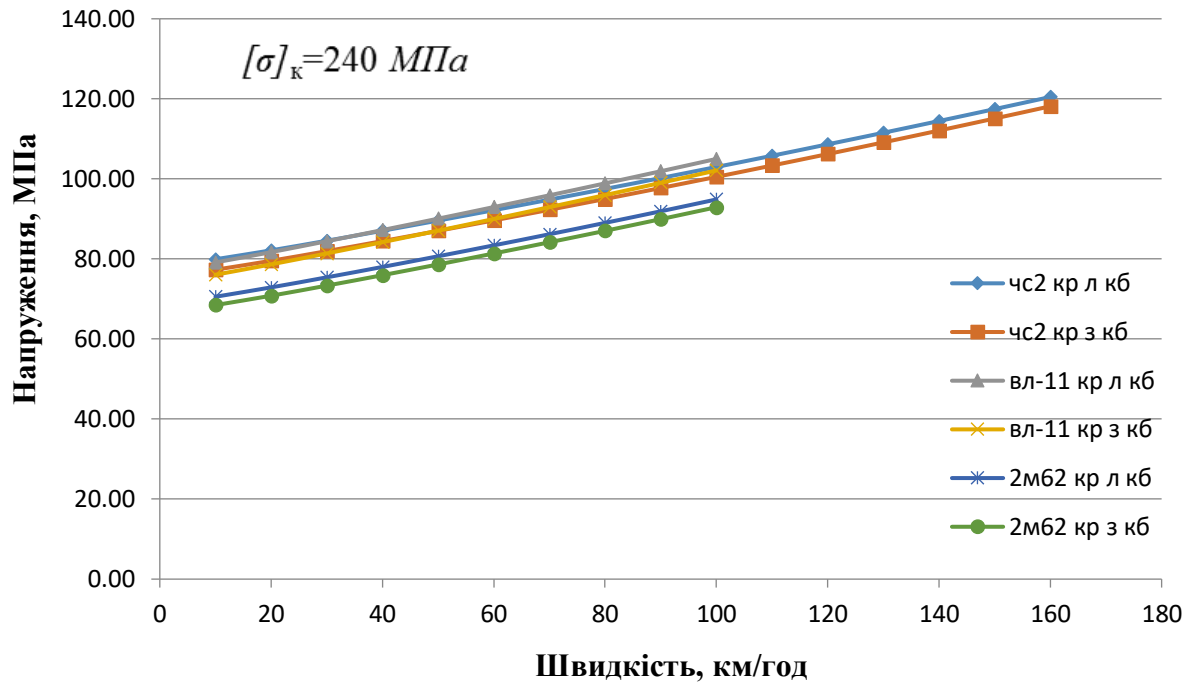


Рисунок 3.2 – Графік напружень у кромці підшви рейки для рейки типу Р65

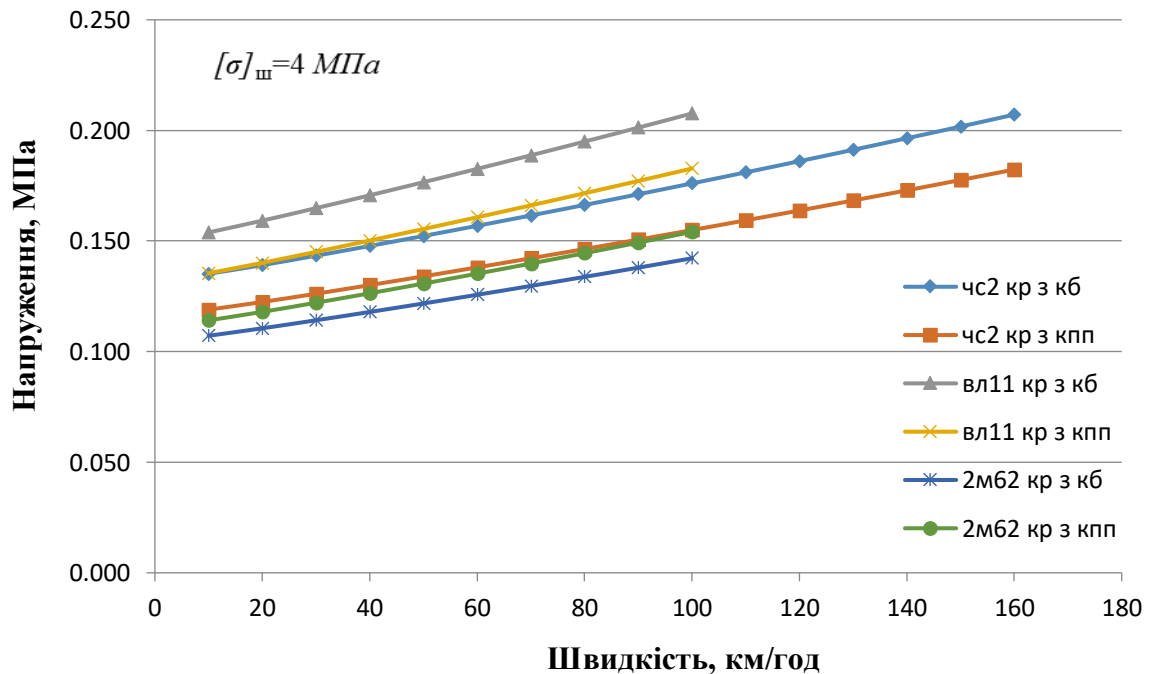


Рисунок 3.3 – Графік напружень у шпалі для рейки типу Р65

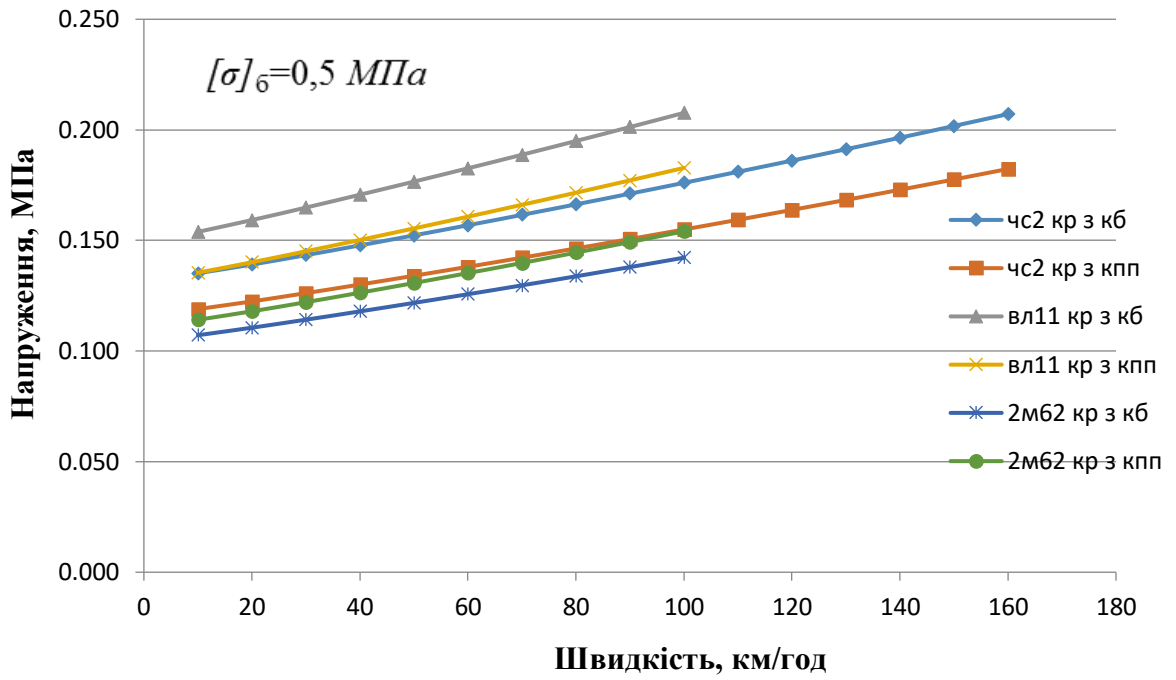


Рисунок 3.4 – Графік напружень у баласті для рейки типу Р65

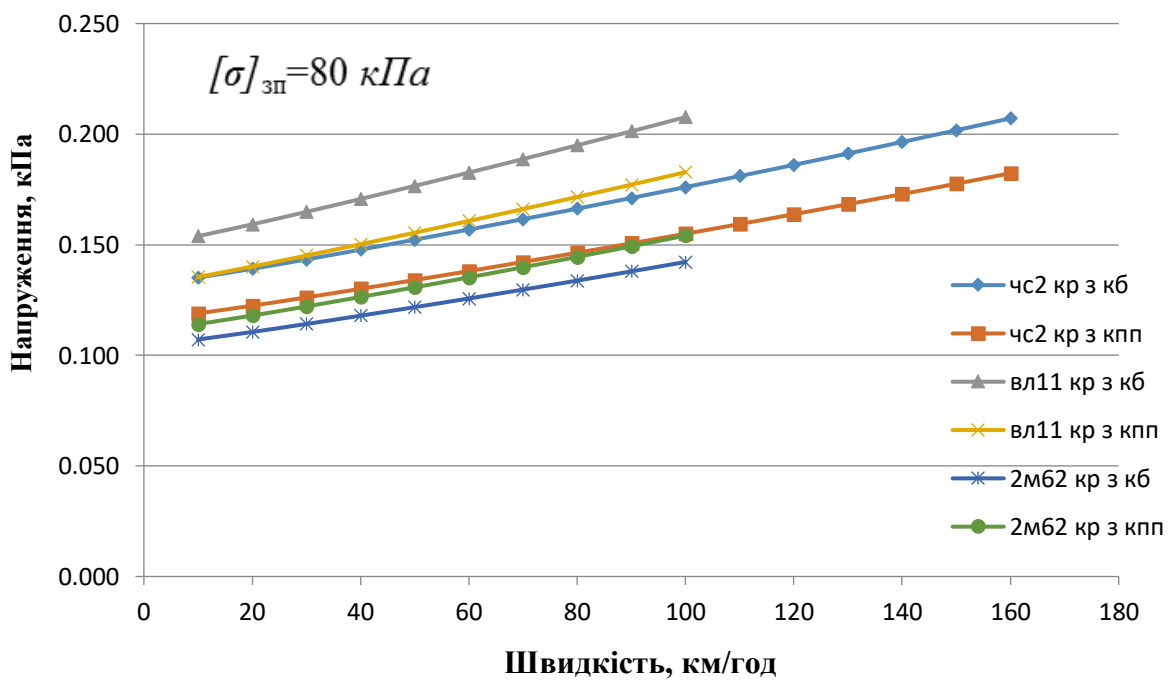


Рисунок 3.5 – Графік напружень у земляному полотні для рейки типу Р65

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

0021. 206534.ДР.2021.001

Арк.

26

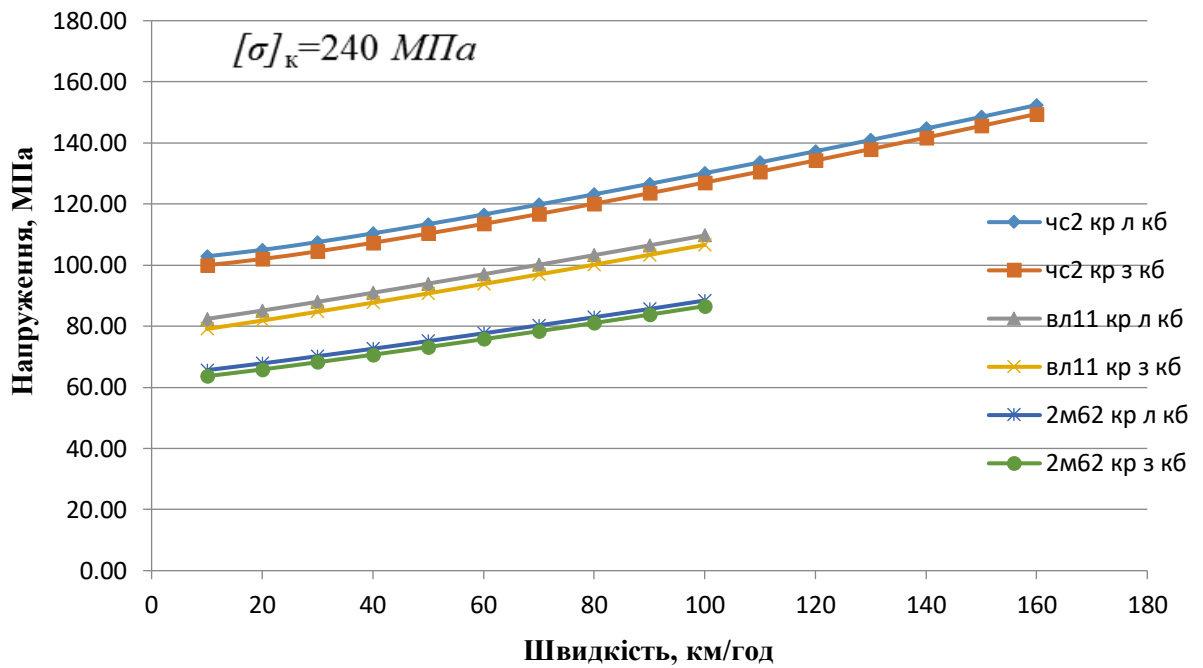


Рисунок 3.6 – Графік напружень у кромці головки рейки для рейки типу 60E1 (UIC60)

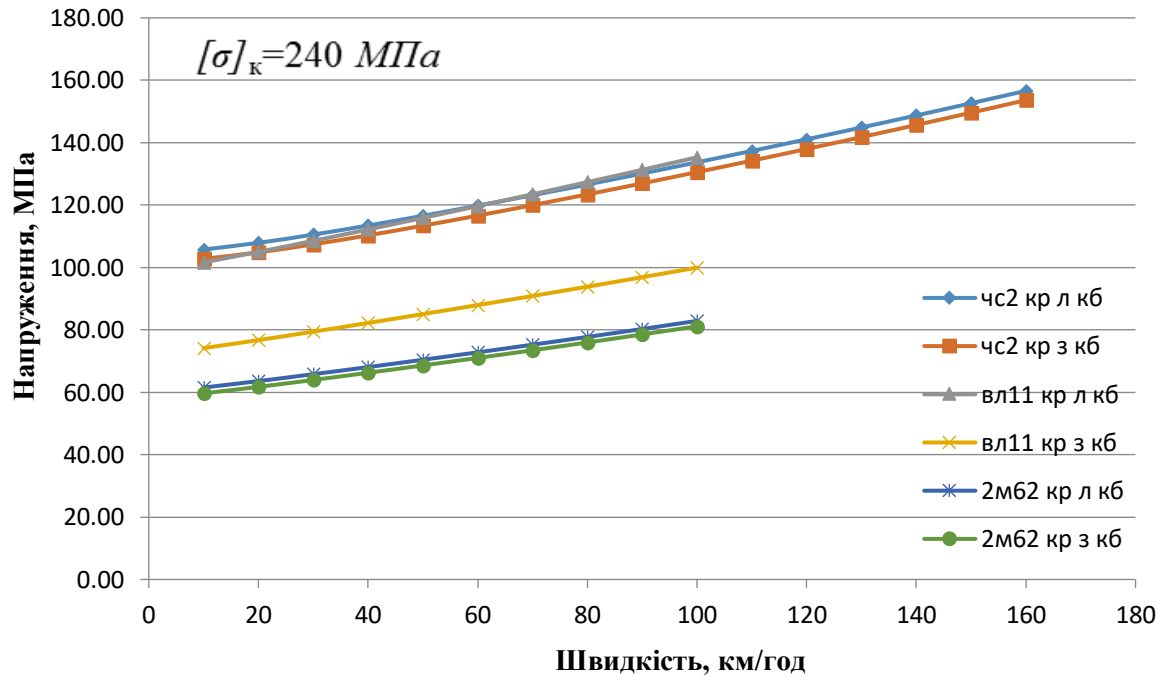


Рисунок 3.7 – Графік напружень у кромці підшви рейки для рейки типу 60E1 (UIC60)

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

0021. 206534.ДР.2021.001

Арк.

27

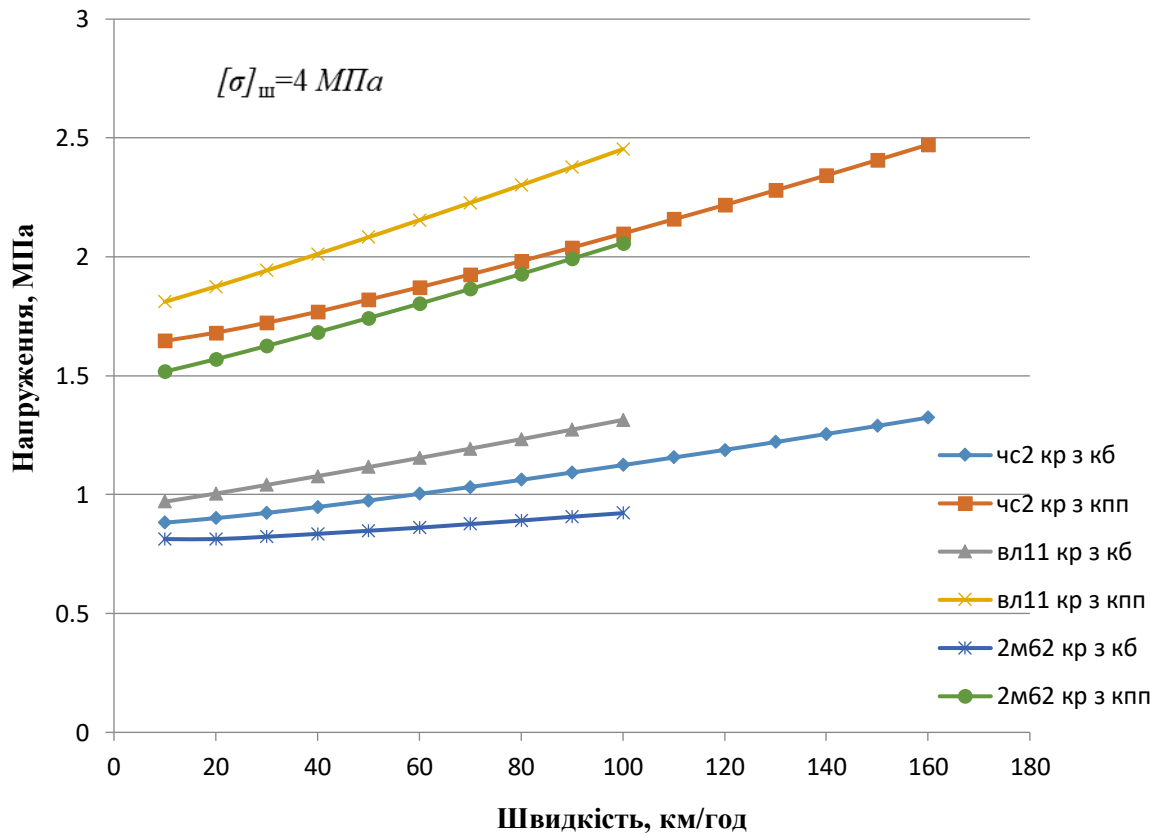


Рисунок 3.8 – Графік напружень у шпалі для рейки типу 60E1 (UIC60)

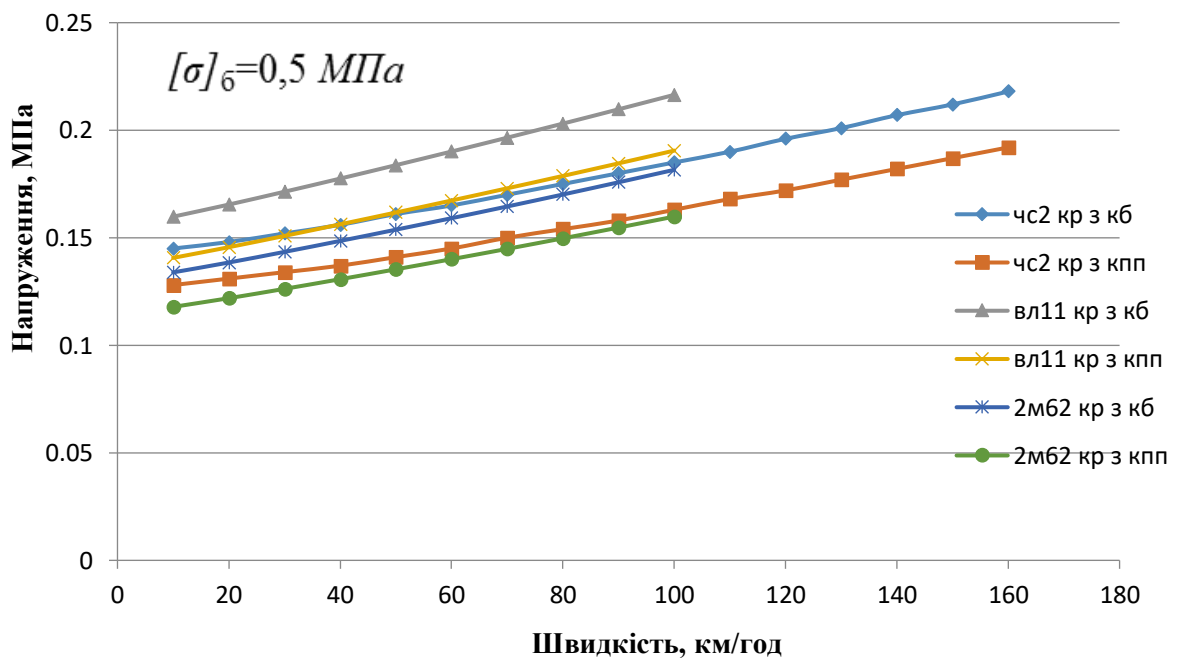


Рисунок 3.9 – Графік напружень у баласті для рейки типу 60E1 (UIC60)

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

0021. 206534.ДР.2021.001

Арк.

28

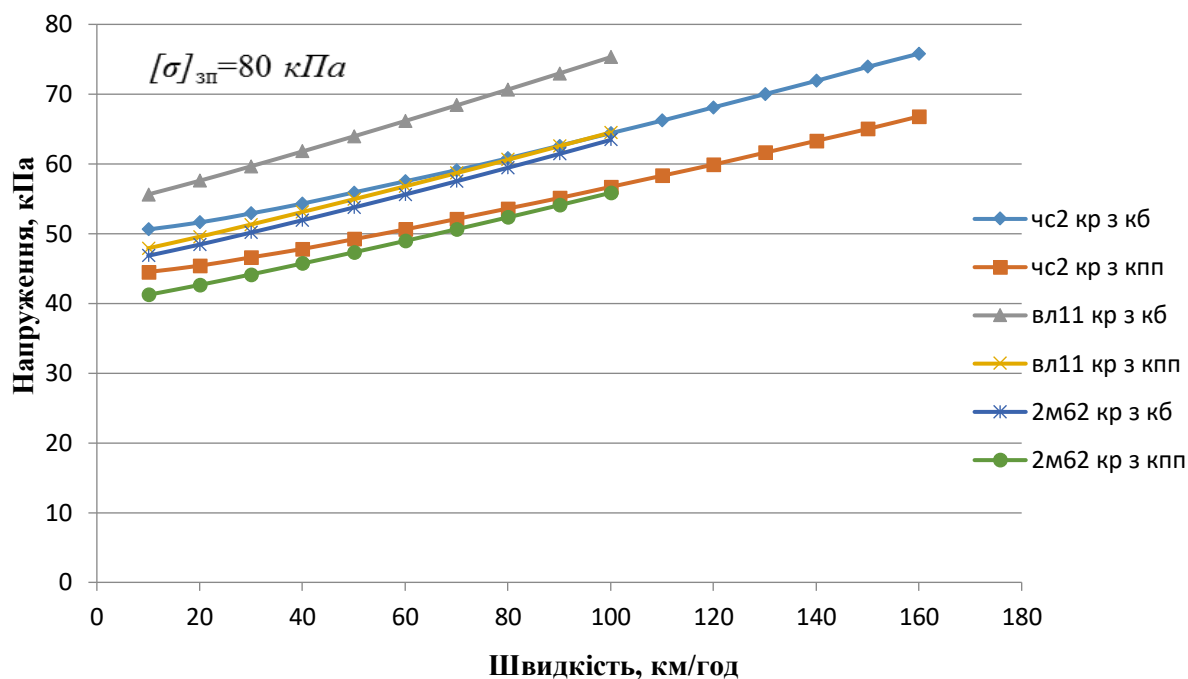


Рисунок 3.10 – Графік напружень у земляному полотні для рейки типу 60E1 (UIC60)

Детальний аналіз мінімального запасу міцності в елементах ВБК для локомотива ЧС2 показано у табл. 3.4

Таблиця 3.4 – Запас міцності в елементах ВБК для локомотива ЧС2

№ п/п	Напруження	Тип рейок	Запас міцності, %	
			Тип скріплення	
			КБ	КПП-5
1	Напруження у кромці головки	P65	50,7	50,7
		60E1 (UIC60)	36,5	36,5
2	Напруження у кромці підшви	P65	49,3	49,3
		60E1 (UIC60)	34,7	34,7
3	Напруження у шпалі	P65	68,2	40,6
		60E1 (UIC60)	66,9	38,2
4	Напруження у баласті	P65	58	63
		60E1 (UIC60)	56,4	61,6
5	Напруження у земляному полотні	P65	30,7	19,5
		60E1 (UIC60)	5,25	16,5

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

0021. 206534.ДР.2021.001

Арк.

29

Детальний аналіз мінімального запасу міцності в елементах ВБК для локомотива ВЛ11 показано у табл.3.5

Таблиця 3.5 – Запас міцності в елементах ВБК для локомотива ВЛ11

№ п/п	Напруження	Тип рейок	Запас міцності, %	
			Тип скріплення	
			КБ	КПП-5
1	Напруження у кромці головки	P65	55,6	55,6
		60E1 (UIC60)	41,4	41,4
2	Напруження у кромці підшви	P65	57,3	57,3
		60E1 (UIC60)	45,4	45,4
3	Напруження у шпалі	P65	69,2	42,6
		60E1 (UIC60)	68	40,2
4	Напруження у баласті	P65	59,4	64,4
		60E1 (UIC60)	57,8	62,8
5	Напруження у земляному полотні	P65	11,6	22,1
		60E1 (UIC60)	8,25	19,25

Висновки

Після проведених розрахунків колії на міцність та проаналізувавши результати маємо такі висновки:

- розглянуті конструкції ВБК не перевищують гранично допустимі напруження;
- обмеження по швидкості руху поїздів не потребує;
- для подальших розрахунків вплив напружень від тепловоза 2М62 не враховуємо.

На основі проведених порівнянь далі приймаємо наступні конструкції колії:

1 варіант. Безстикова колія з довгими або короткими рейковими плітьми, рейки нові типу Р65 вищої або І категорії; залізобетоні шпали нові, скріплення КБ нові. Епюра шпал не менше 1840 *шт/км*. Баласт щебеневий, товщина шару нового або очищеного баласту під шпалою – не менше 35 *см*.

2 варіант. Безстикова колія з довгими або короткими рейковими плітьми, рейки нові типу 60E1 (UIC60) вищої або І категорії; залізобетоні шпали нові, скріплення КБ нові. Епюра шпал не менше 1840 *шт/км*. Баласт щебеневий, товщина шару нового або очищеного баласту під шпалою – не менше 35 *см*.

										Арк.
										30
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	0021. 206534.ДР.2021.001					

3.3 Розрахунок колії на міцність та стійкість

3.3.1 Розрахунок температурного режиму роботи колії за критеріями міцності та стійкості

Головною ознакою в роботі безстикової колії, яка обумовлює особливості її укладання та утримання, є те, що середня частина добре закріплених рейкових плітей при підвищенні або зниженні їх температури не може змінювати свою довжину. Тому в них виникають значні поздовжні температурні сили, які в спекотну літню погоду можуть привести до втрати стійкості (викиду) колії, а в холодну зиму – до перенапружень в підшві рейки і зламу її з утворенням небезпечного зазору, або розриву рейкового стику у зрівнювальному прольоті через зріз болтів.

Ці особливості безстикової колії вимагають дотримання особливих правил і норм її улаштування, укладання, утримання та ремонту [12].

Особливістю розрахунку безстикової колії, на відміну від ланкової, є необхідність врахування температурних напружень у рейкових плітях, що можуть досягати значних величин.

Наступний розрахунок проведено за методикою наведеною в інструкції [16].

Умова міцності рейок безстикової колії з урахуванням температурних напружень має вигляд :

$$\sigma_t \leq [\sigma] - \sigma_{кп} \cdot K_{п}, \quad (3.2)$$

де $\sigma_{кп}$ - напруження в кромках підшви рейки від вигину та кручення під навантаженням від рухомого складу, МПа;

$K_{п}$ - коефіцієнт запасу міцності ($K_{п} = 1,3$ для рейок першого терміну служби; $K_{п} = 1,4$ для рейок, що пропустили нормативний тоннаж);

$[\sigma]$ - допустимі напруження ($[\sigma] = 350$ МПа - для нових незагартованих рейок, $[\sigma] = 400$ МПа - для нових термічно зміцнених рейок).

Фактичні температурні напруження, що виникають у рейці, через нездійснену зміну її довжини при зміні температури:

$$\sigma_t = \alpha \cdot E \cdot \Delta t \approx 2,5 \cdot \Delta t, \quad (3.3)$$

					0021. 206534.ДР.2021.001	Арк.
						31
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де α - коефіцієнт лінійного розширення ($\alpha = 1,18 \cdot 10^{-5}$ 1/град для рейкової сталі);

E - модуль пружності рейкової сталі ($E = 2,1 \cdot 10^5$ МПа);

Δt - різниця між температурою рейки, при якій визначають напруження, і температурою закріплення пліти на шпалах, °С.

Найбільша допустима з умов міцності рейки зміна температури рейкової пліти порівняно з її температурою закріплення в сторону зниження (по міцності підшви):

$$[\Delta t_p] = \frac{[\sigma] - \sigma_{кп} \cdot K_{п}}{\alpha \cdot E} \approx \frac{[\sigma] - \sigma_{кп} \cdot K_{п}}{2,5}. \quad (3.4)$$

При дії стискуючих сил раніше настає втрата стійкості колії, а не втрата міцності рейок. Тому допустима зміна температури рейкових плітей в сторону підвищення визначається з умов забезпечення стійкості колії проти викиду:

$$[\Delta t_c] = \frac{[P_{t-c}]}{2 \cdot \alpha \cdot E \cdot F_1}, \quad (3.5)$$

де $[P_{t-c}]$ - допустима температурна сила за умов стійкості колії;

F_1 - площа поперечного перерізу рейки.

Для розрахунків поперечної стійкості рейко-шпальної решітки від викиду колії при дії критичних поздовжніх температурних сил може бути використана методика проф. С. П. Першина. Значення критичної сили, за якої може відбутися втрата стійкості, визначається за формулою [17]:

$$P_3 = \frac{A_3 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3}{i^{\alpha_3}}, \quad (3.6)$$

де A_3 і α_3 – параметри, які залежать від типу рейки та плану лінії, (визначаються за табл. 1 [17]);

K_1 – коефіцієнт, що залежить від опору шпал зсуву поперек колії, при опорі 4,5 кН – $K_1 = 1$; [17];

K_2 – коефіцієнт, що залежить від епюри шпал: при 1840 шт/км – $K_2 = 1$, [17];

					0021. 206534.ДР.2021.001	Арк.
						32
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

K_3 – коефіцієнт, що залежить від зусилля затяжки клемних болтів, приймається рівним $K_3 = 1,0$ [17];

i - середній уклон початкової нерівності, який приймається: $i = 2\%$ для прямих, $i = 2,5\%$ при $R = 1000 \text{ м}$ і $i = 3,0\%$ при $R = 400 \text{ м}$ [17].

Допустиме підвищення температури рейки відносно температури закріплення за умови стійкості з урахуванням одиниць виміру можна визначити за формулою [17]:

$$\Delta t_{\max(c)} = \frac{5[P_{\kappa}]}{\alpha EF}, \quad (3.7)$$

де $[P_{\kappa}]$ – критична сила, що може призвести до викиду колії, кН [17]:

$$[P_{\kappa}] = \frac{P_3}{K_c}, \quad (3.8)$$

де K_c – коефіцієнт запасу на стійкість, у практичних розрахунках F – площа поперечного перерізу рейки, приймається з табл. 2 [17].

У дипломному проекті розрахунок безстикової колії на міцність і стійкість виконуємо для пліти, що розміщена на прямій та кривій ділянці колії радіусом 595 м , для рейок типу Р65 та 60Е1 (UIC60). Для розрахунку обираємо найбільші напруження, що виникають у ВБК від дії локомотива, а саме електровоза ВЛ11.

Виконуємо розрахунки для рейок типу Р65, скріплення КБ. Напруження беремо із табл. А.9...А.12.

Крива ($R = 595 \text{ м}$):

$$\sigma_{\kappa}^{(1)} = 112,69 \text{ МПа},$$

$$\sigma_{n-\kappa}^{(3)} = 102,11 \text{ МПа}.$$

Обчислюємо допустиме збільшення температури рейки відносно температури її закріплення з умови міцності за формулою (3.4):

$$\Delta t_{\max(m)} = \frac{400 - 1,3 \cdot 112,69}{2,5} = 101^{\circ}\text{C}.$$

Обчислюємо допустиме зменшення температури рейки відносно температури закріплення з умов міцності за формулою (3.4):

									0021. 206534.ДР.2021.001	Арк.
										33
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

$$\Delta t_{min(m)} = \frac{400 - 1,3 \cdot 102,11}{2,5} = 107^\circ C.$$

Визначаємо значення критичної сили, за якої може відбутися втрата стійкості при рейках Р65 та $i = 2,8 \text{ ‰}$ за формулою (3.6):

$$P_3 = \frac{3133 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1}{2,8^{0,332}} = 2225,89 \text{ кН}.$$

Обчислюємо критичну силу, що може призвести до викиду колії для рейок Р65 за формулою (1.8):

$$[P_k] = \frac{2225,89}{1,5} = 1483,93 \text{ кН}.$$

Обчислюємо допустиме підвищення температури рейки відносно температури закріплення за умови стійкості для рейок Р65 за формулою (3.7):

$$\Delta t_{max(c)} = \frac{5 \cdot 1483,93}{2,5 \cdot 76,08} = 39^\circ C.$$

Пряма:

$$\sigma_{\sigma-k}^{(1)} = 106,50 \text{ МПа},$$

$$\sigma_{n-k}^{(3)} = 96,99 \text{ МПа}.$$

$$t_{max(m)} = \frac{400 - 1,3 \cdot 106,50}{2,5} = 105^\circ C.$$

$$t_{min(m)} = \frac{400 - 1,3 \cdot 96,99}{2,5} = 110^\circ C.$$

$$P_3 = \frac{5830 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1}{2^{0,585}} = 3886,566 \text{ кН},$$

$$[P_k] = \frac{3886,566}{1,5} = 2591,04 \text{ кН},$$

$$\Delta t_{max(c)} = \frac{5 \cdot 2591,04}{2,5 \cdot 78,08} = 66^\circ C.$$

Виконуємо розрахунки для рейок типу 60E1 (UIC60), скріплення КБ. Напруження беремо із результатів розрахунку з таблиць А.33...А.36.

Крива ($R=595 \text{ м}$):

$$\sigma_{\sigma-k}^{(1)} = 109,71 \text{ МПа},$$

$$\sigma_{n-k}^{(3)} = 99,94 \text{ МПа}.$$

$$t_{max(m)} = \frac{350 - 1,3 \cdot 109,71}{2,5} = 83^\circ C.$$

$$t_{min(m)} = \frac{350 - 1,3 \cdot 99,94}{2,5} = 88^\circ C.$$

$$P_3 = \frac{3075 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1}{2,8^{0,342}} = 2162,31 \text{ кН}.$$

					0021. 206534.ДР.2021.001	Арк.
						34
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$[P_{\kappa}] = \frac{2162,31}{1,5} = 1441,54 \text{ кН.}$$

$$\Delta t_{\max(c)} = \frac{5 \cdot 1441,54}{2,5 \cdot 70,39} = 41^{\circ}\text{C}.$$

Пряма:

$$\sigma_{2-\kappa}^{(1)} = 112,46 \text{ МПа,}$$

$$\sigma_{n-\kappa}^{(3)} = 89,19 \text{ МПа.}$$

$$t_{\max(m)} = \frac{350 - 1,3 \cdot 112,46}{2,5} = 82^{\circ}\text{C}.$$

$$t_{\min(m)} = \frac{350 - 1,3 \cdot 99,94}{2,5} = 88^{\circ}\text{C}.$$

$$P_3 = \frac{5637 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1}{2^{0,589}} = 3747,5 \text{ кН,}$$

$$[P_{\kappa}] = \frac{3747,5}{1,5} = 2498,33 \text{ кН,}$$

$$\Delta t_{\max(c)} = \frac{5 \cdot 2498,33}{2,5 \cdot 70,39} = 71^{\circ}\text{C}.$$

3.3.2 Визначення додаткових вимог до температурних умов закріплення рейкових плітей

Допустиме зниження температури рейки відносно температури закріплення, виходячи з неперевищення можливого зазору при зломі рейки, визначається за формулою [17]:

$$\Delta t_{\min(\text{злом})} = \sqrt{\frac{[\lambda]}{A}}, \quad (3.9)$$

де $[\lambda]$ – допустима величина зазору, що утворюється при зломі пліті, приймається 50 мм;

A – коефіцієнт пропорційності, [17].

Допустиме зниження температури рейки відносно температури закріплення, виходячи з можливого вкорочення кінця пліті, яке може бути забезпечене відповідною частиною зрівнювальних рейок за рахунок збільшення початкових зазорів у стиках, визначається за формулою [17]:

$$\Delta t_{\min(\text{зазор})} = \sqrt{\frac{\Delta \lambda}{0,5A}} + 7, \quad (3.10)$$

					0021. 206534.ДР.2021.001	Арк.
						35
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де $\Delta\lambda$ – вкорочення кінця пліті, яке можуть забезпечити зрівнювальні рейки за рахунок збільшення початкових зазорів у стиках. Ця величина визначається, виходячи з кількості зрівнювальних рейок, початкової величини зазору у стиках і максимально можливого значення зазору. Якщо вкорочення кінця пліті забезпечується половиною кількості зазорів зрівнювальних рейок, то:

$$\Delta\lambda = 0,5(\delta_{\max} - \delta_n)(n+1), \quad (3.11)$$

де δ_{\max} – максимально можлива величина стикового зазору, яку може забезпечити стикова накладка, $\delta_{\max} = 23$ мм [17];

δ_n – нормальна величина стикового зазору під час вкладання рейок, $\delta_n = 10$ мм [17];

n – кількість пар зрівнювальних рейок.

Після визначення допустимих значень підвищення температури рейки, окремо за умов міцності та стійкості й допустимого значення зниження температури за умови міцності та з урахуванням додаткових вимог, остаточне встановлення допустимих змін температури рейкової пліті відносно температури її закріплення виконується комплексно, з урахуванням усіх умов [17]:

$$\left\{ \begin{array}{l} \Delta t_{\min} = \min \left\{ \begin{array}{l} \Delta t_{\min(M)} \\ \Delta t_{\min(\text{злом})} \\ \Delta t_{\min(\text{зазор})} \end{array} \right. \\ \Delta t_{\max} = \min \left\{ \begin{array}{l} \Delta t_{\max(M)} \\ \Delta t_{\max(C)} \end{array} \right. \end{array} \right. \quad (3.12)$$

У випадку, якщо визначальним параметром є допустиме зниження температури рейки відносно температури закріплення, виходячи з можливого вкорочення кінця пліті, яке може бути забезпечене зрівнювальними рейками за рахунок збільшення початкових зазорів у стиках $\Delta t_{\min(\text{зазор})}$, це обмеження повинно бути знято шляхом призначення відповідної кількості зрівнювальних рейок [17].

						0021. 206534.ДР.2021.001	Арк.
							36
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

Виконуємо розрахунки для рейок типу Р65, скріплення КБ.

Крива ($R=595$ м):

$$\Delta t_{\min(\text{злом})} = \sqrt{\frac{50}{0,0096}} = 72^\circ\text{C}.$$

$$\Delta\lambda = 0,5 \cdot (23 - 10) \cdot (3 + 1) = 26 \text{ мм}.$$

$$\Delta t_{\min(\text{зазор})} = \sqrt{\frac{26}{0,5 \cdot 0,0096}} + 7 = 81^\circ\text{C}.$$

Встановлюємо остаточні допустимі зміни температури рейкової пліті відносно температури її закріплення при рейках Р65 (3.12):

$$\begin{cases} \Delta t_{\min} = \min \begin{cases} 107 \\ 81 \\ 72 \end{cases} = 72^\circ\text{C}, \\ \Delta t_{\max} = \min \begin{cases} 101 \\ 39 \end{cases} = 39^\circ\text{C}. \end{cases}$$

Пряма:

$$\Delta t_{\min(\text{злом})} = \sqrt{\frac{50}{0,0096}} = 72^\circ\text{C},$$

$$\Delta\lambda = 0,5 \cdot (23 - 10) \cdot (3 + 1) = 26 \text{ мм},$$

$$\Delta t_{\min(\text{зазор})} = \sqrt{\frac{26}{0,5 \cdot 0,0096}} + 7 = 81^\circ\text{C},$$

$$\begin{cases} \Delta t_{\min} = \min \begin{cases} 110 \\ 81 \\ 72 \end{cases} = 72^\circ\text{C}, \\ \Delta t_{\max} = \min \begin{cases} 105 \\ 66 \end{cases} = 66^\circ\text{C}. \end{cases}$$

Виконуємо розрахунки для рейок типу 60Е1 (UIC60), скріплення КБ.

Крива ($R=595$ м):

$$\Delta t_{\min(\text{злом})} = \sqrt{\frac{50}{0,0089}} = 75^\circ\text{C}.$$

$$\Delta\lambda = 0,5 \cdot (23 - 10) \cdot (3 + 1) = 26 \text{ мм}.$$

					0021. 206534.ДР.2021.001	Арк.
						37
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\Delta t_{\min(\text{зазор})} = \sqrt{\frac{26}{0,5 \cdot 0,0089}} + 7 = 83^\circ\text{C}.$$

Встановлюємо остаточні допустимі зміни температури рейкової пліти відносно температури її закріплення при рейках 60E1 (UIC60) (3.12):

$$\begin{cases} \Delta t_{\min} = \min \begin{cases} 88 \\ 75 \\ 83 \end{cases} = 75^\circ\text{C}, \\ \Delta t_{\max} = \min \begin{cases} 83 \\ 71 \end{cases} = 71^\circ\text{C}. \end{cases}$$

3.3.3 Визначення температурного інтервалу закріплення пліти

У більшості випадків для залізниць України можливо встановлення такого інтервалу закріплення, за якого експлуатація безстикової колії буде можлива протягом всього річного циклу зміни температур без розрядки температурних напружень і обмеження швидкостей руху [17].

Максимальні (T_{\max}) та мінімальні (T_{\min}) розрахункові значення температури рейок відповідно для літа й зими для міст України наведені у додатку 1 [7].

Розрахунковий інтервал закріплення – це діапазон температур, при закріпленні в якому рейкових плітей забезпечується необхідна стійкість колії у разі підвищення температури й цілісність рейкових плітей у разі її зниження.

Якщо відкласти від максимальної розрахункової температури рейок (T_{\max}) допустиме підвищення температури відносно температури закріплення (Δt_{\max}), то отримаємо інтервал, закріплення в якому буде забезпечувати експлуатацію колії при підвищенні її температури на будь-яку величину до максимальної розрахункової для даного міста [17]:

$$T_1 = T_{\max} - \Delta t_{\max}, \quad (3.13)$$

Відповідно, відклавши від мінімальної розрахункової температури рейок (T_{\min}) допустиме зниження температури відносно температури закріплення (Δt_{\max}), то отримаємо інтервал, закріплення в якому буде забезпечувати експлуатацію колії при зниженні її температури на будь-яку величину до мінімальної розрахункової для даного міста [17]:

$$T_2 = T_{\min} + \Delta t_{\min}, \quad (3.14)$$

						0021. 206534.ДР.2021.001	Арк.
							38
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

Таким чином, зона пересічення отриманих інтервалів буде визначати розрахунковий інтервал закріплення, який забезпечуватиме експлуатацію колії при зміні її температури у всьому річному циклі [17]:

$$\Delta t_{\text{зак}} = T_2 - T_1, \quad (3.15)$$

Виходячи з табл. Д. 2 [17] приймаємо мінімальну й максимальну температури рейки для міста М, що знаходиться біля станції «М»:

$$T_{\text{min}} = -34 \text{ }^\circ\text{C},$$

$$T_{\text{max}} = +60 \text{ }^\circ\text{C}.$$

Знаходимо межі розрахункового інтервалу закріплення за формулами (3.13), (3.14):

Для рейок Р65.

Крива, $R=595$ м:

$$T_1 = 60 - 39 = 21 \text{ }^\circ\text{C},$$

$$T_2 = -34 + 72 = 38 \text{ }^\circ\text{C}.$$

$$\Delta t_{\text{зак}} = 38 - 21 = 17 \text{ }^\circ\text{C}.$$

Пряма:

$$T_1 = 60 - 66 = -6 \text{ }^\circ\text{C},$$

$$T_2 = -34 + 72 = 38 \text{ }^\circ\text{C}.$$

$$\Delta t_{\text{зак}} = 38 - (-6) = 44 \text{ }^\circ\text{C}.$$

Для рейок 60Е1 (UIC60).

Крива, $R=595$ м:

$$T_1 = 60 - 41 = 19 \text{ }^\circ\text{C},$$

$$T_2 = -34 + 74 = 40 \text{ }^\circ\text{C}.$$

$$\Delta t_{\text{зак}} = 40 - 19 = 21 \text{ }^\circ\text{C}.$$

Пряма:

$$T_1 = 60 - 71 = -11 \text{ }^\circ\text{C},$$

$$T_2 = -34 + 75 = 41 \text{ }^\circ\text{C},$$

$$\Delta t_{\text{зак}} = 41 - (-11) = 52 \text{ }^\circ\text{C}.$$

					0021. 206534.ДР.2021.001	Арк.
						39
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Обидва розрахункові інтервали більше $10\text{ }^{\circ}\text{C}$, це означає, що якщо закріпити пліть за температури від T_1 до T_2 , то можлива експлуатація ділянки під час всього річного циклу температур від T_{\min} , до T_{\max} без розрядки пліті й без обмеження швидкості руху. Оптимальний інтервал входить у межі розрахункового, тому слід рекомендувати закріплювати пліть, коли температура рейки знаходиться в оптимальному інтервалі закріплення (від 25 до $35\text{ }^{\circ}\text{C}$).

3.3.4 Формування карти температурного режиму роботи безстикової колії

При побудові карт температурного режиму по вертикальній осі відкладається температура пліті. На карті відзначаються максимальна і мінімальна температура рейок для даного району, а також температури, що характеризують інтервал закріплення пліті.

У разі наближення температури пліті до максимального чи мінімального значення ймовірність появи небезпечних деформацій різко зростає. Тому при температурі пліті менше $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$, а також при наближенні її до T_{\max} ближче ніж на $20\text{ }^{\circ}\text{C}$, нагляд за колією повинен бути посилений.

Колійні роботи, які викликають тимчасове послаблення стійкості рейко-шпальної решітки проти викиду, дозволяється виконувати, якщо температура рейкових плітей не відрізняється від температури їх закріплення протягом всього періоду виконання робіт більше, ніж на величини, що наведені у табл. 3 і 4 [17].

3.4 Техніко - економічне порівняння варіантів верхньої будови колії

Техніко-економічні розрахунки виконуємо для порівняння двох варіантів ВБК, які наведені нижче, щоб вибрати найбільш раціональний.

1 варіант. Безстикова колія з довгими або короткими рейковими плітями, рейки нові типу Р65 вищої або I категорії; залізобетоні шпали нові, скріплення КБ нові. Епюра шпал не менше 1840 шт/км . Баласт щебеневий, товщина шару нового або очищеного баласту під шпалою – не менше 35 см .

2 варіант. Безстикова колія з довгими або короткими рейковими плітями, рейки нові типу 60E1 (UIC60) вищої або I категорії; залізобетоні шпали нові, скріплення КБ нові. Епюра шпал не менше 1840 шт/км . Баласт щебеневий, товщина шару нового або очищеного баласту під шпалою – не менше 35 см .

									Арк.
									40
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	0021. 206534.ДР.2021.001				

Для проведення техніко-економічних розрахунків треба знати параметри й етапність капітальних вкладень та одночасних витрат, види ремонтів, вартість цих ремонтів і поточного утримання колії [14].

3.4.1 Розрахунок строків служби колії за зносом

Терміни служби елементів ВБК визначається пропущеним тоннажем (млн. т. бр.) з наступним перерахуванням в одиниці часу (роки). Терміни служби рейок характеризуються двома основними факторами: зносу головки рейки і дефектами контактено-втомленого походження [18].

Визначаємо пропущений тоннаж, що відповідає граничній допустимій площі зносу головки за формулою [18]:

$$T_p = \frac{\omega_0}{\beta_0}, \quad (3.16)$$

де ω_0 - допустима площа зносу головки;

β_0 - питомий знос.

Допустима площа зносу визначається по допустимій глибині зносу h_0 , мм за формулою [18]:

$$\omega_0 = b \cdot h_0 - \xi, \quad (3.17)$$

де b – ширина головки рейки поверху, для Р65 – 72.8 мм, для 60Е1 (UIC60) – 74,3 мм;

ξ – зменшення допустимої площі, дорівнює 70 мм;

h_0 – допустима глибина зносу для нових рейок 12 мм [18].

Питомий знос, тобто інтенсивність зносу, віднесена до 1 млн.т пропущеного вантажу, знаходимо за формулою:

$$\beta_0 = \beta_{cp} C K \lambda, \quad (3.18)$$

де β_{cp} – табличне (середньозважене по типах рухомого складу і режимам руху поїздів) значення питомого зносу: для Р65 пряма – 0,39, Р65 крива – 0,9025, пряма 60Е1 (UIC60) – 0,71, крива 60Е1 (UIC60) – 1,643 [14];

C – параметр впливу типу рейок: для Р65 та 60Е1 (UIC60) – 0,9 [18];

									Арк.
									41
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	0021. 206534.ДР.2021.001				

K – коефіцієнт якості рейкової сталі: (для термозміцненої сталі – 0,55) [14];

λ - параметр впливу плану лінії, для прямої – 1.

В кривій з радіусом $R = 595\text{ м}$ λ знаходимо за формулою [14]:

$$\lambda_R = \frac{900}{R} + \frac{100000}{R^2}, \quad (3.19)$$

Розрахунок для рейок Р65 у прямій виконуємо за формулами 3.16 – 3.18:

$$T_p = \frac{804}{0,19} = 4232 \text{ млн. т.}$$

$$w_0 = 72,8 \cdot 12 - 70 = 804 \text{ мм.}$$

$$\beta_0 = 0,39 \cdot 0,55 \cdot 0,9 \cdot 1 = 0,19 \text{ мм}^2.$$

Розрахунок для рейок Р65 у кривій $R = 595\text{ м}$ виконуємо за формулами 3.16 – 3.19:

$$T_p = \frac{804}{0,80} = 1005 \text{ млн. т.}$$

$$w_0 = 72,8 \cdot 12 - 70 = 804 \text{ мм.}$$

$$\beta_0 = 0,9025 \cdot 0,55 \cdot 0,9 \cdot 1,8 = 0,8 \text{ мм}^2.$$

$$\lambda_R = \frac{900}{595} + \frac{1000}{595^2} = 1,8.$$

Розрахунок для рейок 60E1 (UIC60) у прямій виконуємо за формулами 3.16 – 3.18:

$$T_p = \frac{822}{0,639} = 1286 \text{ млн. т.}$$

$$w_0 = 74,3 \cdot 12 - 70 = 822 \text{ мм.}$$

$$\beta_0 = 0,71 \cdot 1 \cdot 0,9 \cdot 1 = 0,639 \text{ мм}^2.$$

Розрахунок для рейок 60E1 (UIC60) у кривій $R = 595\text{ м}$ виконуємо за формулами 3.16 – 3.19:

$$T_p = \frac{822}{2,662} = 309 \text{ млн. т.};$$

$$w_0 = 74,3 \cdot 12 - 70 = 822 \text{ мм};$$

$$\beta_0 = 1,643 \cdot 1 \cdot 0,9 \cdot 1,8 = 2,662 \text{ мм}^2;$$

$$\lambda_R = \frac{900}{595} + \frac{1000}{595^2} = 1,8.$$

					0021. 206534.ДР.2021.001	Арк.
						42
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Рахуємо зростання вантажонапруженості з урахуванням приросту у табл. 3.6

Таблиця 3.6 – Зростання вантажонапруженості з урахуванням приросту

Роки	Вантажонапруженість, млн.т км бр/км за рік ($\alpha=0,002$)	Тоннаж, млн.т
1	2	3
1	28	28
2	28,056	56,056
3	28,11211	84,16811
4	28,16834	112,3364
5	28,22467	140,5611
6	28,28112	168,8422
7	28,33768	197,1799
8	28,39436	225,5743
9	28,45115	254,0254
10	28,50805	282,5335
11	28,56507	311,0986
12	28,6222	339,7208
13	28,67944	368,4002
14	28,7368	397,137
15	28,79427	425,9313
16	28,85186	454,7831
17	28,90957	483,6927
18	28,96739	512,6601
19	29,02532	541,6854
20	29,08337	570,7688
21	29,14154	599,9103
22	29,19982	629,1101
23	29,25822	658,3684

Таблиця по зростанню вантажонапруженості з урахуванням приросту складена на 23 роки, так як між реконструкцією колії повинно пройти 30 років або пропущено тонаж 650 млн. т брутто [11].

Термін служби рейок в роках визначаємо за формулою [14]:

$$t_i = \frac{\lg\left(\alpha \frac{T_i}{T_{01}} + 1\right)}{\lg(\alpha + 1)}, \quad (3.20)$$

					0021. 206534.ДР.2021.001	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		43

де T_i – строк служби (млн. т брутто);

T_{01} – вантажнапруженість ділянки у перший рік після укладання.

$$t_p^{(P65 \text{ пряма})} = \frac{\lg\left(0,002 \frac{4232}{28} + 1\right)}{\lg(0,002 + 1)} = 132 \text{ років};$$

$$t_p^{(P65 \text{ крива})} = \frac{\lg\left(0,002 \frac{1005}{28} + 1\right)}{\lg(0,002 + 1)} = 35 \text{ років};$$

$$t_p^{(УІС60 \text{ пряма})} = \frac{\lg\left(0,002 \frac{1286}{28} + 1\right)}{\lg(0,002 + 1)} = 44 \text{ років};$$

$$t_p^{(УІС60 \text{ крива})} = \frac{\lg\left(0,002 \frac{309}{28} + 1\right)}{\lg(0,002 + 1)} = 11 \text{ років}.$$

3.4.2 Строки служби скріплень і шпал

Строки служби скріплень безпосередньо пов'язані зі строками служби рейок. При суцільній заміні рейок виконується суцільна заміна скріплень, при цьому скріплення суцільно перевіряють, сортують їх і використовують вдруге. На колії із безстиковими рейковими плітьми і залізобетонними шпалами введений додатковий середній ремонт колії в зоні зрівнювальних рейок із суцільною переробкою елементів скріплень і заміною тих, що вийшли з ладу [14].

У період між суцільними замінами рейок і скріплень у порядку поточного утримання і проміжних ремонтів необхідна одиночна заміна скріплень [14].

Таким чином, при техніко-економічних розрахунках строк служби скріплень приймається рівним строку служби рейок [14].

Строки служби залізобетонних шпал залежать від експлуатаційних умов і конструкції колії. Вони залежать від пропущеного тоннажу, типів рейок і конструкції рейкових скріплень, осьових навантажень від рухомого складу. Строки служби залізобетонних шпал становлять 46 років при вантажнапруженості 28 млн. т км брутто/км за рік [14].

					0021. 206534.ДР.2021.001	Арк.
						44
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3.4.3 Строк служби баласту

Строк служби баласту залежить від інтенсивності забруднення і засмічення баласту зовнішніми частками. Зменшення баласту відбувається через видування і вимивання його часток під час експлуатації. При очистці баласту необхідно періодично його поповнювати.

Термін служби для щебеню визначається за наступною формулою [14]:

$$T_{\sigma} = \frac{D-d}{C \cdot K}, \quad (3.21)$$

де D – ступінь забруднення баласту, що допускається, для щебеню 35 %;

d – початкове забруднення баласту в момент укладання його в колію – 5%;

K – коефіцієнт впливу комплексно-оздоровчого ремонту (КОР) – 0,67;

C – інтенсивність засмічення баласту у відсотках по масі, віднесена до 1 млн. т. бр. пропущеного вантажу.

Інтенсивність засмічення баласту знаходимо за формулою [14]:

$$C = C_0 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3, \quad (3.22)$$

де C_0 – вихідне значення інтенсивності забруднення, приймаємо 0,23;

K_1 – враховує вплив епюри шпал, $K_1 = 1$ [14];

K_2 – враховує вплив кліматичних умов $K_2 = 1,1$;

K_3 – враховує конструкцію колії, для безстикової колії $K_3 = 0,8$, [14].

Термін служби баласту в роках визначаємо за формулою (3.20):

Розрахунки виконуємо за формулами 3.20 – 3.22.

$$T_{\sigma} = \frac{35-5}{0,2 \cdot 0,67} = 221,23 \text{ млн. т бруто};$$

$$C = 1 \cdot 1,1 \cdot 0,8 \cdot 0,23 = 0,2024;$$

$$t_{\sigma} = \frac{\lg\left(0,002 \frac{221,23}{28} + 1\right)}{\lg(0,002 + 1)} = 8 \text{ років.}$$

По термінах служби основних елементів ВБК складається схема періодичності проведення ремонтів, яка зображена на рисунку 3.11.

									Арк.
									45
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	0021. 206534.ДР.2021.001				

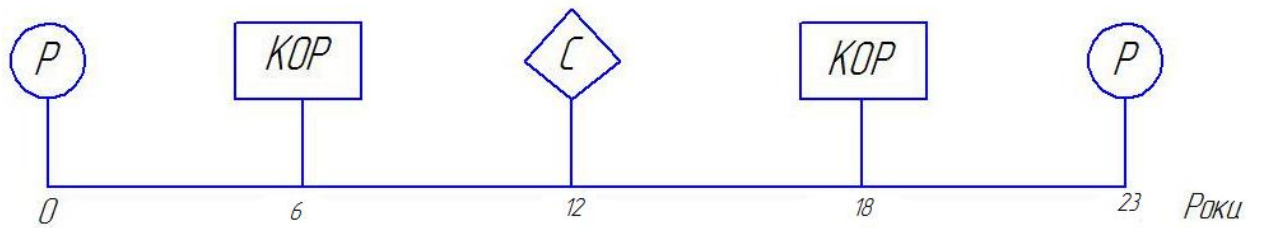


Рисунок 3.11 Схеми періодичності ремонтів

Дану схему використовуємо для подальших розрахунків сумарних приведених витрат: для 1-го варіанту – рейки типу Р65 зі скріпленням КБ та 2-го варіанту – рейки типу 60E1 (UIC60) скріплення КБ.

3.4.4 Визначення сумарних приведених витрат

3.4.4.1 Визначення річних експлуатаційних витрат

Річні експлуатаційні витрати (*зрн.*) на t – рік після капітального ремонту:

$$C_t = C_{рс}^{те} + C_{зам}^{тек} + C_{ТП} + a_p, \quad (3.23)$$

де $C_{рс}^{те}$ – витрати на робочу силу (зарплата монтерів колії);

$C_{зам}^{тек}$ – витрати на зміну елементів верхньої будови колії при поточному утриманні;

$C_{ТП}$ – витрати, обумовлені впливом конструкції колії на опір руху поїзда;

a_p – амортизаційні відрахування на реновацію (відновлення) вартості ВБК.

Якщо на даний рік запланований КОР, необхідно включити у розрахунок експлуатаційних витрат вартість цього ремонту, а також витрати через затримки поїздів у зв'язку з наданням “вікон” для виконання цієї роботи.

Ці витрати необхідно враховувати і для наступних капітальних ремонтів.

Витрати на робочу силу – заробітню плату монтерів колії, визначається з виразу:

$$C_{рс}^{тек} = 12 \cdot P_T \cdot K_H \cdot K_P \cdot H_{розр}, \quad (3.24)$$

де 12 – кількість місяців у році;

									Арк.
									46
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

0021. 206534.ДР.2021.001

$P_T = 3118$ грн – середньомісячна тарифна ставка монтера колії;

K_H – коефіцієнт, що враховує нарахування до фонду заробітної плати,

$$K_H = 1,44;$$

K_P – поясний (районний) коефіцієнт до заробітної плати;

$H_{розр}$ – розрахункова норма витрат праці на поточне утримання 1 км колії (люд./рік).

$$H_{розр.(P65 KB)} = 0,489 \text{ люд./рік.}$$

$$H_{розр.(60E1 (UIC60) KB)} = 0,389 \text{ люд./рік.}$$

З урахуванням нарахувань витрати на робочу силу:

$$C_{pc}^{(P65 KB)} = 12 \cdot 3118 \cdot 1,44 \cdot 0,489 = 26346,85 \text{ грн}$$

$$C_{pc}^{(UIC60 KB)} = 12 \cdot 3118 \cdot 1,44 \cdot 0,389 = 20958,95 \text{ грн}$$

Витрати на зміну елементів ВБК:

$$C_{зам}^{МБК} = C_{PC} + C_{Ш} + C_B, \quad (3.25)$$

де C_{PC} – витрати на зміну рейок і скріплень (грн/км рік);

$C_{Ш}$ – витрати на зміну шпал (грн/км рік);

C_B – витрати по поповненню баласту (грн/км рік).

Витрати по одиночній заміні шпал:

$$C_{Ш} = \frac{N_0 \cdot t_0}{t_3} E_{Ш}, \quad (3.26)$$

де N_0 – середньомережева норма заміни шпал, шт/км у рік – 5;

t_0 – термін служби шпал – 40 років;

t_3 – термін служби при заданій вантажонапруженості 46 років;

$E_{Ш}$ – середньомережева вартість шпал – 437,74 грн.

$$C_{Ш} = \frac{5 \cdot 40}{46} \cdot 437,74 = 1903,22 \text{ грн}$$

Витрати на заміну рейок і скріплень:

$$C_{PC} = k_m \cdot \sum m_i \cdot C_i, \quad (3.27)$$

де m_i – кількість замінюваних рейок і елементів скріплень за рік на 1 км;

C_i – одинична вартість і-го елемента,

					0021. 206534.ДР.2021.001	Арк.
						47
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

k_m – коефіцієнт, що враховує нарахування на матеріали ($k_m=1,4\dots1,6$).

$$C_{PC}^{(P65KB)} = 8 \cdot 7100 \cdot 1,5 = 85200 \text{ грн}$$

$$C_{PC}^{(UIC60KB)} = 8 \cdot 6700 \cdot 1,5 = 80400 \text{ грн}$$

Витрати по поповненню баласту:

$$C_B = H_{розр} \cdot n \cdot K \cdot t \cdot K_p \cdot E_B, \quad (3.28)$$

де n – число робочих днів у році ($n=250$);

K – частина робіт з виправлення колії від усіх робіт з поточного утримання колії, $K=0,4$;

t – витрата щебеню в $m^3 / \text{люд.дн}$, $t=0,10$;

K_p – коефіцієнт, що враховує довжину рейок – 0,8 (безстикова);

E_B – вартість 1 m^3 баласту дорівнює 370 грн.

$$C_B^{(P65KB)} = 0,489 \cdot 250 \cdot 0,1 \cdot 0,8 \cdot 370 = 3618,6 \text{ грн}$$

$$C_B^{(UIC60KB)} = 0,389 \cdot 250 \cdot 0,1 \cdot 0,8 \cdot 370 = 2878,6 \text{ грн}$$

$$C_{зам}^{мвк(P65)} = 85200 + 1903,22 + 3618,6 = 90721,82 \text{ грн};$$

$$C_{зам}^{мвк(UIC60)} = 80400 + 1903,22 + 2878,6 = 85181,82 \text{ грн}.$$

Річні витрати на амортизацію складають 0,25% від капітальних затрат:

$$a_p = 0,25\% \cdot K_M. \quad (3.29)$$

$$a_p^{(P65KB)} = 0,0025 \cdot 2330000 = 5825 \text{ грн}$$

$$a_p^{(UIC60KB)} = 0,0025 \cdot 1870000 = 4675 \text{ грн}$$

Витрати на тягу поїздів:

$$C_{ТП} = 186,85 \cdot W_n \cdot T_{oi}, \quad (3.30)$$

де W_n – середній питомий опір руху поїзда ($кг/т$).

$$W_n = W_{ny} + k \cdot W_{nc}. \quad (3.31)$$

На безстиковій колії W_n включає в себе тільки опір за рахунок пружності колії (W_{ny}), опору від стиків (W_{nc}) не буде, так як пліть їх не має.

$$W_n^{(P65KB)} = 1,57 \text{ кг} / \text{т};$$

										Арк.
										48
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	0021. 206534.ДР.2021.001					

$$W_n^{(UIC60 KB)} = 2,16 \text{ кг} / \text{м}$$

$$C_{III}^{(P65)} = 186,85 \cdot 1,57 \cdot 28 = 8213,93 \text{ грн};$$

$$C_{III}^{(UIC60)} = 186,85 \cdot 2,16 \cdot 28 = 11300,69 \text{ грн.}$$

$$C_i^{(P65)} = 26346,85 + 90721,82 + 8213,93 + 5825 = 131107,6 \text{ грн};$$

$$C_i^{(UIC60)} = 20958,95 + 85181,82 + 11300,69 + 4675 = 122116,46 \text{ грн.}$$

3.4.4.2 Розрахунок сумарних приведених витрат

Сумарні приведені витрати розраховуються у табличній формі, яка наведена у додатку Б. Згідно розрахунків по табл Б.1 будуються графіки розподілу сумарних приведених затрат від часу, які мають вигляд монотонно зростаючих ломаних ліній, які показані на рис. 3.12. Графіки дозволяють визначити строки окупності і вибрати найбільш ефективну конструкцію ВБК.

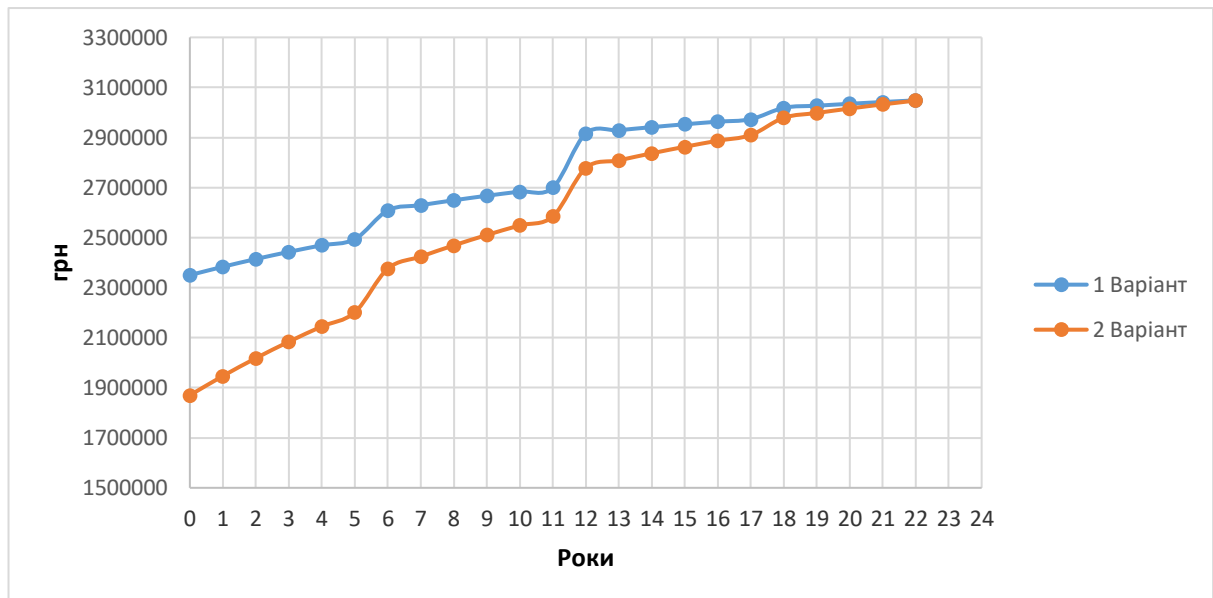


Рисунок 3.12 – Графік сумарних приведених витрат

Графік сумарних приведених витрат показує, що реконструкція колії з використанням рейок типу Р65 дорожче (1 варіант), тому для укладки обираємо безстикову колію з довгими або короткими рейковими плітями, рейки нові типу 60E1 (UIC60) вищої або I категорії; залізобетоні шпали і скріплення КБ. Епюра шпал не менше 1840 шт/км. Баласт щебеневий.

3.5 Висновки до розділу 3

На заданій ділянці колії протяжністю 10 км була визначена IV категорія колії, для якої було розглянуто такі варіанти ВБК:

I варіант. Безстикова колія з довгими або короткими рейковими плітьми, рейки нові типу Р65 вищої або I категорії; залізобетоні шпали і скріплення нові. Епюра шпал не менше 1840 *шт/км*. Баласт щебеневий, товщина шару нового або очищеного баласту під шпалою – не менше 35 *см*.

II варіант. Безстикова колія з довгими або короткими рейковими плітьми, рейки нові типу 60E1 (UIC60) вищої або I категорії; залізобетоні шпали і скріплення нові. Епюра шпал не менше 1840 *шт/км*. Баласт щебеневий, товщина шару нового або очищеного баласту під шпалою – не менше 35 *см*.

Для всіх варіантів ВБК були проведені розрахунки колії на міцність, в яких проаналізовано вплив від вантажного локомотива ВЛ11, пасажирського ЧС2 та тепловоза 2М62; вони не перевищують допустимі напруження, тому на ділянці колії не потрібні додаткові заходи з обмеження швидкостей. На підставі цих розрахунків далі прийнято для порівняння такі конструкції ВБК:

1 варіант. Безстикова колія з довгими або короткими рейковими плітьми, рейки нові типу Р65 вищої або I категорії; залізобетоні шпали нові, скріплення КБ нові. Епюра шпал не менше 1840 *шт/км*. Баласт щебеневий, товщина шару нового або очищеного баласту під шпалою – не менше 35 *см*;

2 варіант. Безстикова колія з довгими або короткими рейковими плітьми, рейки нові типу 60E1 (UIC60) вищої або I категорії; залізобетоні шпали нові, скріплення КБ нові. Епюра шпал не менше 1840 *шт/км*. Баласт щебеневий, товщина шару нового або очищеного баласту під шпалою – не менше 35 *см*.

Далі було проведено розрахунки колії на міцність та стійкість, для встановлення умов закріплення безстикової колії – колію можна експлуатувати без сезонних температурних розрядок. Техніко-економічне порівняння було зроблено з метою вибору найбільш оптимального варіанту. За терміном служби рейок Р65 у три рази довше працюють ніж 60E1 (UIC60). По сумарним приведеним витратам прийнято рішення, про вкладання безстикової колії з довгими або короткими рейковими плітьми, рейки нові типу 60E1 (UIC60) вищої або I категорії; залізобетоні шпали і скріплення нові КБ. Епюра шпал не менше 1840 *шт/км*. Баласт щебеневий 35 *см*.

									Арк.
									50
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

0021. 206534.ДР.2021.001

4 РОЗРОБКА ТЕХНІЧНИХ РІШЕНЬ ЕЛЕМЕНТІВ ВЕРХНЬОЇ БУДОВИ КОЛІЇ В ЗАЛЕЖНОСТІ ВІД УМОВ ЕКСПЛУАТАЦІЇ

4.1 Передумови розробки технічних рішень елементів верхньої будови колії в залежності від умов експлуатації

Верхня будова колії – це частина залізничної колії, що включає рейки, скріплення, підрейкову основу, баластну призму, елементи з'єднань та пересічень колій, мостове полотно, призначена для спрямування руху коліс рухомого складу, прийняття від них навантажень та їх передавання на основну площадку земляного полотна та конструкції штучних споруд. Надалі будемо розглядати такий елемент верхньої будови колії – сплетіння.

В Україні найпоширенішими для експлуатації є рейки типу Р65. Так як за останні кілька років обсяги вантажоперевезень помітно знизилися, настільки потужна конструкція верхньої будови колії більше не завжди є доцільною. Очевидним недоліком, повсюдного використання рейки типу Р65 робіт є перевитрата: рейкової сталі, природних та людських ресурсів, вихід елементів верхньої будови колії з ладу раніше за встановлений термін служби.

Все це є передумовами того, що залізницям України варто переглянути підхід та раціональніше використовувати ресурси.

4.2 Вимоги до конструкції верхньої будови колії

Для розробки нових елементів верхньої будови колії використовуватимемо українські нормативні показники, які визначені за умовами міцності колії та безпеки руху поїздів, які б враховували різні умови експлуатації.

Нові елементи верхньої будови колії, зокрема рейки, що розробляються, повинні відповідати чинним стандартам України щодо металопрокату та виготовлення рейок [4].

Нові рейки мають бути стандартної довжини: нормальні 25 м та укорочені 24,92 м, 24,84 м. Крім зазначеної довжини, на замовлення залізниць можуть виготовлятися рейки половинної довжини: нормальні 12,5 м, укорочені до них 12,46 м; 12, 42 м; 12,38 м. При укладанні рейок нестандартної

					0021. 206534.ДР.2021.001	Арк.
						51
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

довжини вони повинні бути виготовлені обрізанням рейкорізними верстатами зі свердлінням отворів.

У світовій практиці вже почали випускати рейки більшої довжини ніж 25 м, наприклад нові рейки виробництва Челябінського металургійного комбінату «Мечел» роблять уже довжиною 100 м [19]. Тому рекомендовано виготовляти рейки довжиною не менше 25 м, а також 50 м та 100 м. Така довжина дозволить скоротити кількість стиків, а при зварюванні рейок у рейкові нитки зменшить обсяг робіт, що суттєво економить енерговитрати.

4.3 Пропозиції технічних рішень елементів верхньої будови колії в залежності від умов експлуатації

Для розробки нових елементів верхньої будови колії будемо використовувати українські нормативні показники, які визначені за умовами міцності колії та безпеки руху поїздів, які враховували б різні умови експлуатації.

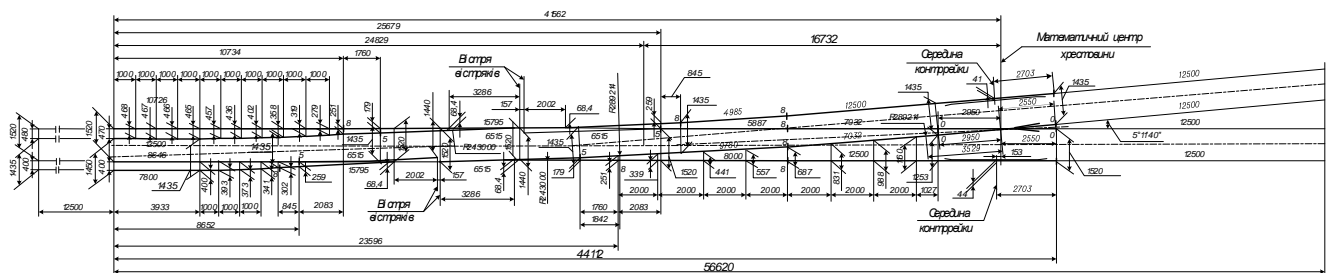


Рисунок 4.1 – Схема сплетіння типу Р65 марки 1/11 з пересіченням колії 1520 мм колією 1435 мм

Залежно від конструкції, марки хрестовини та типу рейок стрілочних переводів допускаються максимальні швидкості руху по прямій колії і при відхиленні на бокову колію [3].

При розробці технічного рішення до конструкції суміщеної колії необхідно звернути увагу на наступні вимоги:

- переведення кожного вістряка повинно виконуватись окремим електроприводом;

						0021. 206534.ДР.2021.001	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			52

- проходження рухомого складу по прямій колії шириною 1520 мм, а по боковій колії шириною 1435 мм;
- рамні рейки з вістряками повинні виготовлятися заводом виробником, тобто комплект має складатись із суцільної рамної рейки та двох вістряків. Загальна довжина рамної рейки з вістряками повинна складати 19 м;
- примикаючі ділянки повинні бути вкладені на залізобетонній шпалі СБЗС (Ш2С-1);
- підрейкова основа конструкції – залізобетонні чи дубові бруси.

Розглянемо варіанти вкладання сплетіння.

I варіант. Сплетіння типу Р65 марки 1/11 з пересіченням колій 1520 мм колією 1435 мм на дерев'яних брусах з шурупним кріпленням до брусів.

Недоліками є збільшення вартості із застосуванням дерев'яних брусів. Та ще можна додати той факт, що деревина не відповідає якості та строку експлуатації. Крім цього, сплетіння яке лежить на дерев'яних брусах є в переліку особливої уваги до утримання.

II варіант. Сплетіння типу Р65 марки 1/11 з пересіченням колій 1520 мм колією 1435 мм на залізобетонній шпалі СБЗС (Ш2С-1).

Перевагою є використання залізобетонних шпал СБЗС (Ш2С-1) зі скріпленням КПП, нормативний строк експлуатації шпал, у т.ч. закладних деталей – шайб, анкерів, дюбелів – 50 років.

Суть елемента верхньої будови колії, що розробляється полягає в тому, що він має забезпечувати перевід рухомого складу з однієї колії на іншу, тому вони повинні бути міцними, стійкими і забезпечувати безпеку і плавність руху поїздів, як по основній колії так і по боковій, зі встановленими швидкостями, згідно їх конструктивних характеристик, а також мають витримувати довготривалу експлуатацію в межах встановлених нормативних термінів служби.

Технічне завдання, яке вирішується – раціональне використання площі та коштів на будівництво штучних споруд (земельні насипи, мости, тунелі), а також контактної мережі та пристроїв сигналізації.

						0021. 206534.ДР.2021.001	Арк.
							53
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

Запропонована конструкція верхньої будови колії – сплетіння колій 1520 мм і 1435 мм із застосуванням стрілочного переводу типу Р65 марки 1/11 на залізобетонній шпалі СБЗС (Ш2С-1) задовольняє умовам безпеки руху поїздів із раціональним використанням площі та коштів на будівництво штучних споруд, при експлуатації не вимагає додаткових витрат на виготовлення нової підрейкової основи, а нормативний строк експлуатації шпал, у т.ч. закладних деталей – шайб, анкерів, дюбелів складає – 50 років.

4.4 Висновки до розділу 4

Були розроблені технічні рішення елементів верхньої будови колії залежно від умов експлуатації, а саме: сплетіння колій 1520 мм і 1435 мм із застосуванням стрілочного переводу типу Р65 марки 1/11 окремо на дерев'яних дубових брусах та на залізобетонній шпалі СБЗС (Ш2С-1).

					0021. 206534.ДР.2021.001	Арк.
						54
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВИСНОВКИ ТА ПРОПОЗИЦІЇ

У цій дипломній роботі у першому розділі проведено аналіз нормативної документації, яка регламентує вимоги до виробництва та експлуатації елементів верхньої будови колії – стрілочних переводів, а також вимоги до стрілочної продукції в державах ЄС.

Також варто звернути увагу на те, що в європейських стандартах ширший вибір типів рейок, які відповідають умовам експлуатації, в Україні широко використовується рейки типу Р65. Очевидним недоліком, використання рейок типу Р65 є перевитрата: рейкової сталі, природних та людських ресурсів, вихід елементів верхньої будови колії з ладу раніше за встановлений термін служби.

Все це є передумовами того, що залізницям України варто переглянути підхід до такого принципу ведення робіт та використовувати раціональніше ресурси. Але на сьогоднішній день немає жодної альтернативи.

Для розробки нових елементів верхньої будови колії будемо використовувати українські нормативні показники, які визначені за умовами міцності колії та безпеки руху поїздів, які враховували б різні умови експлуатації. І у цій дипломній роботі представлені варіанти технічних рішень елементів верхньої будівлі колії залежно від умовами експлуатації.

У другому розділі розглянуто модель створення елементів верхньої будови колії, на прикладі сплетінь колії із застосуванням стрілочних переводів. Розглянуто можливі ризики виробництва, умови за яких можливий серійний випуск продукції та укладання його на залізничних лініях, розглянуто умови за яких здійснюється експлуатація та обслуговування верхньої будови колії та її утилізація.

Так як рейки є складовою стрілочних перекладів і підлягають 100% вторинної переробки, то не вимагає додаткових умов зберігання та переробки при настанні стану непридатності до подальшої експлуатації.

					0021. 206534.ДР.2021.001	Арк.
						55
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

У третьому розділі була проведена оцінка конструкції верхньої будови колії щодо відповідності умовам експлуатації. Виконано розрахунок температурного режиму роботи колії за критеріями міцності та стійкості.

У четвертому розділі були розглянуті технічні рішення елементів верхньої будови колії в залежності від умов експлуатації, які були враховані при розробці нових елементів верхньої будови колії.

Були розроблені технічні рішення елементів верхньої будови колії залежно від умов експлуатації, а саме: сплетіння колій 1520 мм і 1435 мм із застосуванням стрілочного переводу типу Р65 марки 1/11 окремо на дерев'яних дубових брусах та на залізобетонній шпалі СБЗС (Ш2С-1).

					0021. 206534.ДР.2021.001	Арк.
						56
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

БІБЛІОГРАФІЯ

1. Державні будівельні норми. Споруди транспорту. Залізничі колії 1520 мм: ДБН В. 2.3. – 19 – 2019 [Текст]/ затв.: наказ Міністерства регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України 28.09.2018 №261. – К., 2018. – 126 с.

2. Правила технічної експлуатації залізниць України: ПТЕ [Текст]/ затв.: наказ Мінтрансу України 19. 03.2002. №179 / Мін-во трансп. України. К., 2002.– 94 с.

3. Інструкція з улаштування та утримання колії залізниць України. ЦП-0269 [Текст]/ Е.І. Даніленко, А.М. Орловський, М.Б. Курган, В.О. Яковлев та інші. – К.: ТОВ «НВП Поліграфсервіс», 2012. – 456 с.: іл

4. Рейки звичайні для залізниць широкої колії. Загальні технічні умови: ДСТУ 4344:2004 [Текст]/ затв. Наказ Держспоживстандарту України 20.09.2004 №203 – К., 2005. – 30 с.

5. ДСТУ Б В.2.6-209:2016 «Шпали залізобетонні попередньо напружені для залізниць колії 1520 і 1435 мм. Технічні умови», Київ. Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України, 2016.

6. Інструкція з сигналізації на залізницях України. ЦШ-0001 [Текст]: затв. наказом Міністерства транспорту та зв'язку України від 23.06.2008 р. № 747 – К., 2008. – 82 с.

7. Інструкція з забезпечення безпеки руху поїздів при виконанні колійних робіт на залізницях України. ЦП-0273 [Текст]: затв. наказом Укрзалізниці від 02.04.2012 р. № 204 – К., 2012. – 109 с.

8. Інструкція з руху поїздів і маневрової роботи на залізницях України. ЦД-0058 [Текст]: затв. наказом Міністерства транспорту та зв'язку України від 31.08.2005 р. № 507 – К., 2005. – 458 с.

9. Директива 2016/797/ЕС [Текст].

10. Technical specification for interoperability relating to the infrastructure subsystem of the rail system in the European Union: 1299/2014/EU, 2014 [Текст].

					0021. 206534.ДР.2021.001	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		57

11. ДСТУ 9002:2020 «Споруди транспорту. Класифікація, періодичність призначення та проведення планово-запобіжних ремонтів залізничних колій» [Текст]/ затв. Наказ Держспоживстандарту України від 16.03.2020 № 67 – К., 2021.

12. Технічні вказівки по улаштуванню, укладанню, ремонту і утриманню безстикової колії на залізницях України (ЦП/0266) / [Рибкін В.В., Патласов О.М., Белорусов О.І. та ін.]. – Київ, 2012. – 147 с.

13. Розрахунок колії на міцність [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <http://raildiit.gear.host/>.

14. Даніленко Е. І. Залізнична колія/Улаштування, проектування і розрахунки, взаємодія з рухомим складом/Підручник для вищих навчальних закладів (у 2 томах) – Київ: Імпрес, 2010. – Том 2 – 456 с.

15. СТП 07-003:2019 Залізничний транспорт. Норми допустимих швидкостей рухомого складу по коліях шириною 1520 мм – Київ, 2019. – 92 с.

16. Правила розрахунків залізничної колії на міцність і стійкість (ЦП/0117) / Даніленко Е.І. , Рибкін В.В. – Київ: К.: Транспорт України, 2004. – 69 с.

17. Визначення температурного режиму роботи безстикової колії: Методичні вказівки до курсового та дипломного проектування / Дніпропетр. нац. ун-т залізн. трансп. ім. В. Лазаряна / Курган Д.М., Бондаренко І.О., 2008–19 с.

18. Техничко-економические расчеты по выбору конструкции верхнего строения пути / Волошко Ю.Д, Воробейчик Л.Ю. – Днепропетровск: Редакционно-издательский отдел, участок оперативной полиграфии ДИИТа, 1987. – 47 с.

19. Официальный сайт ПАО «Мечел» [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.mechel.ru/production/metallurgy/rolled/>.

20 Корноухова К. В. Суміщена колія – вплетіння, сплетіння, пересічення / Проблеми механіки залізничного транспорту: Безпека руху, динаміка, міцність рухомого складу та енергозбереження. XV Міжнародна конференція. Тези доповідей. – Д.: Вид-во ДНУЗТ, 2020. – С. 3-10.

									0021. 206534.ДР.2021.001	Арк.
										58
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

СПИСОК РИСУНКІВ

- Рисунок 1.1 – Стрілочний перевід
- Рисунок 1.2 – Схема розташування рейкових ниток суміщеної колії перед сплетінням
- Рисунок 1.3 – Схема розташування сплетіння колій
- Рисунок 1.4 – Схема вкладання комбінованого стрілочного переводу
- Рисунок 1.5 – Станція Виноградово СП № 1
- Рисунок 1.6 – З'їзд рухомого складу з суміщеної колії на окремо лежачу
- Рисунок 1.7 – Схема вкладання сплетіння типу Р65 марки 1/11 з пересіченням колії 1520 мм колією 1435 мм. Розгалуження вправо.
- Рисунок 2.1 – V-подібна модель розробки і затвердження проекту
- Рисунок 3.1 – Графік напружень у кромці головки рейки для рейки типу Р65
- Рисунок 3.2 – Графік напружень у кромці підшви рейки для рейки типу Р65
- Рисунок 3.3 – Графік напружень у шпалі для рейки типу Р65
- Рисунок 3.4 – Графік напружень у баласті для рейки типу Р65
- Рисунок 3.5 – Графік напружень у земляному полотні для рейки типу Р65
- Рисунок 3.6 – Графік напружень у кромці головки рейки для рейки типу 60E1 (UIC60)
- Рисунок 3.7 – Графік напружень у кромці підшви рейки для рейки типу 60E1 (UIC60)
- Рисунок 3.8 – Графік напружень у шпалі для рейки типу 60E1 (UIC60)
- Рисунок 3.9 – Графік напружень у баласті для рейки типу 60E1 (UIC60)
- Рисунок 3.10 – Графік напружень у земляному полотні для рейки типу 60E1 (UIC60)
- Рисунок 3.11 – Схеми періодичності ремонтів
- Рисунок 3.12 – Графік сумарних приведених витрат
- Рисунок 4.1 – Схема сплетіння стрілочного переводу типу Р65 марки 1/11 колії 1520 мм з колією 1435 мм

					0021. 206534.ДР.2021.001	Арк.
						59
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

СПИСОК ТАБЛИЦЬ

Таблиця 3.1 – Параметри локомотивів

Таблиця 3.2 – Характеристики елементів ВБК

Таблиця 3.3 – Коефіцієнти до розрахунку на міцність

Таблиця 3.4 – Запас міцності в елементах ВБК для локомотива ЧС2

Таблиця 3.5 – Запас міцності в елементах ВБК для локомотива ВЛ11

Таблиця 3.6 – Зростання вантажонапруженості з урахуванням приросту

					0021. 206534.ДР.2021.001	Арк.
						60
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

АНОТАЦІЯ

Пояснювальна записка до дипломної магістерської роботи складається з 60 с., 21 рис., 6 табл.

У данні роботі проведено аналіз нормативної документації з експлуатації верхньої будови колії.

Були розглянуті умови експлуатації і утримання рейкової колії під час прискореного руху поїздів в Україні.

Проаналізовано нормативну базу ЄС, прийнято до уваги вимоги директиви 2016/797/ЄС, технічні специфікації інтероперабельності «Інфраструктура». Розглянуто європейські стандарти.

Була запропонована модель для елементів верхньої будови колії, на прикладі сплетіння рейок у вигляді V-подібного життєвого циклу елементів, що розробляються.

Була проведена оцінка конструкції верхньої будови колії щодо відповідності умовам експлуатації. Виконано розрахунок температурного режиму роботи колії за критеріями міцності та стійкості.

З урахуванням конструкцій верхньої будови колії для різних умов експлуатації, порівняльним аналізом було встановлено, що використання нових технічних рішень може призвести до економії ресурсів. Були запропоновані технічні рішення елементів верхньої будови колії з раціональним використанням площі та коштів на будівництво штучних споруд, які відповідали б умовам безпеки руху поїздів.

					0021. 206534.ДР.2021.001	Арк.
						61
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ANNOTATION

The explanatory note to the diploma master's degree work has 60 p., 21 draw., 6 tab.

In the given work the analysis of normative documentation on operation of the superstructure of a track is carried out.

Conditions of operation and maintenance of the rail way at speed-up motion of trains in Ukraine have considered.

The normative base of the European union has analyzed, the requirements of Directive 2016/797/EU are accepted in attention, technical specifications of interoperability «Infrastructure». The European standards are considered.

The model has proposed for the elements of the upper structure of the track, on the example of a plexus of rails in the form of a V-shaped life cycle of the developed elements.

The construction of the track superstructure was assessed for compliance with operating conditions. The calculation of the temperature regime of the track according to the criteria of strength and stability is performed.

Taking into account the designs of the superstructure for different operating conditions, comparative analysis showed that the use of new technical solutions can lead to resource savings. Technical solutions of the elements of the superstructure of the track with the rational use of space and funds for the construction of man-made structures that would meet the conditions of train safety.

					0021. 206534.ДР.2021.001	Арк.
						62
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		