



МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
УКРАЇНСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ

**УЛАШТУВАННЯ ТА ЕКСПЛУАТАЦІЯ БЕЗСТИКОВОЇ
КОЛІЇ З РЕЙКОВИМИ ПЛІТЯМИ НЕОБМЕЖЕНОЇ
ДОВЖИНИ**

Навчальний посібник

Харків – 2023

УДК 625.143.48

У 47

*Рекомендовано вченою радою Українського державного університету залізничного транспорту як навчальний посібник
(витяг з протоколу № 4 від 21 червня 2023 р.)*

Рецензенти:

д-р техн. наук, професор Е. І. Даніленко (Державний університет інфраструктури та технологій),
д-р техн. наук, професор Д. М. Курган (Український державний університет науки і технологій)

Авторський колектив:

В. П. Шраменко, Д. А. Фаст, Н. В. Бугаєць,
Н. О. Муригіна, О. А. Дудін

У 47

Улаштування та експлуатація безстикової колії з рейковими плітями необмеженої довжини: Навч. посібник / В. П. Шраменко, Д. А. Фаст, Н. В. Бугаєць та ін. – Харків: УкрДУЗТ, 2023. – 190 с., рис. 57, табл. 15.

ISBN

У навчальному посібнику описані конструкції безстикової колії, надані основи улаштування і розрахунків безстикової колії на стійкість і міцність, розглянуті способи відновлення цілісності рейкових плітей і виготовлення рейкових плітей довжиною більше 800 м безпосередньо в колії, розглянуті способи розряджання температурних напружень у рейкових плітях і їхнього регулювання в процесі експлуатації, викладені основи розрахунків і надані рекомендації щодо укладання безстикової колії на металевих мостах, дана техніко-економічна оцінка ефективності подовження рейкових плітей.

Навчальний посібник призначений для здобувачів вищої освіти всіх форм навчання за спеціальністю «Залізничний транспорт» освітніх програм «Управління колійним комплексом залізниць, міського та промислового транспорту» і «Залізничні споруди та колійне господарство». Він також може бути корисним для інженерно-технічних працівників колійного господарства.

УДК 625.143.48

ISBN

© Український державний університет залізничного транспорту, 2023.

ЗМІСТ

Вступ	7
1. Конструкція безстикової колії та особливості її роботи і улаштування	9
1.1. Загальні відомості про безстикову колію та особливості її роботи	9
1.2. Особливості конструкції безстикової колії та шляхи її удосконалення	10
1.3. Температурні напруження та поздовжні сили в рейкових плітях безстикової колії	18
1.4. Стійкість безстикової колії	20
2. Укладання безстикової колії	28
2.1. Загальні положення	28
2.2. Визначення можливості укладання та способу експлуатації безстикової колії	29
2.3. Виготовлення зварних рейкових плітей	36
2.4. Транспортування рейкових плітей	38
2.5. Вивантажування рейкових плітей	40
2.6. Навантажування рейкових плітей з колії	42
2.7. Укладання рейкових плітей безстикової колії	51
2.7.1. Способи укладання	51
2.7.2. Технологія укладання рейкових плітей з використанням пристроїв саночного типу	53
2.7.3. Технологія укладання плітей безстикової колії безпосередньо з рухомого складу	58
3. Відновлення цілісності рейкових плітей безстикової колії	63
3.1. Загальні положення	63

3.2. Тимчасове відновлення цілісності рейкових плітей	65
3.3. Остаточне відновлення цілісності рейкових плітей зварюванням	68
3.3.1. Відновлення цілісності способом поздовжнього насування частини пліті	69
3.3.2. Відновлення цілісності рейкових плітей способом попереднього вигину	72
3.4. Удосконалення технології остаточного відновлення рейкових плітей	80
3.4.1. Основні теоретичні передумови при вигині частини рейкової пліті у вертикальній площині	81
3.4.2. Визначення параметрів, що забезпечують умови самовипрямлення при ліквідації залишкової кривизни	83
3.4.3. Особливості технології проведення зварювальних робіт способом попереднього вертикального вигину	87
3.5. Електроконтактне зварювання рейкових плітей способом їх розтягування	93
3.5.1. Основні вимоги до виконання робіт за технологією контактного зварювання рейкових плітей з їхнім розтягуванням	95
3.5.2. Визначення параметрів для створення в зоні виконання зварювальних робіт розрахункового напружено-деформованого стану	101
3.5.3. Приклади виконання зварювальних робіт з натягом рейкових плітей у різних експлуатаційних умовах	108
3.5.4. Організація робіт за технологією контактного зварювання рейкових плітей з їхнім розтягуванням	113

3.5.4.1. Основні положення з технології виконання зварювальних робіт	113
3.5.4.2. Підготовчі роботи	115
3.5.4.3. Основні роботи, виконувані у «вікно»	117
4. Спорудження безстикової колії з необмеженою довжиною рейкових плітей	124
4.1. Загальні положення	124
4.2. Виготовлення «довгих» рейкових плітей у процесі експлуатації колії	125
4.3. Особливості виготовлення «довгих» рейкових плітей у процесі капітального ремонту колії	130
5. Розряджання та регулювання температурних напружень у рейкових плітях безстикової колії	132
5.1. Загальні положення	132
5.2. Розряджання температурних напружень із закріпленням плітей на постійний режим експлуатації	135
5.3. Основні положення щодо регулювання температурних напружень у рейкових плітях безстикової колії	140
6. Улаштування безстикової колії на мостах	144
6.1. Загальні положення	144
6.2. Особливості роботи безстикової колії на металевих мостах з безбаластовим мостовим полотном	145
6.3. Температурні умови улаштування та експлуатації безстикової колії на металевих мостах	151
6.3.1. Робота безстикової колії на металевих мостах при зломі рейкових плітей	151
6.3.2. Визначення конструкції безстикової колії на металевих мостах з безбаластовим мостовим полотном і встановлення меж її застосування	156

6.4. Практичні розрахунки щодо укладання та експлуатації безстикової колії на металевому мосту	164
6.4.1. Визначення можливості улаштування на мосту безстикової колії температурно-напруженого типу	164
6.4.2. Визначення температурних умов улаштування та експлуатації зрівнювальних прогонів із сезонними рейками	167
7. Техніко-економічна ефективність збільшення довжини рейкових плітей безстикової колії	173
7.1. Головні недоліки безстикової колії з «короткими» рейковими плітями	173
7.2. Основні напрями підвищення ефективності безстикової колії	175
7.3. Техніко-економічні розрахунки щодо застосування безстикової колії з «довгими» рейковими плітями	176
Бібліографічний список	183
Предметний покажчик	186

ВСТУП

Безстикова колія у всьому світі стає основною конструкцією як на головних, так і другорядних лініях. Причиною цього є переваги її перед «класичною» конструкцією – ланковою колією.

Широке розповсюдження одержала ця конструкція і на мережі залізниць України. На сьогодні безстикова колія з залізобетонними шпалами укладена на полігоні мережі довжиною більше 15 тис. км, що складає близько 50 % розгорнутої довжини головних колій. Найбільшу питому вагу ця конструкція має на Південній, Південно-Західній і Донецькій залізницях.

Багаторічний досвід експлуатації безстикової колії в умовах вітчизняних залізниць підтвердив її ефективність: зниження опору руху поїзда, скорочення витрат робочої сили на поточне утримання колії, зменшення виходу рейок та елементів скріплень, що дає підставу для подальшого розширення сфер застосування безстикової колії.

Разом із тим умови роботи безстикової колії постійно ускладнюються через дефіцит матеріальних і фінансових ресурсів, якого зазнає зараз колійне господарство залізниць України. У таких умовах найбільш яскраво проявляються недоліки існуючої конструкції безстикової колії: значні розладнання в зоні зрівнювальних прогонів, угон рейкових плітей, втрата стійкості, у тому числі і при роботі важких колійних машин, труднощі введення плітей у розрахунковий температурний інтервал, відновлення цілісності рейкових плітей та ін. Усе це потребує подальшого удосконалення конструкції безстикової колії і її посилення, перегляду технологічних процесів укладання, утримання та ремонту. Найбільший ефект дає зварювання «коротких» рейкових плітей між собою і, отже, створення «довгих».

Проте не всі питання улаштування безстикової колії з «довгими» рейковими плітями, перш за все технологічні, викладені в сучасних підручниках і посібниках із дисципліни «Залізнична колія».

У посібнику, з метою використання в першу чергу в навчальному процесі, розглянуто комплекс питань, пов'язаних з розрахунками, улаштуванням, укладанням та утриманням безстикової колії з «довгими» рейковими плітями, у тому числі і на мостах з безбаластовим мостовим полотном.

1. КОНСТРУКЦІЯ БЕЗСТИКОВОЇ КОЛІЇ ТА ОСОБЛИВОСТІ ЇЇ РОБОТИ І УЛАШТУВАННЯ

1.1. Загальні відомості про безстикову колію та особливості її роботи

Безстикова колія – це особлива конструкція залізничної колії, головною конструктивною ознакою якої є зварені рейкові пліті. Порівняно з ланковою ця конструкція є більш прогресивною. Відсутність у рейкових плітях стиків покращує плавність руху поїздів, подовжує терміни служби елементів верхньої будови колії, зменшує опір руху поїзда і, як наслідок, знижує витрати на тягу, підвищує надійність електричних рейкових кіл, знижує рівень шуму від рухомих поїздів. Крім того, використання в безстиковій колії залізобетонних шпал заощаджує цінний природний матеріал – деревину.

Однак, крім беззаперечних позитивних якостей порівняно з ланковою конструкцією, безстикова колія має ряд особливостей у роботі і навіть деякі труднощі при її утриманні і ремонті. Одна з основних особливостей в її роботі полягає в тому, що закріплені рейкові пліті при нормативному натягуванні клемних і закладних болтів з підвищенням або зниженням їхньої температури не можуть змінювати свою довжину. Подовжуються або скорочуються тільки кінцеві ділянки довжиною 70 – 100 м, інша ж частина пліті залишається нерухомою. Зміна температури рейки відносно температури, при якій рейкові пліті були закріплені, на величину Δt викликає появу в них поздовжніх температурних зусиль, що розраховуються за виразом

$$P_t = \alpha \cdot E \cdot \omega_1 \cdot \Delta t, \quad (1.1)$$

де α – коефіцієнт лінійного температурного розширення (для рейкової сталі $\alpha = 0,0000118$ 1/град);

E – модуль пружності рейкової сталі ($E = 210000$ МПа);

ω_1 – площа перерізу рейки (наприклад для нових рейок Р65;

$$\omega_1 = 82,56 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2).$$

При підвищенні температури в рейкових плітях виникають поздовжні стискальні сили, які разом із силами уgonу, особливо в спекотну погоду, можуть створити небезпеку викиду колії. При зниженні температури виникають розтягувальні напруження, що разом з розтягувальними напруженнями, спричиненими згином рейки від поїзного навантаження, перш за все при низьких температурах, можуть викликати перенапруження в підшві рейки і злом пліті з утворенням небезпечного зазора або розрив рейкового стику через зріз стикових болтів.

До особливостей безстикової колії належать також і спеціальні методи її відновлення. Так, у процесі експлуатації в рейках виникають дефекти. Вилучення з пліті пошкодженої ділянки і відновлення її цілісності здійснюється в декілька етапів з виконанням ряду складних технологічних операцій, використанням спеціального обладнання і потребує відповідної підготовки і досвіду виконавців. У ланковій колії аналогічна робота зводиться до звичайної заміни рейки в колії.

Особливості роботи безстикової колії визначають і особливості її конструкції, є основними при її проектуванні, укладанні, утриманні та ремонті.

1.2. Особливості конструкції безстикової колії та шляхи її удосконалення

Для забезпечення надійної роботи безстикової колії рейкові пліті на вантажонапружених магістральних лініях, як правило, зварюються з

термічно зміцнених рейок типу не нижче Р65 та UIC60 довжиною 25 м, що не мають болтових отворів. Для ділянок з невеликою вантажнапруженістю, виходячи з конкретних умов експлуатації і призначення колії, зварені рейкові пліти можуть виготовлятися з рейок різної кондиції, у тому числі і старопридатних. Однак у кожному конкретному випадку порядок використання рейкових плітей і їх виготовлення визначається у відповідності з технічними вказівками [1].

Головною конструктивною особливістю безстикової колії є довжина рейкових плітей. В ідеалі безстикова колія має являти собою безперервні зварені рейкові пліти без стикових з'єднань. У реальних же умовах не вдається поки що створити таку конструкцію нескінченної довжини тому, що не вирішені повністю на сьогодні питання приєднання рейкових плітей до великих штучних споруд, розділення блок-ділянок, кривих малого радіуса.

Найменшу довжину рейкової пліти, виходячи з її температурної роботи, можна розрахувати за формулою

$$L_{\min} = \frac{2\alpha \cdot E \cdot \omega_1 \cdot \Delta t}{P_1}, \quad (1.2)$$

а з урахуванням опору в накладках

$$L_{\min} = \frac{2(\alpha \cdot E \cdot \omega_1 \cdot \Delta t - P_H)}{P_1}. \quad (1.3)$$

Величина температурного перепаду Δt має прийматися максимально можливою в певному кліматичному районі, а величини стикового P_H і погонного p_1 опорів – мінімально-допустимими в нормальних умовах експлуатації.

У практичних розрахунках максимальний перепад температур можна приймати рівним $\Delta t = \frac{T_A}{2}$, де T_A – річна температурна амплітуда.

Для рейок Р65 при $P_H = 420$ кН, $p_1 = 6,5$ кН/м, $\omega_1 = 82,6 \cdot 10^{-4}$ м² найменша довжина пліті, за формулою (1.3), наведена в табл. 1.1.

Таблиця 1.1

Залежність найменшої довжини пліті від річної температурної амплітуди

$T_A, ^\circ\text{C}$	80	100	120
$L_{min}, \text{м}$	125	188	252

Саме тому за роботою [1] і встановлена мінімальна довжина рейкової пліті 250 м і тільки у виключних випадках – 150 м.

Максимальна довжина рейкових плітей, виходячи з їхньої температурної роботи, не обмежується, але на практиці вона встановлюється за таких вимог:

1. Забезпечення можливості транспортування плітей від місць виготовлення до місць укладання на спеціальному рейковозному составі, довжина якого обмежена найменшою довжиною приймально-відправних колій станцій, що складає 850 м.

2. Обмеження за місцевими умовами розкладання плітей, що потребують порушення їхньої безперервності (стрілочні переводи, великі мости, ізолюючі стики системи автоблокування).

3. Забезпечення можливості розрядження температурних напружень.

Відповідно тривалий час максимальна довжина зварних рейкових плітей обмежувалася розмірами 800–950 м. Однак поява ефективної технології зварювання рейкових плітей способом попереднього вигину з використанням пересувної рейкозварювальної машини (ПРЗМ) дала змогу в польових умовах якісно виконувати зварювальні роботи і, отже, виготовляти зварні рейкові пліті практично необмеженої довжини. У реальних умовах застосовують рейкові пліті довжиною від 250 м до розмірів блок-ділянки (1,5–2,5 км), а за відсутності автоблокування або

при заміні ізолюючих стиків «ізолюючими перерізами» (електричні схеми, що виключають проходження сигнальних струмів через заданий переріз рейки, тобто з застосуванням тональних рейкових кіл) зварні пліті можуть бути збільшені до довжини перегону. Згідно з ТВ [1] рейкові пліті довжиною до 800 м, що зварюються переважно в рейкозварювальних поїздах (РЗП), називають «короткими». Пліті довжиною більше 800 м, виготовлені за допомогою ПРЗМ в польових умовах, називають «довгими».

Зарубіжний досвід улаштування безстикової колії дуже різноманітний. Так, у Великій Британії, США, Франції і деяких інших країнах, як і на наших залізницях, застосовують найбільш ефективний електроконтактний спосіб зварювання рейок у пліті безстикової колії в стаціонарних умовах. До місця укладання пліті доставляють на спеціально обладнаних рейковозних поїздах.

У Німеччині, Угорщині, Словаччині, Чехії безстикову колію улаштовують на місці укладання. Для цього короткі пліті довжиною 120–200 м або поодинокі рейки послідовно зварюють термітним способом у довгі пліті. Такий спосіб потребує тривалих перерв руху поїздів, тому може бути ефективним на ділянках з відносно малою вантажонапруженістю. Більш того, необхідно враховувати і ту обставину, що міцність стиків термітного зварювання, навіть при високій якості їхнього виконання, складає лише 50–60 % міцності цілого перерізу рейки, тоді як міцність зварного з'єднання, виконаного електроконтактним способом або газопресовим (Японія), практично дорівнює міцності цілого перерізу рейки.

Зварні рейкові пліті кінцевої довжини з'єднують між собою за допомогою зрівнювальних пристроїв, комплектів зрівнювальних прогонів або безпосередньо між собою.

Зрівнювальні пристрої дають змогу переміщатися кінцям плітей у межах суми конструктивних зазорів, не порушуючи безперервності рейкових плітей. Спершу на ділянках безстикової колії вітчизняних залізниць застосовувалися зрівнювальні прилади конструкції М. С. Боченкова (рис. 1.1). Але через складність конструкції та її поточного утримання, а також цілий ряд інших недоліків від зрівнювальних приладів у більшості країн відмовились, і для з'єднання рейкових плітей використовують зрівнювальні прогони, що складаються з декількох стандартних рейок, які укладаються між зварними рейковими плітями. Довжина рейок, що входять у зрівнювальні прогони, становить 12,5 м. Кількість рейок у зрівнювальному прогоні визначається з умови забезпечення міцності його стикових болтів і не має перевищувати чотирьох пар [1].

При улаштуванні у зрівнювальному прогоні збірних ізолюючих стиків укладають чотири пари рейок з розташуванням ізолюючих стиків посередині. При використанні клеєболтових стиків звичайної якості (з опором на розрив менше 2 МН) укладають три пари зрівнювальних рейок з розташуванням ізолюючих стиків у середніх рейках (12,5 або 25,0 м), а при використанні високоміцних клеєболтових стиків зрівнювальні прогони можна не влаштовувати.

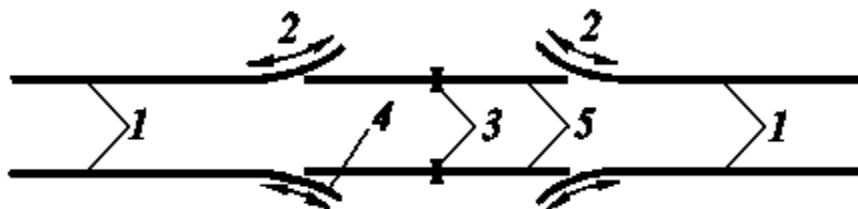


Рис. 1.1. Схема з'єднання рейкових плітей за допомогою зрівнювальних приладів: 1 – рейкові пліті; 2 – напрямки переміщення; 3 – ізолюючі стики; 4 – рухомі вусовики рейкових плітей; 5 – спеціальні рейки гострякового типу

Крім переваг зрівнювальних прогонів відносно зрівнювальних приладів, існують і суттєві недоліки, що зменшують ефективність безстикової колії в цілому. Зрівнювальні прогони – найбільш слабе місце безстикової колії. Тут різко знижується комфортабельність їзди, підвищується вихід рейок і інших елементів верхньої будови. Крім того, витрати на поточне утримання цих коротких відрізків колії при зварних плітях довжиною 500–700 м досягають 40–50 % усіх витрат на утримання колії. Тому для підвищення ефективності використання безстикової колії необхідно прагнути до зменшення кількості зрівнювальних прогонів шляхом укладання плітей якнайбільшої довжини аж до довжини блок-ділянки або цілого перегону. Однак одержати ефект можна тільки за умови відмінного утримання проміжних скріплень.

Проміжні рейкові скріплення для безстикової колії, крім загальних до них вимог, мають забезпечувати надійне закріплення рейкових плітей на шпалах, не допускаючи уgonу плітей і зміни їхньої довжини при коливаннях температури. Разом із тим скріплення мають давати можливість за необхідності достатньо просто і швидко звільнити пліті від закріплення.

На вітчизняних залізницях для прикріплення рейкових плітей до залізобетонних шпал зараз найбільше використовуються роздільні скріплення типу КБ, СКД і Д2 (на мостах) і клемнопружне КПП, що забезпечують достатній погонний опір (25–30 кН/м).

Для підрейкової основи безстикової колії придатні практично всі її види: залізобетонні шпали, рами, плити. На наших залізницях в основному використовуються залізобетонні шпали Ш-1-1, Ш-1-2, Ш-1-3 для скріплень КБ, СКД65-Б і СБЗ-0, СБЗ-1, СБЗ-2 для скріплень КПП-5.

Конструкція баластної призми практично не відрізняється від типової для ланкової колії магістральних залізниць. Її поперечні розміри залежать від потужності верхньої будови (табл. 1.2).

Розміри баластної призми безстикової колії

Вантажна напруженість, млн ткм бруто км/р.	Товщина баласту під шпалами, см		Ширина плеча баластної призми, см	Крутість укосів баластної призми
	дерев'яними	залізобетонними		
більше 50	35	40	45	1:1,5
25–50	30	35	35	1:1,5
менше 25	25	30	25*	1:1,5

Примітка. * У кривих з радіусом 600 м і менше ширина плеча з зовнішнього боку збільшується до 35 см.

При розміщенні зварних плітей на перегонах і станціях необхідно, як уже зазначалося, прагнути до забезпечення їхньої найбільшої довжини, розриваючи тільки в зонах зрівнювальних прогонів, при приєднанні до ділянок ланкової колії стрілочних переводів (рис. 1.2) і переїздів (рис. 1.3).

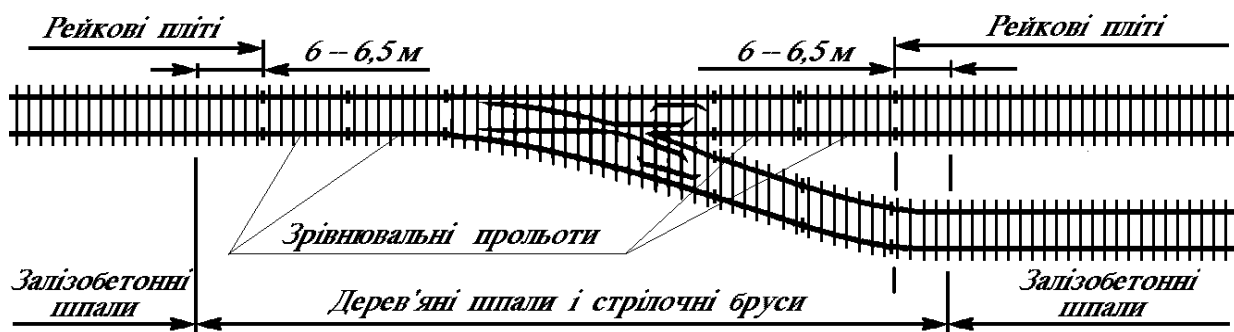


Рис. 1.2. Схема приєднання безстикової колії до стрілочного переводу

При визначенні довжини рейкових плітей необхідно також урахувати розташування мостів, тунелів, кривих з радіусом менше 300 м. На залізобетонних мостах з їздою на баласті з довжиною прогону від 3 до 27 м поздовжні деформації прогонових будов при температурних

коливаннях і проходженні поїздів практично не впливають на роботу безстикової колії. Це дає змогу влаштувати тут безстикову колію такої самої конструкції, як і на земляному полотні. При цьому кінці плітей необхідно розташовувати не ближче 50–100 м від шафових стінок берегових опор моста, а на мостах довжиною більше 20 м необхідно укласти контррейки або контрсутники.

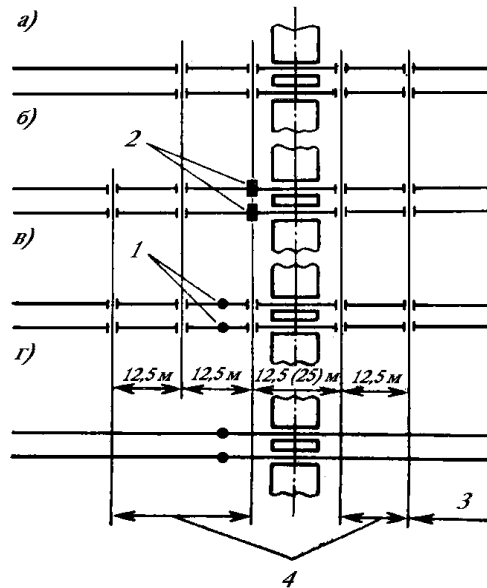


Рис. 1.3. Схеми зрівнювальних прогонів на переїзді:

- а – без ізолюючих стиків; б – зі збірними ізолюючими стиками;
- в, г – з клеєболтовими ізолюючими стиками відповідно звичайної і підвищеної міцності; 1 – клеєболтовий ізолюючий стик; 2 – збірний ізолюючий стик; 3 – рейкові пліті; 4 – зрівнювальні рейки

На металевих мостах з дерев'яними мостовими брусами при довжині прогонових будов до 55 м на однопрогонових мостах і загальній їхній довжині до 66 м на багатопрогонових мостах рейкові пліті можна укласти так, щоб вони повністю перекривали міст. Кінці плітей мають розташовуватися на відстані не менше 100 м від шафових стінок берегових опор моста при його довжині 33 м і більше і не менше 50 м при меншій

довжині моста. На металевих однопрогонових мостах довжиною більше 55 м і багатопрогонових, загальна довжина яких перевищує 66 м, безстикова колія має влаштовуватися за індивідуальними проектами залежно від кліматичних і експлуатаційних умов з дотриманням вимог [4].

Докладніше про улаштування та умови експлуатації безстикової колії на металевих мостах ітиметься в розд. 6.

У коротких тунелях (завдовжки до 300 м) безстикову колію укладають так само, як на підходах до нього. При цьому температурні умови закріплення та експлуатації рейкових плітей розраховують як для відкритих ділянок колії.

У довгих тунелях (300 м і більше) безстикову колію доцільно укладати незалежно від наявності її на підходах. При розташуванні плітей повністю всередині тунелю зрівнювальні прогони слід розташовувати за його межами. Рейкові пліті в тунелях довжиною більше 300 м і на підходах до них зварюють електроконтактним способом машиною ПРЗМ в межах блок-ділянок, на границях яких улаштовуються ізолюючі стики підвищеної міцності. Розрахункова найбільша температура рейок у таких тунелях приймається на 20 °С меншою, ніж за його межами.

1.3. Температурні напруження та поздовжні сили в рейкових плітях безстикової колії

Відомо, що зміна температури рейки викликає зміну її довжини, а це означає, що чим більша довжина рейки, тим більше необхідний зазор, величина якого обмежується умовами міцності колії та безпеки руху поїздів. Виходячи з умов динамічної дії рухомого складу на колію, величина зазора має бути найменшою. Тому вона визначається з умови, щоб зазор досягав нульових розмірів при найвищій температурі в певній кліматичній зоні, а найбільших, але не більш конструктивних, – при

найнижчій температурі. Відлік температурних змін ведеться відносно температури, при якій рейка закріплена в колії. Ця температура називається нейтральною. Зміна температури відносно нейтральної викликає зміну довжини рейки, вільної від закріплення, або появу температурних зусиль у рейці при нездійсненій зміні її довжини, тобто за наявності опору.

За температурною роботою рейка розглядається як стрижень довжиною l , а подовження або скорочення його за відсутності опору переміщенню розраховується за формулою

$$\lambda = \alpha \cdot l \cdot \Delta t, \quad (1.4)$$

де Δt – зміна температури рейки відносно нейтральної температури.

Якщо розділити обидві частини рівняння (1.4) на l , то отримаємо відносну температурну деформацію (подовження або скорочення)

$$\varepsilon = \alpha \cdot \Delta t. \quad (1.5)$$

За законом Гука, напруження в рейці пропорційні відноській його деформації

$$\sigma = \varepsilon \cdot E. \quad (1.6)$$

У зв'язку з цим при нездійсненій температурній деформації рейки в ній виникнуть напруження, викликані зміною температури

$$\sigma = \alpha \cdot E \cdot \Delta t, \quad (1.7)$$

стискальні при підвищенні температури і розтягувальні при її зниженні відносно нейтральної температури. Якщо у вираз (1.7) підставити числові значення α і E як величини, постійні відносно рейкової сталі, отримаємо спрощений вираз для визначення температурних напружень, МПа,

$$\sigma_t \approx 2,5\Delta t . \quad (1.8)$$

Температурна сила, що діє на рейку, дорівнює

$$P_t = \alpha \cdot E \cdot \omega_1 \cdot \Delta t \quad \text{або} \quad P_t \approx 2,5\omega_1 \cdot \Delta t , \quad (1.9)$$

а на колію в цілому

$$P_t = 2\alpha \cdot E \cdot \omega_1 \cdot \Delta t \quad \text{або} \quad P_t \approx 5,0\omega_1 \cdot \Delta t , \quad (1.10)$$

де ω_1 – площа поперечного перерізу рейки.

Із формул (1.7)–(1.10) видно, що величина температурного зусилля в рейці не залежить від її довжини. При нездійсненому подовженні або скороченні в рейці будь-якої довжини виникає однакова температурна сила.

1.4. Стійкість безстикової колії

У температурно-напруженій безстиковій колії зусилля, що виникають у рейкових плітях через нездійснені зміни їхньої довжини при зміні температури, викликають напруження в рейках. Стискальні сили при досягненні певної величини можуть викликати втрату стійкості рейко-шпальної решітки, тобто викид колії. Розрахунки безстикової колії на стійкість зводяться на першому етапі до визначення найбільшого допустимого значення поздовжньої температурної сили, а потім і допустимої зміни температури в бік її підвищення. При розв'язанні цієї задачі мають місце два підходи: аналітичний і експериментальний.

Відомі два основних методи аналітичного визначення сили, при якій відбувається втрата стійкості: енергетичний метод і метод

диференціальних рівнянь. Перший, найбільш розповсюджений, побудований на законі збереження енергії, тобто рівності робіт зовнішніх і внутрішніх сил на ділянці рейкової пліти, що деформується. Другий метод, розглядаючи рейко-шпальну решітку як балку на суцільній пружній основі, що знаходиться в умовах поздовжньо-поперечного згину, не охопив усіх реальних умов роботи колії і дає задовільні результати для колії з великими початковими нерівностями. У різних країнах розроблено багато варіантів цих методів: розрахунки К. М. Міщенка, С. П. Першина, А. А. Кривободрова, С. І. Мороко, І. Немешді-Немчека, Е. Немешді, А. Блоха, Г. Зандена, Г. Мейера та багатьох інших авторів. У вітчизняній практиці розрахунків безстикової колії на стійкість зараз застосовують в основному три методи: методи К. М. Міщенка, С. П. Першина та експериментальний (Є. М. Бромберга).

Метод К. М. Міщенка

Використавши енергетичний метод, К. М. Міщенко розробив теоретичні основи розрахунку безстикової колії на стійкість [2]. Користуючись розробленою теорією розрахунку колії, він разом із точним методом, що потребує великої і копіткої обчислювальної роботи, запропонував і спрощені розрахункові формули для визначення поздовжньої критичної сили P_k , довжини викривленої ділянки l_k і стріли згину f_k

$$P_k = \frac{\eta_1}{\sqrt[4]{n}} \sqrt[4]{I_{PШ} \cdot \omega \cdot E^2 \cdot q^2}; \quad (1.11)$$

$$l_k = \eta_2 \sqrt{\frac{E \cdot I_{PШ}}{P_k}}; \quad (1.12)$$

$$f_k = \eta_3 \sqrt{n \frac{I_{PШ}}{\omega}}, \quad (1.13)$$

де $I_{PШ}$ – момент інерції рейко-шпальної решітки в горизонтальній площині, m^4 ($I_{PШ} = 3I_G$ при змішаному скріпленні і дерев'яних шпалах; $I_{PШ} = 4I_G$ при роздільному скріпленні і дерев'яних шпалах; $I_{PШ} = 5I_G$ при роздільному скріпленні і залізобетонних шпалах; I_G – горизонтальний момент інерції рейки);

q – погонний опір колії поперечному переміщенню, Н/м;

E – модуль пружності рейкової сталі ($2,1 \cdot 10^{11}$ Па);

η_1, η_2, η_3 – постійні коефіцієнти, що залежать від форми згину рейко-шпальної решітки (при однохвильовому згині $\eta_1 = 2,416$, $\eta_2 = 19,18$, $\eta_3 = 2,88$; при S -подібній формі згину $\eta_1 = 2,68$, $\eta_2 = 13,92$, $\eta_3 = 4,18$ (рис. 1.4, а, б));

ω – площа перерізу двох рейок, m^2 ;

n – поправочний коефіцієнт, що враховує дію поздовжніх сил на прилеглих до викривлення ділянках ($n = 1 + P_k / 4pl_k$, де p – погонний опір поздовжньому переміщенню колії, Н/м).

Визначення P_k виконується методом послідовних наближень при сумісному розв'язуванні рівнянь (1.11) і (1.12). Задаючись значеннями P_k , за формулою (1.12) знаходять l_k , а потім за формулою (1.11) одержують нове значення P_k , яке знову підставляють до формули (1.12). І так до тих пір, поки прийняте і одержане значення поздовжньої сили не стануть приблизно однаковими. Це і буде величина критичної поздовжньої сили P_k .

Розрахунок стійкості в кривих ділянках колії при викиді в горизонтальній площині (рис. 1.4, в) виконується за формулою

$$q = \frac{P_k^2 \sqrt{n}}{7,18E \sqrt{I_{PШ}} \cdot \omega} + \frac{P_k}{R}, \quad (1.14)$$

а також за раніше приведеними формулами (1.12) і (1.13), де R – радіус кривої, м.

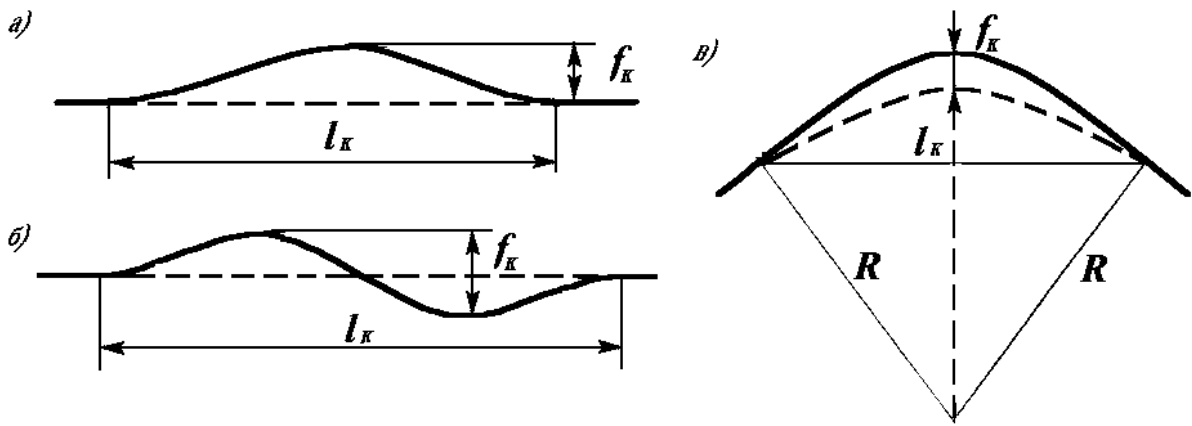


Рис. 1.4. Схеми викривлення колії при викиді: а – однохвильова форма згину; б – двохвильова (S-подібна) форма згину; в – форма згину в кривій

Величина допустимої температурної поздовжньої сили приймається з урахуванням запасу за стійкістю

$$[P_{t-y}] = \frac{P_k}{K_3}, \quad (1.15)$$

де K_3 – коефіцієнт запасу (у цьому методі рекомендується приймати $K_3 = 1,2$).

Метод С. П. Першина

Використовуючи той самий енергетичний метод, С. П. Першин розв'язав задачу про стійкість колії, прийнявши більш досконалу розрахункову схему, у якій була взята до уваги нелінійність опору деформаціям з боку баластового шару і вузлів проміжних рейкових скріплень, а також урахована наявність початкових нерівностей колії. На основі енергетичних умов рівноваги він вивів формулу для визначення так званої закритичної сили P_3 , що призводить до викиду колії в горизонтальній площині. У результаті ряду спрощень і багатоваріантних числових розрахунків формула приведена до вигляду, зручного для практичних розрахунків,

$$P_3 = \frac{A}{i^\alpha} k_1 \cdot k_2 \cdot k_3, \quad (1.16)$$

де A , α – параметри, що залежать від типу рейки і плану лінії (табл. 1.3);

i – середній уклон початкової нерівності, ‰;

k_1 – коефіцієнт, що залежить від опору Q баласту зміщенню шпали (рис. 1.5);

k_2 – коефіцієнт, що залежить від епюри шпал (приймається рівним 0,9, 1,0, 1,08 відповідно при 1600, 1840, 2000 шпал на 1 км);

k_3 – коефіцієнт, що залежить від величини затягування гайок клемних болтів (табл. 1.4).

Таблиця 1.3

Параметри A і α для визначення закритичної сили P_3

R , м	A^*			A		
	P50	P65	P75	P50	P65	P75
400	2,38	2,48	2,56	0,300	0,232	0,175
600	2,95	3,15	3,21	0,365	0,335	0,290
800	3,32	3,61	3,76	0,410	0,385	0,350
1000	3,60	3,83	4,18	0,450	0,410	0,385
∞ (пряма)	5,17	5,83	6,50	0,600	0,585	0,560

Примітка. * Величина параметра A наведена для визначення P_3 , МН.

Опір зсуву шпал залежить від ступеня ущільнення баласту, матеріалу і форми шпал. Ущільнення баласту оцінюється за кількістю вантажу, що пройшов по колії, або тривалістю підбивання шпал електрошпалопідбійками чи ущільнення іншими механізмами [3]. Так, при ущільненні електрошпалопідбійками $Q = 4,4$ кН, ущільненні колійними машинами $Q = 6,0$ кН, після обкатування $Q = 8,0-9,0$ кН. За відсутності баласту в шпальних ящиках $Q = 3,5-3,7$ кН.

Величина коефіцієнта k_3 залежно від уклону початкової нерівності

Уклон початкової нерівності	Величина коефіцієнта k_3 при затягуванні гайок клемних болтів з моментом		
	100 Н·м	200 Н·м	300 Н·м
2 ‰	0,90	1,00	1,07
3 ‰	0,95	1,00	1,03



Рис. 1.5. Графік залежності коефіцієнта k_1 від опору баласту
зміщенню шпали

Допустима температурна поздовжня сила за умовами стійкості дорівнює

$$[P_{t-y}] = \frac{P_3}{K_y}, \quad (1.17)$$

де K_y – коефіцієнт запасу за стійкістю (у методі С. П. Першина приймають $K_y = 1,5-2,0$ залежно від плану лінії).

Експериментальне визначення розрахункових поздовжніх сил

(метод Є. М. Бромберга)

Для практичної перевірки різних теоретичних способів у деяких зарубіжних країнах були проведені дослідження в умовах, близьких до експлуатаційних, і визначені розміри закритичних сил залежно від багатьох факторів. З'ясовано, що сучасні конструкції колії при дотриманні відповідних технічних вимог щодо їхнього утримання мають у прямих і кривих ділянках достатню стійкість проти викидів. У всіх дослідженнях головна увага приділялася кінцевій стадії втрати стійкості – викиду колії.

Більше 300 дослідів щодо визначення стійкості безстикової колії у свій час виконано у Всесоюзному науково-дослідному інституті залізничного транспорту під керівництвом Є. М. Бромберга. Досліди проводилися на спеціальному стенді, де відображувалися різні конструкції реальної безстикової колії і умови її експлуатації. Результати досліджень показали, що кінцева стадія втрати стійкості, що відповідає закритичній силі P_3 , не може служити надійним критерієм для її оцінювання. Тому ретельно вивчалася не тільки кінцева стадія, а й весь процес втрати стійкості, починаючи з моменту появи початкових зсувів рейко-шпальної решітки, що відповідає розрахунковій критичній силі P_k . На основі експериментальних даних була одержана емпірична залежність допустимої температурної сили для типових конструкцій безстикової колії з урахуванням плану лінії

$$[P_{t-y}] = [P_k]_{\infty} \eta_1 \cdot \eta_2 - \frac{A}{R}, \quad (1.18)$$

де $[P_k]_{\infty}$ – критичне значення поздовжньої сили, допустиме в прямій ділянці колії;

η_1 – коефіцієнт, що враховує тип рейки;

η_2 – коефіцієнт, що враховує епюру шпал;

A – коефіцієнт, що залежить від типу рейки і епюри шпал;

R – радіус кривої, м.

Для практичних розрахунків величини, що входять до формули (1.18), слід приймати з табл. 1.5.

У кінцевому результаті розрахунок безстикової колії на стійкість, як правило, зводиться до визначення допустимої зміни температури в бік її підвищення за умовами стійкості.

$$[\Delta t_y] = \frac{[P_{t-y}]}{2\alpha \cdot E \cdot \omega_1}, \quad (1.19)$$

де $[P_{t-y}]$ – допустима температурна сила, Н;

ω_1 – площа перерізу рейки, м² (для нових рейок Р65 $\omega_1 = 82,56 \cdot 10^{-4}$ м²).

Таблиця 1.5

Значення $[P_k]_{\infty} \eta_1 \eta_2$ і A для визначення максимальної допустимої температурної сили, за формулою Є. М. Бромберга

Тип рейки	Тип шпал	Еюра шпал	$[P_k]_{\infty}$, мН		A, мН·м
			щебінь	азбест	
Р75	з/б	2000	2,76	2,59	424
		1840	2,56	2,45	384
	дер.	2000	2,40	2,32	386
		1840	2,22	2,15	336
Р65	з/б	2000	2,44	2,29	396
		1840	2,24	2,14	364
	дер.	2000	2,10	2,03	336
		1840	1,95	1,89	312
Р50	з/б	2000	2,19	2,06	356
		1840	2,02	1,93	328
	дер.	2000	1,90	1,84	308
		1840	1,75	1,40	284

2. УКЛАДАННЯ БЕЗСТИКОВОЇ КОЛІЇ

2.1. Загальні положення

На дієвих залізничних лініях безстикову залізничну колію, як правило, улаштовують при капітальному ремонті у два етапи. Спочатку замість старої рейко-шпальної решітки кладуть ланки нової рейко-шпальної решітки з інвентарними (тимчасовими) рейками, а потім їх заміняють на рейкові пліті. Зрівнювальні рейки кладуть при монтажі решітки в колії або заміні інвентарних рейок плітями. Якщо до капітального ремонту була ланкова колія, то решітку з рейками стандартної довжини знімають кранами для розбирання колії з попереднім вилученням стикових накладок.

У безстиковій колії решітку розбирають кранами одним із двох способів. Перший спосіб, коли напередодні заміняють пліті тимчасовими рейками довжиною 12,5 або 25,0 м. Пліті на спеціальному рухомому складі перевозять і укладають на менш дієвій ділянці. На ділянці ремонту кладуть ланки з інвентарними рейками, що після стабілізації баластного шару замінюють новими рейковими плітями. Другий спосіб, коли старопридатну рейко-шпальну решітку знімають, розрізаючи пліті на частини довжиною 12,5-12,9 м або 25-25,4 м. Довжину рейкових ланок назначають залежно від вантажопідйомності колієрозбирального крана.

Вибір того чи іншого способу залежить від експлуатаційних умов і стану рейкових плітей і приймається після обстеження плітей і відповідного обґрунтування. В умовах обмежених матеріально-технічних ресурсів доцільно знімати старопридатні рейкові пліті, не порушуючи їхньої цілості. Після ремонту на рейко-зварювальних підприємствах їх можна укласти на мало дієвих напрямках і станційних коліях.

2.2. Визначення можливості укладання та способу експлуатації безстикової колії

У нерухомій частині рейкової пліти виникають температурні напруження – стискальні влітку і розтягувальні взимку. Разом із цим під дією сил від коліс рухомого складу в рейках виникають напруження згину – розтягувальні по підшві і стискальні по головці рейки (рис. 2.1). Тому міцність рейок у конструкції безстикової колії визначається з умови, що сумарні напруження в рейках від дії поїзного навантаження і температурних сил не мають перевищувати допустимих значень:

$$\begin{aligned}\sigma_{kn} \cdot K_{zn} + \sigma_{tc} &\leq [\sigma] \text{ влітку;} \\ \sigma_{kn} \cdot K_{zn} + \sigma_{tp} &\leq [\sigma] \text{ взимку,}\end{aligned}\tag{2.1}$$

де $\sigma_{кз}$, $\sigma_{кп}$ – кромкові напруження, що виникають відповідно в головці та підшві рейки;

σ_{tc} , σ_{tp} – температурні напруження відповідно стискальні влітку і розтягувальні взимку;

K_{zn} – коефіцієнт запасу міцності (для рейок першого терміну служби $K_{zn} = 1,3$, для рейкових плітей із старопритатних рейок $K_{zn} = 1,4$);

$[\sigma]$ – допустимі напруження в рейках.

За допустимі напруження приймається умовна межа текучості рейкової сталі, що складає для незагартованих рейок $[\sigma] = 350$ МПа, а для об'ємнозагартованих рейок $[\sigma] = 400$ МПа.

Кромкові напруження в рейках від рухомого складу визначаються за Правилами розрахунку верхньої будови колії на міцність, причому напруження в підшві визначають для зимових умов, а напруження в головці – для літніх (приймається відповідне значення модуля пружності підрейкової основи). Беручи до уваги те, що $\sigma_t = \alpha \cdot E \cdot \Delta t$, із формули (2.1)

визначаються за умовами міцності допустимі зміни температури рейкової пліти відносно температури її закріплення:

- у бік зниження (за міцністю підшви)

$$[\Delta t_{III}] = \frac{[\sigma] - \sigma_{кп} \cdot K_{зн}}{\alpha \cdot E}; \quad (2.2)$$

- бік підвищення (за міцністю головки)

$$[\Delta t_{III}] = \frac{[\sigma] - \sigma_{кз} \cdot K_{зн}}{\alpha \cdot E}; \quad (2.3)$$

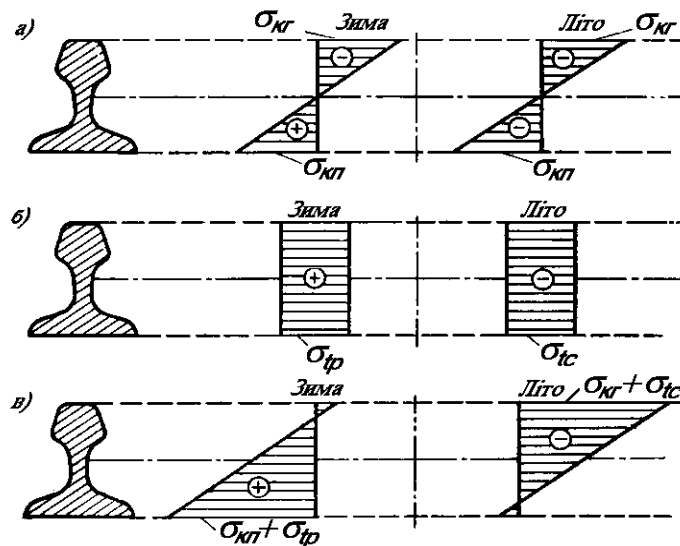


Рис. 2.1. Епюри нормальних напружень у рейках у літній і зимовий періоди експлуатації: а – напруження згину від поїзного навантаження; б – температурні напруження; в – сумарні напруження

Розрахункові значення допустимого зниження (при розтягуванні) – $[\Delta t_p]$ і допустимого підвищення (при стисканні) – $[\Delta t_c]$ температури рейкових плітей визначаються з урахуванням умов

$$[\Delta t_p] = [\Delta t_{III}]; \quad (2.4)$$

$$[\Delta t_c] = \min \left\{ \begin{array}{l} [\Delta t_{III}] + 6^\circ, \\ [\Delta t_y] \end{array} \right. \quad (2.5)$$

де $[\Delta t_{III}] + 6$ – допустиме підвищення температури рейкової пліті з урахуванням можливого перенапруження головки рейки в період максимальних температур (може мати місце при рейках Р50);

Δt_y – допустиме підвищення температури рейкової пліті за умовами стійкості проти викиду, що визначається за формулою (1.19).

У практичних розрахунках для типових конструкцій колії користуються значеннями $[\Delta t_y]$ і $[\Delta t_p]$, поданими в Технічних вказівках [1], величини яких залежать від конструкції колії, плану лінії та умов експлуатації.

Умовами міцності та стійкості безстикової колії визначається можливість укладання її в конкретних експлуатаційних умовах. Це встановлюється порівнянням фактичної температурної амплітуди T_A в певному кліматичному районі з допустимою температурною амплітудою $[T]$ для конструкції колії і умов експлуатації, що розглядаються. Якщо за розрахунком виявляється, що $T_A \leq [T]$, то безстикову колію можна укласти, причому температурно-напруженого типу, тобто без сезонних розряджань. Значення T_A визначається як алгебраїчна різниця найвищої t_{maxmax} і найнижчої t_{minmin} температур рейки, що коли-небудь спостерігалися в певному кліматичному районі [1]:

$$T_A = t_{maxmax} - t_{minmin} . \quad (2.6)$$

Допустима температурна амплітуда визначається як

$$[T] = [\Delta t_c] + [\Delta t_p] - [\Delta t_3] , \quad (2.7)$$

де $[\Delta t_3]$ – мінімальний інтервал температур, у якому остаточно закріплюються пліті (за умовами проведення робіт для розрахунків він

приймається 10 °С, але за необхідності його можна зменшити до 5 °С, якщо передбачити закріплення плітей восени або в хмарну погоду, або в ранні ранкові чи вечірні години, коли температура рейкових плітей при закріпленні змінюється повільно).

Оскільки в конструкції безстикової колії в основному застосовуються важкі типи рейок, то допустима зміна температури в бік її підвищення визначається умовами стійкості. Тому в більшості випадків допустима температурна амплітуда визначається як

$$[T] = [\Delta t_y] + [\Delta t_p] - [\Delta t_z] . \quad (2.8)$$

Якщо за розрахунком $T_A > [T]$, то експлуатувати в цих умовах конструкцію безстикової колії температурно-напруженого типу не можна. У першу чергу це стосується конструкції безстикової колії з довгими (більше 800 м) рейковими плітями, яку дозволяється влаштовувати тільки температурно-напруженого типу. Тому в такому випадку необхідно розглянути можливість і доцільність проведення заходів, направлених на збільшення допустимої температурної амплітуди $[T]$. До таких заходів належать:

- посилення конструкції верхньої будови колії за рахунок застосування більш потужних рейок, збільшення епюри шпал, розмірів баластової призми і т. ін.;
- поліпшення плану лінії (збільшення пологості кривих, якщо обмеження викликане кривиною колії в плані);
- тимчасове обмеження швидкості руху поїздів на період дії особливо низьких температур.

Остаточне рішення слід приймати на основі техніко-економічного порівняння варіантів для конкретних експлуатаційних умов.

При співвідношенні річної фактичної температурної амплітуди і допустимої, коли $T_A \geq [T]$, має місце конструкція безстикової колії, що

передбачає сезонні розряджання (усунення температурних стискальних напружень навесні і розтягувальних восени).

Конструкція безстикової колії температурно-напруженого типу є більш ефективною, оскільки не потребує виконання трудомістких робіт з усунення напружень, забезпечуючи при цьому стійкість при найвищих температурах влітку і міцність рейок при найнижчих взимку. Але це можливо тільки в тому випадку, якщо рейкові пліті закріпити при температурі, що знаходиться в межах так званого розрахункового температурного інтервалу закріплення Δt_3 , величина якого дорівнює

$$\Delta t_3 = [\Delta t_y] + [\Delta t_p] - T_A . \quad (2.9)$$

Виходячи з екстремальних температур певної кліматичної зони t_{maxmax} і t_{minmin} і допустимих інтервалів змін температур Δt_y і Δt_p , стає можливим визначення нижньої межі розрахункового температурного інтервалу закріплення $min t_3$ і верхньої – $max t_3$:

$$\left. \begin{aligned} min t_3 &= t_{maxmax} - [\Delta t_y] ; \\ max t_3 &= t_{minmin} + [\Delta t_p] . \end{aligned} \right\} \quad (2.10)$$

При укладанні плітей довжиною більше 800 м, за роботою [1], нижня межа інтервалу закріплення має бути не менш ніж на 8 °С вищою нижньої межі, встановленої для коротких плітей.

З урахуванням рідкісної повторюваності і малої тривалості дії особливо низьких температур межі використання безстикової колії можуть бути розширені за рахунок збільшення $[\Delta t_p]$ внаслідок зниження швидкості руху поїздів. Межі розрахункового інтервалу в цьому випадку будуть

$$\left. \begin{aligned} \text{нижня: } min t_3 &= t_{maxmax} - [\Delta t_y] ; \\ \text{верхня: } max t_3 &= min t_3 + [\Delta t_3] . \end{aligned} \right\} \quad (2.11)$$

Найнижча температура, при якій поїзди можуть ще йти зі встановленою швидкістю, дорівнює

$$[t_{min}] = \max t_3 - [\Delta t_p] . \quad (2.12)$$

Отже, для температурно-напруженої конструкції безстикової колії закріплення плітей будь-якої довжини при будь-якій температурі в межах розрахункового інтервалу гарантує надійність їхньої роботи за умови дотримання відповідних вимог щодо конструкції безстикової колії та її утримання. З досвіду експлуатації безстикової колії видно, що закріплювати пліті на постійний режим експлуатації доцільно при температурах, що знаходяться у верхній половині розрахункового інтервалу (рис. 2.2). Цим будуть створені більш сприятливі умови для виконання влітку колійних робіт, при яких тимчасово знижується стійкість колії (роботи, пов'язані з вивішуванням або поперечним пересуванням рейко-шпальної решітки, які можуть виконуватися як з використанням відповідних машин, так і без них). При цьому необхідно враховувати і ту обставину, що закріплення плітей при дуже високих температурах в окремих випадках може призвести до утворення великого зазора при зломі пліті взимку або до розриву болтів у стиках зрівнювальних прогонів з великим розходженням кінців рейок.

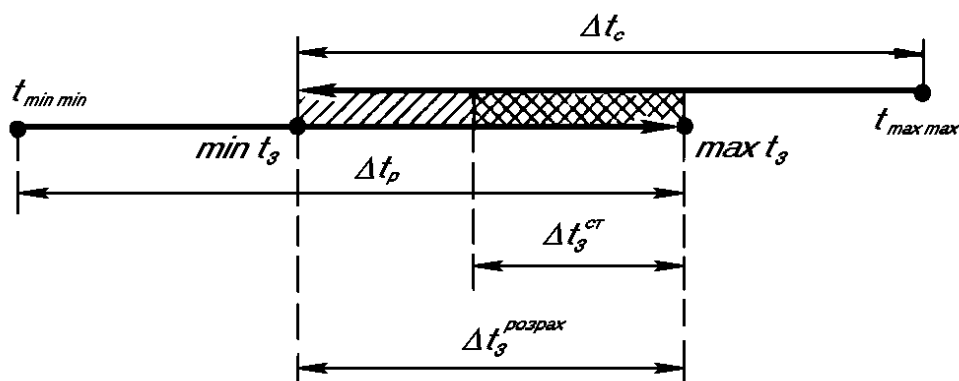


Рис. 2.2. Температурна схема закріплення рейкових плітей на постійний режим експлуатації (при $T_A \leq [T]$)

Зазор λ_i , що утворюється при зломі пліті в загальному випадку, може бути розрахований за формулою

$$\lambda_i = \frac{\alpha^2 \cdot E \cdot \omega_1}{P_1} \Delta t_p^2, \quad (2.13)$$

де Δt_p – фактичне зниження температури рейкової пліті відносно температури її закріплення;

p_1 – погонний опір поздовжньому переміщенню рейкових плітей (взимку, при замерзлому баласті і нормативному затягуванні гайок клемних і закладних болтів $p_1 = 25$ кН/м);

ω_1 – площа поперечного перерізу рейки.

Щодо відповідних типів рейок, то зазор, утворений при зломі рейкової пліті, може бути розрахований за формулами

$$\left. \begin{array}{l} \text{для рейок Р75 } \lambda_i = 0,011 \Delta t_p^2; \\ \text{для рейок Р65 } \lambda_i = 0,010 \Delta t_p^2; \\ \text{для рейок Р50 } \lambda_i = 0,008 \Delta t_p^2. \end{array} \right\} \quad (2.14)$$

Виходячи з максимально допустимої величини розкриття зазора 50 мм [1, 2, 5] при зломі рейкової пліті, найбільше зниження її температури відносно температури закріплення, наприклад для рейок Р65, можна допустити не більше 70 °С. Цю обставину також слід урахувувати при визначенні умов закріплення рейкових плітей, особливо при укладанні безстикової колії на металевих мостах з безбаластовим мостовим полотном.

2.3. Виготовлення зварних рейкових плітей

Короткі рейкові пліті виготовляють у спеціалізованих рейкозварювальних поїздах (РЗП), що мають відповідне обладнання для електроконтактного стикового зварювання. Довжина рейкових плітей має відповідати проєкту з точністю до 10 мм. На кінцях рейкових плітей у РЗП просвердлюють три болтових отвори діаметром, що відповідає певному типу рейок. Зварювання плітей здійснюють стаціонарними машинами МСГР500, К190 або К190М. За останні 10–15 років з'явилися зварювальні машини нового покоління типу К-1000, К-1100 і підвісні польового типу К-900, К-920, К-921, К-922, К-930, К-945, виготовлені на КЗЕЗ0.

Кінці рейок, що підлягають зварюванню, ретельно готують для цього, зачищаючи контактні поверхні пазух рейок під губки зварювальної машини. Контактні рейкозварювальні машини здійснюють зварювання плітей в автоматичному режимі.

Після зварювання рейок видавлений метал по всьому їхньому периметру усувають у гарячому стані механічним способом. Зварні стики об'ємно загартованих рейок і рейок з поверхневим гартуванням головки для відновлення твердості і міцності в зоні зварного стику піддають місцевій термічній обробці на автоматичних установках. Нагрівання зварних рейкових стиків здійснюють струмами середньої частоти, а примусове охолодження головки – повітряно-водяною сумішшю.

Після гартування на контрольних зразках рейок перевіряють твердість металу на пресі Брінелля або приладом Польді. Відхилення твердості в зоні зварного стику порівняно з твердістю основного металу рейки допускають не більше 10 %. Після термообробки виконують грубе шліфування зварних стиків по всьому периметру рейки, після чого кожен зварний стик потрапляє на чисте шліфування, де додатково обробляють поверхні по контуру рейки і ретельно доводять до типових поверхню

кочення та робочі грані головки рейки. Допускається після шліфування нерівність глибиною не більше 0,5 мм для рейкових плітей першої і другої груп і 1 мм – для третьої при вимірюванні металевою лінійкою довжиною 1 м. Для контролю якості зварних стиків проводять випробування контрольних повнопрофільних зразків на статичний поперечний злам. Кожною працюючою контактено-зварювальною машиною зварюють по два зразки за зміну за режимом, прийнятим для певної партії рейок. Контрольні зразки випробовують в охолодженому стані після термічної і механічної обробки. Якщо контрольні зразки не витримали випробувань, то зварні рейкові пліті бракують.

Якість зварювання кожного стику перевіряють ультразвуковим дефектоскопом. При виявленні дефектного стику пліть за допомогою роликового транспортера подають на рейкорізальний верстат, додатково встановлений на лінії, і вирізають дефектний стик. Після цього обидві частини пліті повертають до зварювальної машини, де стик зварюють знову. На кожну виготовлену пліть РЗП складає і видає замовнику сертифікат за встановленою формою.

Після виготовлення на кожній парі рейкових плітей на відстані 3 м від обох кінців білою масляною фарбою на внутрішній стороні шийки рейки наносять встановлене єдине маркування в такій послідовності: номер рейкозварювального підприємства, номер пліті за проектом укладання в колію, номер пліті за зварювальною відомістю, права чи ліва пліть за рахуванням кілометрів, що зазначаються відповідно буквами «П» або «Л», довжина пліті в метрах з точністю до 1 см, приведена до температури рейок +20 °С, наприклад РЗП6, 18, 14, Л, 798.64. Якщо довжину пліті вимірюють неметалевою стрічкою або за допомогою спеціально розбитих поперечних створів при більшій або меншій температурі рейки, то необхідно вводити поправку Δl , см,

$$\Delta l = 0,00118L (20 - t), \quad (2.15)$$

де L – виміряна при певній температурі довжина пліти, м;

t – температура рейки в момент вимірювання довжини пліти, С.

2.4. Транспортування рейкових плітей

Зварні пліти перевозять до місць їхнього укладання в колію на спеціально обладнаних рейковозних поїздах, що перебувають у розпорядженні відповідних РЗП. Рейковозний поїзд складається із 59 чотиривісних платформ вантажопідйомністю 63 т і одного чотиривісного пасажирського вагона довжиною 23,6 м, переобладнаного у вагон для відпочинку обслуговуючого персоналу [2]. Загальна довжина поїзда без локомотива складає 878-895 м. Ця довжина є граничною, що допускає проїзд рейковозного поїзда по приймально-відправних коліях усіх станцій на шляху прямування до місць укладання. На повністю завантаженому рейковозному поїзді одночасно перевозять 12 рейкових плітей (6 пар) довжиною по 800 ± 1 м кожна. Одночасне перевезення зварних плітей на спецскладі забезпечує укладання разом зі зрівнювальними прогонами близько 5 км безстикової колії. Маса поїзда при його повному завантаженні плітями із рейок Р65 - 1990 т. Пліти з рейок Р75 через їхню підвищену жорсткість перевозяться по 10 шт. (5 пар). Пліти, що мають довжину менше 800 м, розміщують на составі послідовно в одному роликовому створі і з'єднують типовими стиковими накладками, тимчасово скріплюючи чотирма болтами. Транспортування навантаженого спецскладу дозволяється тільки з окремим локомотивом по колії з рейками 1А, Р43 і важче у прямих і кривих ділянках колії радіусом 300 м і більше, при швидкостях руху, встановлених на умовах недопущення вкочування колеса на рейку (табл. 2.1). У порожньому стані спецсклад транспортують зі швидкостями, встановленими для вантажних поїздів.

Таблиця 2.1

Допустимі швидкості транспортування рейкового поїзда

Тип рейок і їхній приведений знос, мм, кількість шпал на 1 км, рід баласту	Допустимі швидкості транспортування, км/год									
	у пря- мих	у кривих радіусом, м								
		1000	900	800	700	600	500	400	350	300
Р43 (6) 1600 щебінь і важче	80	80	80	75	70	70	55	45	40	40
Р43 (6) 1600 гравій і важче	80	80	80	75	70	65	50	35	30	30
Р43 (6) 1600 пісок і важче	80	80	80	75	70	65	50	35	30	30

Увесь рейковозний поїзд за встановленим на його платформах обладнанням умовно можна поділити на три частини (табл. 2.2). Перша частина – головна платформа № 1 - обладнана замками для надійного закріплення передніх кінців плітей у «голові» состава. Ця платформа має також одну роликову опору з ребордними роликами і одну роликову опору з безребордними роликами, використовуваними для перевезення на спецскладі плітей, а також транспортування по них плітей при навантажуванні на рейкозварювальному підприємстві і вивантажуванні в місцях укладання безстикової колії на перегонах.

Таблиця 2.2

Поділ рейкового поїзда на частини за встановленим на його платформах обладнанням

Частина состава	Головна	Середня	Кінцева			
Номер платформи	№ 1	№ 2–55	№ 56	№ 57	№ 58	лоткова
Кількість платформ, шт.	1	54	1	1	1	1

До складу другої частини рейковозного поїзда входять платформи № 2 – 55, обладнані двома роликовими опорами з ребордними роликами.

Третя частина рейковозного поїзда включає чотири платформи, у тому числі і кінцеву (лоткову), на яких розташовано опорно-напрямне обладнання для вивантажування рейкових плітей у середину колії.

Бригада, що обслуговує рейковозний поїзд, складається з п'яти осіб: трьох машиністів четвертого розряду і двох їхніх помічників третього розряду під керівництвом невивільненого бригадира – одного з досвідчених машиністів.

Навантажування рейкових плітей на рейковозний поїзд виконують на базі РЗП як зі зварювальної технологічної лінії, так і з землі за допомогою порталу. Першу пару рейкових плітей слід навантажувати тільки у світлий час доби, решту плітей – цілодобово при достатньому освітленні платформи № 1 і платформ № 57, 58 і 59. За рухом першої пари рейкових плітей спостерігають помічники машиністів, які за допомогою ломиків направляють кінці плітей з лижами на відповідні ролики, тим самим запобігаючи чіплянню і пошкодженню роликових опор. Першу пару рейкових плітей навантажують на крайні роликові опори з закріпленням у замках на платформі № 1. Решту рейкових плітей насувають на состав за допомогою напрямних роликів під наглядом одного працівника. Навантажування проводиться, як правило, по дві пліті з двох технологічних ліній.

2.5. Вивантажування рейкових плітей

Рейкові пліті, призначені для укладання в колію, вивантажують після виконання комплексу основних робіт з капітального ремонту колії з інвентарними рейками. Відповідальним за проведення робіт з вивантажування рейкових плітей є керівник робіт – заступник начальника

дистанції колії (ПЧЗ), начальник ділянки (старший шляховий майстер (ПДС)), головний інженер колійної машинної станції (КМС), начальник колони. Керівник робіт забезпечує правильність вивантажування плітей, своєчасність відкриття перегону після робіт, на якому вивантажені рейкові пліті, правильно розташовано і закріплено пліті до шпал; безпеку руху поїздів по перегону та виконання правил безпеки працівниками на перегоні.

Рейкові пліті вивантажують парами одночасно для правої та лівої ниток, керуючись проєктом. Роботи з вивантажування плітей проводяться в такій послідовності:

- звільняють дві пліті з передніх або задніх замків і приєднують до них троси, що разом із захватами протягують через спеціальний пристрій проти кантування, лотки і жолоби кінцевої платформи;

- встановлюють рейкові захвати на дієву колію і починають рухати рейковозний поїзд для повільного натягування тросів і стягування рейкових плітей. Швидкість руху рейковозного поїзда при натягуванні тросів і на початку пересування рейкових плітей не має перевищувати 0,5–1 км/год. Така сама швидкість має бути і для пересування рейкових плітей через протикантувальний пристрій і потім через лотки і жолоби кінцевої платформи;

- після того як кінці рейкових плітей будуть опущені на колію на відрізок довжиною 80–100 м, рейковозний поїзд зупиняється, троси від'єднуються від кінців плітей і дієвої колії і доставляються на кінцеву платформу, після чого состав може рухатися зі швидкістю до 15 км/год;

- перед закінченням вивантажування кожної пари плітей, коли її передні кінці не дійшли на 10–15 м до протикантувального пристрою, швидкість руху рейковозного поїзда зменшується до 1–3 км/год, а після проходження кінців плітей через протикантувальний пристрій – до 0,5 км/год. Потім, після вивантажування кінців плітей на колію, рейковозний поїзд зупиняється.

Далі в тій самій послідовності проводять роботи з вивантажування наступної пари рейкових плітей.

При вивантажуванні плітей у кривих ділянках колії враховують так звані забіг і відставання кінців відповідно внутрішньої і зовнішньої плітей. Величини забігів і відставань кожного з цих кінців розраховують за формулою

$$\Delta L = \frac{(S - \Delta S)L}{2R}, \quad (2.16)$$

де ΔL – величина забігу внутрішньої пліті і відставання зовнішньої, м;

S – відстань між осями рейок, що лежать в колії ($S = 1,6$ м);

ΔS – відстань між осями вивантажених рейкових плітей, м;

L – довжина частини пліті, що знаходиться на кривому відрізку колії, м;

R – радіус кривої, м (наприклад при $L = 300$ м, $\Delta S = 0,2$ м і $R = 500$ м,

$\Delta L = 0,21$ м).

Після вивантажування останньої пари плітей керівник робіт дає заявку на відкриття колії для руху поїздів без обмеження швидкості, а колійна бригада завершує поправлення вивантажених плітей і пришивання їх костиллями до старих дерев'яних напівшпал, що знаходяться всередині колії. На кінцях вивантажених плітей закріплюють спеціальні наконечники для запобігання можливого чіпання рейкових плітей предметами, що випадково можуть звисати з поїздів під час їхнього руху.

2.6. Навантажування рейкових плітей з колії

Останнім часом все більше вдаються до технології ремонту безстикової колії, що передбачає збереження старопридатних зварних рейкових плітей для їхнього повторного укладання на ділянках колії з полегшеними умовами експлуатації. У зв'язку з цим виникла необхідність

попередньої заміни зварних плітей на інвентарні рейки з подальшим їхнім навантажуванням на рейковозний поїзд безпосередньо з колії.

Як вже зазначалось, типовий рейковозний поїзд переважно призначений і відповідно обладнаний для навантажування на нього зварних рейкових плітей в умовах РЗП, перевезення до місця укладання і розвантажування їх усередину колії. Для навантажування рейкових плітей з колії необхідне додаткове опорно-напрявне обладнання до нього.

На Південно-Західній залізниці був розроблений спеціальний пристрій до рейковозного поїзда для механізованого навантаження старопридатних плітей з колії, до складу якого входять візок, лебідки і відкидні консолі [2]. Крім того, на платформах рейковозного поїзда надійно закріплені дві 800-метрові пліті (на першому і 12-му створах). Ці дві пліті з одного боку призначаються для пересування по них візка, а з другого – для запобігання виходу плітей за габарити состава при їхньому навантажуванні шляхом насування. Візок забезпечує направлення кінців плітей, що насуваються, при їхньому пересуванні вздовж рейковозного поїзда і запобігає випадковому удару в роликові опорні частини платформ.

Головним недоліком цього способу є те, що процес заправлення кінців плітей у приймальні жолоби кінцевої платформи достатньо трудомісткий і небезпечний. Більш ефективним є спосіб, що передбачає поздовжнє насування плітей з колії без традиційного заправлення кінців плітей у вивантажувальні жолоби кінцевої платформи.

Навантажування рейкових плітей здійснюється на спеціальний рейковозний поїзд для перевезення 800-метрових плітей, що складається з 58 або 59 платформ, із яких одна головна і чотири кінцевих, під прикриттям «вікна», наданого для виконання основних робіт при капітальному ремонті колії на сусідніх ділянках, або у спеціально надане «вікно». При цьому старопридатні рейкові пліті, оглянуті і підготовлені для повторного використання, перед навантажуванням на спеціальний рейковозний поїзд мають знаходитися в середині колії.

Рейковозний поїзд перед виходом на перегін має бути оснащений двома інвентарними навантажувальними плітями. Ці пліті можуть бути складені з трьох-чотирьох пар рейок Р65 довжиною 12,5 м або двох пар довжиною 25 м, з'єднаних між собою накладками з використанням вкорочених стикових болтів і мати загальну довжину не менше 37,5 м. Під час руху рейковозного поїзда до місць навантажування та вивантажування старопридатних плітей інвентарні навантажувальні пліті мають знаходитися на середніх створах у межах платформ № 56, 55 і 54 і бути закріплені на спеціальній плиті, що знаходиться на платформі № 56 або № 55 (рис. 2.3). Напередодні навантажування при підготовці рейковозного поїзда в лотках кінцевої платформи мають бути зняті протикантувальні ролики. Крім того, у крайніх створах, що прилягають до бортів платформ, ще на РЗП розміщують і закріплюють дві 800-метрові попередньо зварені рейкові пліті, що в подальшому будуть використовуватися як напрямні. Це можуть бути зварні пліті, у тому числі і з нових рейок, підготовлених для чергового вивантажування і укладання в колію.

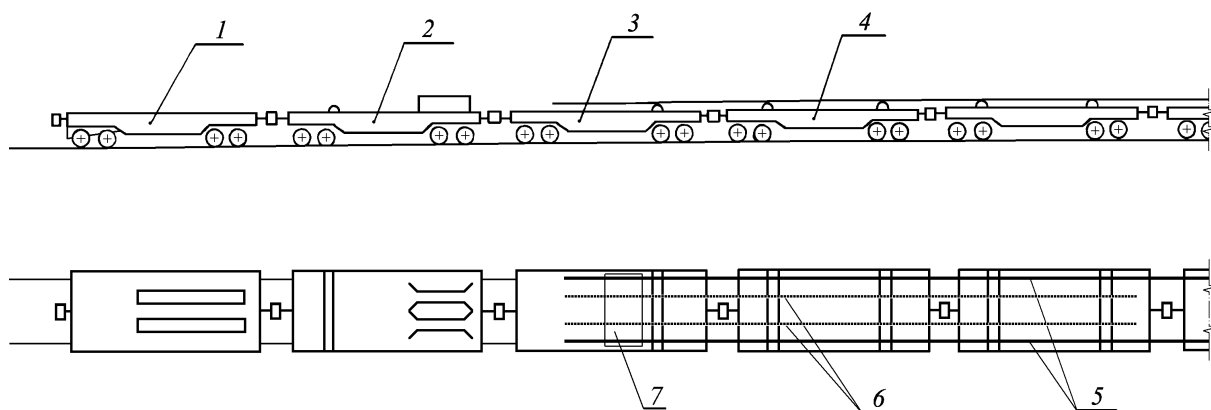


Рис. 2.3. Кінцева частина спеціального рейковозного поїзда перед навантажуванням плітей з колії:

1 – кінцева платформа № 58 (лоткова); 2 – платформа № 57 з протикантувальними пристроями; 3 – платформа № 56 з плитою для закріплення коротких рейкових плітей; 4 – платформа № 55; 5 – напрямні рейкові пліті; 6 – інвентарні навантажувальні пліті; 7 – плита для основного закріплення коротких рейкових плітей

Після прибуття рейкового поїзда до місця навантаження інвентарні навантажувальні рейки через лотки кінцевої платформи стягуються до тих пір, доки їхні кінці не ляжуть усередині колії на рейкошпальну решітку, вийшовши за межі платформи на 5–6 м, і не займуть горизонтальне положення, при якому стане можливим стикування з плітками, що лежать усередині колії. Для більш високої надійності процесу стягування інвентарних навантажувальних плітей із забезпеченням їхнього прицільного вивантаження доцільно використовувати додаткову рухому одиницю (наприклад тепловоз або дрезину), що знаходиться з боку кінцевої платформи та виконує й анкерні функції.

Після стягування кінців пари інвентарних навантажувальних плітей, припасування їх з передніми кінцями плітей, що підлягають навантажуванню, вони стикуються за допомогою накладок з використанням вкорочених стикових болтів. Протилежні кінці інвентарних навантажувальних рейкових плітей у цей час знаходяться на рейковозному поїзді (рис. 2.4).

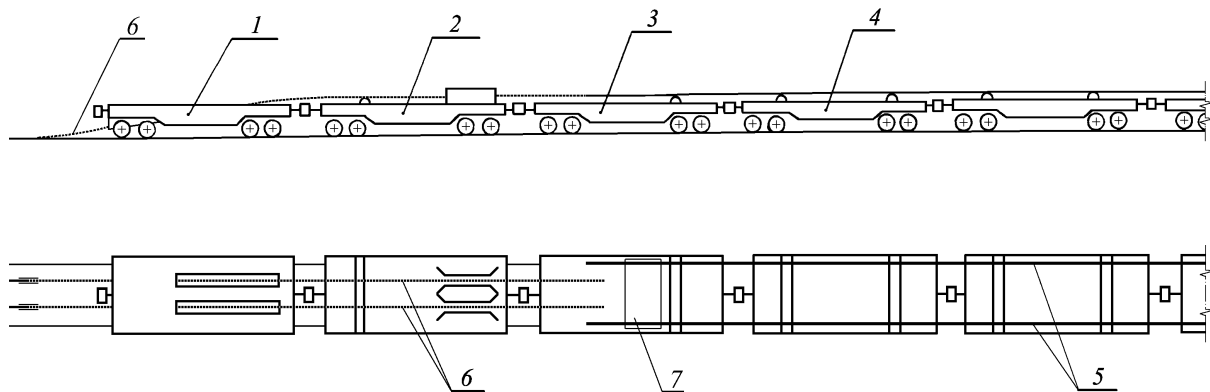


Рис. 2.4. З'єднання старопридатних плітей, що підлягають навантажуванню з інвентарними навантажувальними плітками після їхнього часткового стягування всередину колії:

- 1 – кінцева платформа № 58 (лоткова);
- 2 – платформа № 57 з протикантувальними пристроями;
- 3 – платформа № 56 з плитою для закріплення коротких рейкових плітей;
- 4 – платформа № 55;
- 5 – напрямні рейкові пліті;
- 6 – інвентарні навантажувальні пліті;
- 7 – плита для основного закріплення коротких рейкових плітей

Під задні кінці плітей, що будуть насуватися на рейковозний поїзд, встановлюється протикантувальний пристрій, що являє собою дві зварені між собою підкладки, до яких за допомогою клем прикріплюються кінці плітей (рис. 2.5).

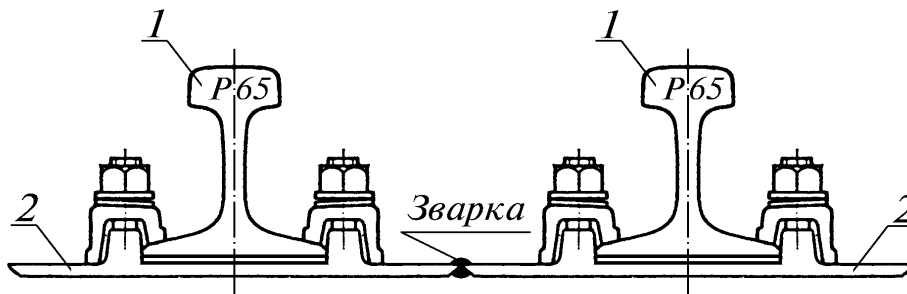


Рис. 2.5. Пристрій для закріплення старопродатних рейкових плітей проти кантування при їхньому навантажуванні на рейковозний поїзд:
1 – старопродатні рейкові пліті; 2 – підкладка КБ65 з клемним комплектом

Під час руху рейковозного поїзда зі швидкістю не більше 5 км/год його хвостовою частиною вперед відбувається насунання на нього рейкових плітей. Причому в початковий період насунання здійснюється до тих пір, доки стики між інвентарними рейками і плітями, що навантажуються, не опиняться проти кінців напрямних рейкових плітей, які знаходяться в крайніх створах біля бортів платформ. Рейковозний поїзд зупиняється.

Після зупинки рейковозного поїзда проводиться розстикування інвентарних навантажувальних рейок з плітями, що навантажуються. Далі за допомогою ломів, а краще порталним краном, кінці плітей, що навантажуються, переміщуються в поперечних напрямках у бік бортів з розташуванням їх у створах суміжних з напрямними плітями. Інвентарні навантажувальні пліті закріплюються в межах однієї з кінцевих платформ, залишаючись у середніх створах (рис. 2.6), а на передні кінці плітей, що навантажуються, встановлюються напрямні башмаки (лижі) пристрої

(ролики) (рис. 2.7), після чого рейковозний поїзд починає рухатися, забезпечуючи подальше насування плітей на нього до тих пір, доки протилежні кінці плітей не почнуть проковзувати по шпалах, на яких вони лежать усередині колії. Причому при навантажуванні кожної наступної пари плітей напрямними для них є попередні.

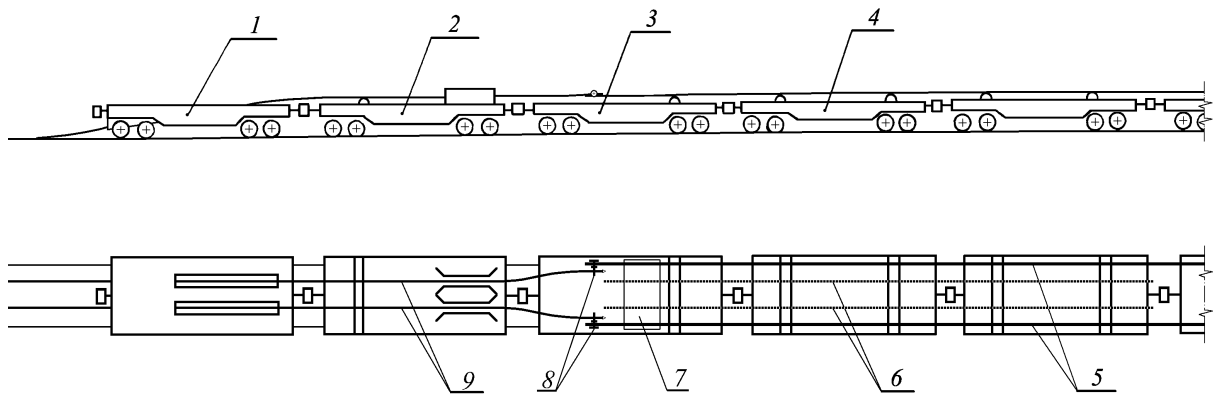


Рис. 2.6. Насування старопридатних рейкових плітей із забезпеченням відповідного напрямку пересування їх по рейкових створах:

1 – кінцева платформа № 58 (лоткова); 2 – платформа № 57 з протикантувальними пристроями; 3 – платформа № 56 з плитою для закріплення коротких рейкових плітей; 4 – платформа № 55; 5 – напрямні рейкові пліті; 6 – інвентарні навантажувальні пліті; 7 – плита для основного закріплення коротких рейкових плітей; 8 – напрямні ролики на передніх кінцях старопридатних рейкових плітей, що насуваються; 9 – старопридатні рейкові пліті

При навантажуванні декількох плітей підряд передні кінці кожної наступної пари плітей стикуються з задніми кінцями попередньої пари плітей і процес повторюється. При навантажуванні останньої пари плітей або при вибіркового навантажуванні плітей до їхніх задніх кінців завчасно приєднуються по дві пари 25-метрових рейок (рис. 2.8) на їхніх кінцях проти уgonу та проти кантування (рис. 2.9).

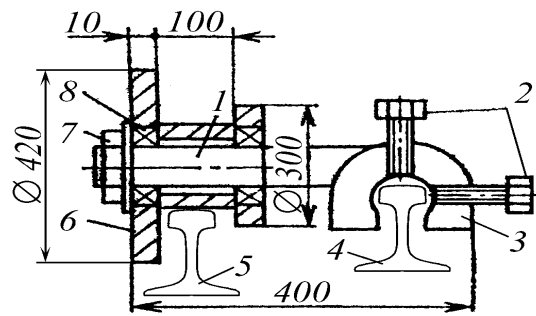


Рис. 2.7. Напрямний пристрій для насування рейкових плітей на рейковозний поїзд:

- 1 – вал; 2 – болт М18; 3 – скоба; 4 – рейкова пліть, що насувається;
- 5 – напрямна рейка; 6 – напрямний ролик; 7 – гайка М30;
- 8 – підшипник № 306

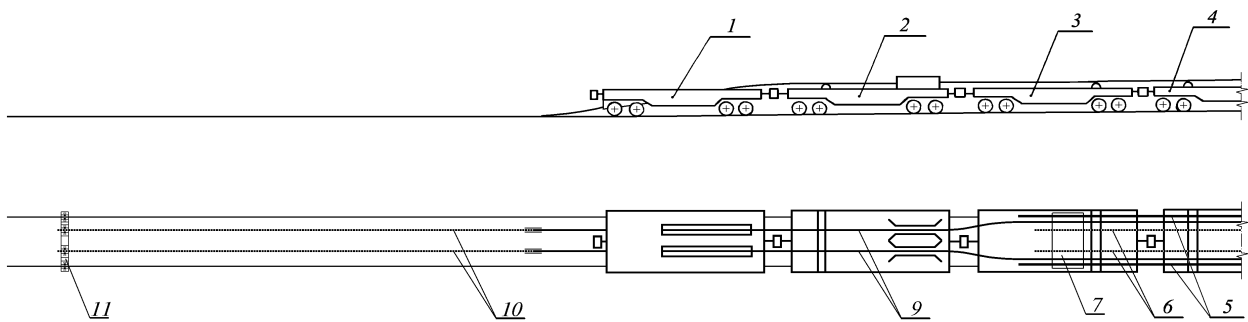


Рис. 2.8. Підготовка до насування кінцевої частини старопридатних рейкових плітей з використанням додаткових інвентарних рейкових плітей:

- 1 – кінцева платформа № 58 (лоткова); 2 – платформа № 57 з протикантувальними пристроями; 3 – платформа № 56 з плитою для закріплення коротких рейкових плітей; 4 – платформа № 55;
- 5 – напрямні рейкові пліті; 6 – інвентарні навантажувальні пліті;
- 7 – плита для основного закріплення коротких рейкових плітей;
- 9 – старопридатні рейкові пліті; 10 – інвентарні рейкові пліті;
- 11 – пристрій для закріплення плітей проти їхнього кантування та уgonу

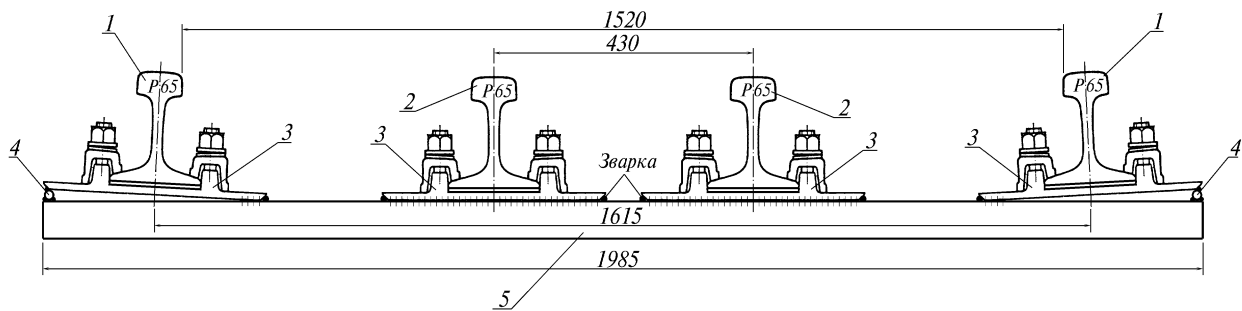


Рис. 2.9. Пристрій для закріплення протилежних кінців старопритатних рейкових плітей усередині колії при їх навантажуванні на рейковозний поїзд:

1 – колійні рейки; 2 – кінці старопритатних рейкових плітей або інвентарних навантажувальних рейок; 3 – підкладки КБ65 з клемними комплектами; 4 – стрижні для встановлення підкладок з нахилом 1:20 (\varnothing 18 мм); 5 – швелер № 14 (140×58×4,9)

Насування плітей продовжується до тих пір, доки передні кінці плітей, що навантажуються, не досягнуть закріплювальних пристроїв у голові рейковозного поїзда або не з'явиться можливість, що більше стосується коротких плітей, закріпити їх у середній чи кінцевій частині состава. При цьому кінцева платформа не має доходити до місця закріплення кінців плітей у колії ближче 8–10 м (рис. 2.10).

Далі рейковозний поїзд зупиняється, 50-метрові пліті, складені з 25-метрових рейок, від'єднуються від задніх кінців навантажувальних плітей і після зміни напрямку руху рейковозного поїзда в бік його голови стягуються всередину колії, звідки після розболчування вивозяться за допомогою ДГК з перегону.

За наявності в головній частині рейковозного поїзда моторної платформи з тяговими лебідками старопритатні пліті можуть дотягуватися до головної платформи тросами з наступним закріпленням у замках.

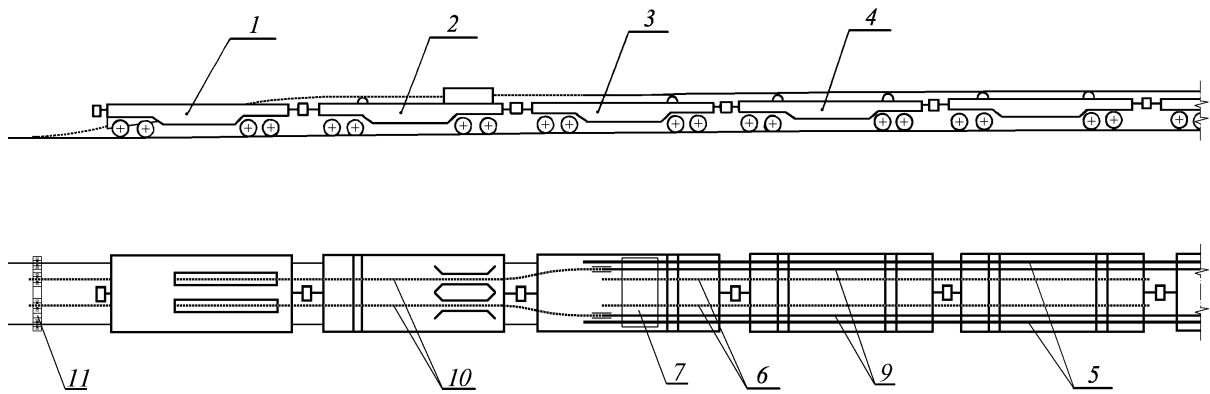


Рис. 2.10. Насування кінцевої частини старопридатних рейкових плітей з використанням додаткових інвентарних рейкових плітей:

1 – кінцева платформа № 58 (лоткова); 2 – платформа № 57 з протикантувальними пристроями; 3 – платформа № 56 з плитою для закріплення коротких рейкових плітей; 4 – платформа № 55; 5 – напрямні рейкові пліті; 6 – інвентарні навантажувальні пліті; 7 – плита для основного закріплення коротких рейкових плітей; 9 – старопридатні рейкові пліті; 10 – інвентарні рейкові пліті; 11 – пристрій для закріплення плітей проти їхнього кантування та угону

Старопридатні пліті, повністю або частково розташовані в кривих ділянках колії з радіусом менше 1200 м, перед їхнім навантаженням слід перетягнути до найближчої прямої ділянки. У разі гострої необхідності навантаження старопридатних плітей у кривих з радіусом менше 1200 м насування має здійснюватися відповідно до технології, але не парами, а по одній.

Рейковозний поїзд обслуговує бригада з п'яти осіб: трьох машиністів четвертого розряду і двох помічників машиніста третього розряду. У колії працює колійна бригада на чолі зі шляховим майстром. Загальне керівництво роботами з навантаження здійснюється посадовою особою дистанції колії не нижче старшого шляхового майстра.

2.7. Укладання рейкових плітей безстикової колії

2.7.1. Способи укладання

Як уже зазначалось, зараз безстикова колія на вітчизняних залізницях улаштовується у дві стадії: спочатку укладають рейко-шпальну решітку, використовуючи інвентарні рейки, а потім після стабілізації баластної призми інвентарні рейки заміняють зварними рейковими плітьми. Цей процес також виконується в декілька етапів:

- доставка зварних рейкових плітей до місця укладання;
- усунення інвентарних рейок і укладання зварних плітей безстикової колії;
- евакуація знятих з колії інвентарних рейок.

До цього часу на наших залізницях накопичений багатий досвід з заміни рейкових плітей безстикової колії. На початку його застосування через відсутність спеціальних машин і пристроїв ці роботи виконувались вручну. У подальшому з'явилися способи укладання плітей, в основі яких було різноманітне навісне обладнання до укладальних кранів, пристрої саночного типу і візки різних конструкцій. Так, у 1958 році інженером І. Д. Костенком була запропонована спеціальна траверса для підйимальної лебідки укладального крана, за допомогою якої одним краном проводилось укладання зварних рейкових плітей, другим, що йде попереду, – зняття і навантажування інвентарних рейок. У цей же час працівниками КМС-75 запропонований спосіб укладання плітей за допомогою спеціальної лижної рами. Ця рама дає змогу одним краном проводити одночасне прибирання інвентарних рейок і укладання зварних рейкових плітей, попередньо вивантажених усередині колії. До способів, що з'явилися в наступні роки, необхідно віднести і спосіб з використанням пристрою типу Білоруської залізниці і спосіб, запропонований інженером В. А. Козловським. Для укладання зварних плітей, крім навісного обладнання і пристроїв

саночного типу, також використовують і візки різних конструкцій. Перш за все це способи з застосуванням двох або чотирьох візків (рис. 2.11).



Рис. 2.11. Заміна інвентарних рейок на зварні пліті двома візками

Зараз на залізницях України найбільш розповсюджені способи укладання зварних плітей із застосуванням пристроїв саночного типу (рис. 2.12) і навісного обладнання для укладальних кранів (рис. 2.13). Навантажування інвентарних рейок здійснюється укладальним краном.

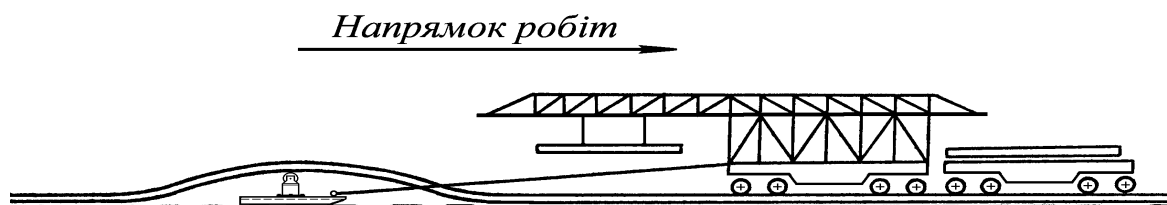


Рис. 2.12. Укладання зварних плітей безстикової колії з застосуванням пристрою саночного типу



Рис. 2.13. Укладання зварних плітей безстикової колії з застосуванням навісного обладнання (спеціальної траверси) для укладального крана

Вітчизняний і зарубіжний досвіди показують, що заміна інвентарних рейок на зварні пліті проводиться здебільшого у два етапи:

вивантажування всередину колії зварних плітей, заміна інвентарних рейок на попередньо вивантажені пліті. Це потребує цілого ряду непродуктивних витрат: по-перше, вивантажування плітей виконується як окремий вид робіт, що потребує перерви руху поїздів; по-друге, оскільки пліті, вивантажені всередині колії, укладають через декілька днів, тижнів, а то і місяців після їхнього вивантажування, то від впливу температури і динамічної дії поїздів, незважаючи на закріплення плітей усередині колії, відбувається їхній угон з усіма наслідками; по-третє, внаслідок несвоєчасного укладання рейкові пліті, що знаходяться довгий час усередині колії, створюють суттєві перешкоди для виконання колійних робіт на ділянці. У зв'язку з цим доцільно укласти їх безпосередньо з рейкового поїзда (рис. 2.14).

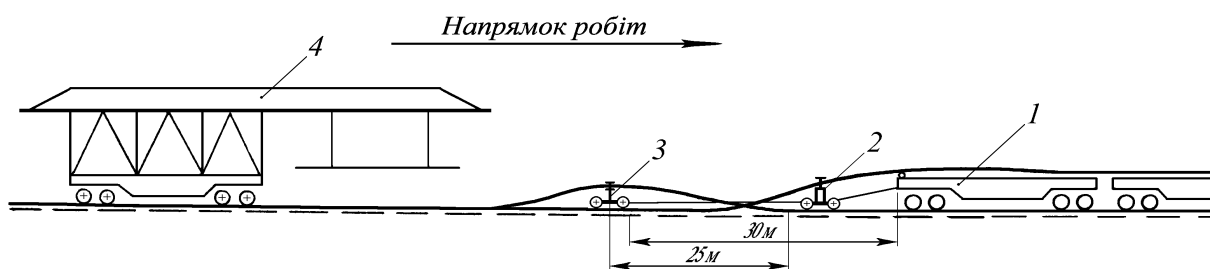


Рис. 2.14. Укладання зварних плітей безпосередньо з рейкового состава: 1 – кінцева платформа; 2 – напрямний візок для укладання плітей; 3 – візок для зсування інвентарних рейок; 4 – укладальний кран УК-25/9

2.7.2. Технологія укладання рейкових плітей з використанням пристроїв саночного типу

Робота з заміни інвентарних рейок довжиною 12,5 або 25 м на зварні рейкові пліті безстикової колії проводиться в підготовчий, основний і заключний періоди. До підготовчих робіт належить свердлення третіх болтових отворів на кінцях зрівнювальних рейок. Ця робота виконується

на виробничих базах. Тут же просвердлюють у шийках рейок за межами кінців шестиотвірних накладок отвори для стикових з'єднувачів.

Напередодні укладання плітей розвозять зрівнювальні рейки на місця зрівнювальних прогонів і зболчують їх між собою з кінцями вивантажених рейкових плітей шестиотвірними накладками.

Якщо при укладанні рейкові пліті закріплюють при температурі, що відповідає розрахунковому інтервалу, то зрівнювальні рейки укладають довжиною 12,5 м. За необхідності тимчасово закріпити рейкові пліті при температурі, що перевищує верхню межу розрахункового інтервалу, готують і тимчасово укладають у зрівнювальний прогін вкорочені рейки такої довжини, щоб при наступному розряджанні температурних напружень і закріпленні плітей на постійний температурний режим експлуатації в розрахунковому інтервалі замінити їх рейками довжиною 12,5 м. Як правило, у таких випадках використовують рейки, що мають стандартне вкорочення 40, 80 і 160 мм, тобто довжиною відповідно 12,46, 12,42 і 12,34 м.

Рейкові пліті, що укладають у колію, повинні мати довжину у відповідності з проектом. Усі відступи від проекту укладання плітей вносяться до виконавчого проекту, а місця початку і кінця плітей – Журналу обліку служби і температурного режиму рейкових плітей. До цього ж журналу керівник робіт вносить температуру закріплення рейкових плітей. Виписки з журналу не пізніше наступного дня після укладання плітей передаються в технічний відділ дистанції колії.

Перед укладанням зварних плітей проводять суцільне ущільнення баласту виправно-підбивальними машинами, оскільки рейкові стики інвентарних рейок під дією навантажень від поїздів, як правило, мають значні просідання.

Основні роботи з заміни інвентарних рейок на зварні рейкові пліті виконуються залежно від експлуатаційних умов ділянки колії, забезпеченості

КМС машинами, механізмами і обладнанням, а також укомплектованості кадрами за одним із технологічних процесів. Для механізованого насування на підкладки безстикових плит із застосуванням колієукладального крана УК-25/9, моторної платформи МПД, чотиривісних платформ з роликівими транспортерами використовують також спеціальний пристрій саночного типу (рис. 2.15).

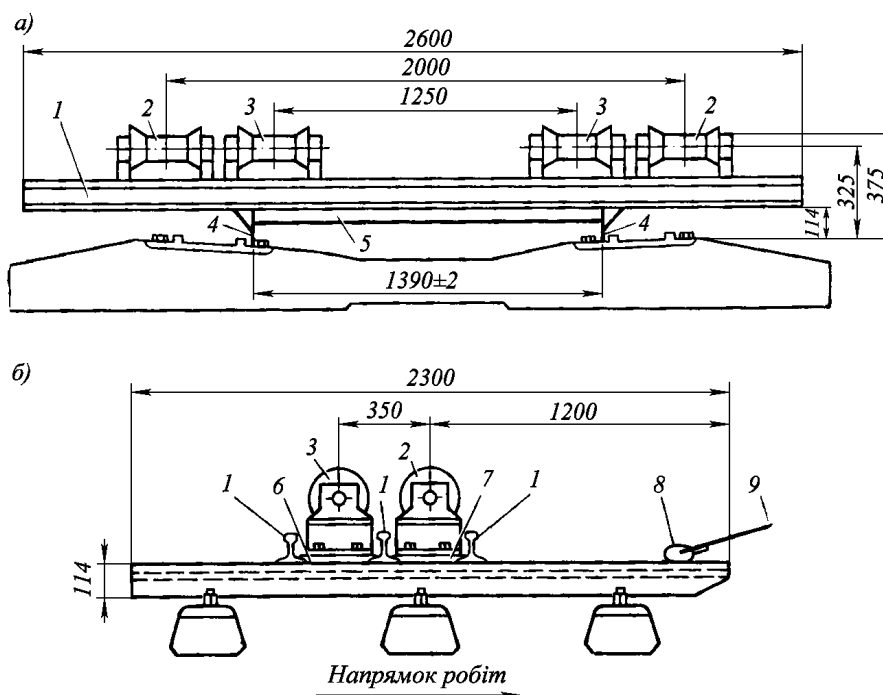


Рис. 2.15. Пристрій для насування зварних рейкових плитей на підкладки типу КБ:

а – вигляд уздовж колії; б – вигляд збоку; 1 – поперечні балки; 2 – зовнішні ролики для зсування інвентарних рейок за кінці шпал; 3 – внутрішні ролики для насування плитей на підкладки; 4 – полозки; 5 – кутики жорсткості; 6, 7 – опорні плити; 8 – провущина; 9 – тяговий трос

Роботи виконує КМС у складі 48 монтерів колії, шести машиністів, чотирьох сигналістів у «вікно» тривалістю 3,5 год на фронті довжиною 1600 м (рис. 2.16).

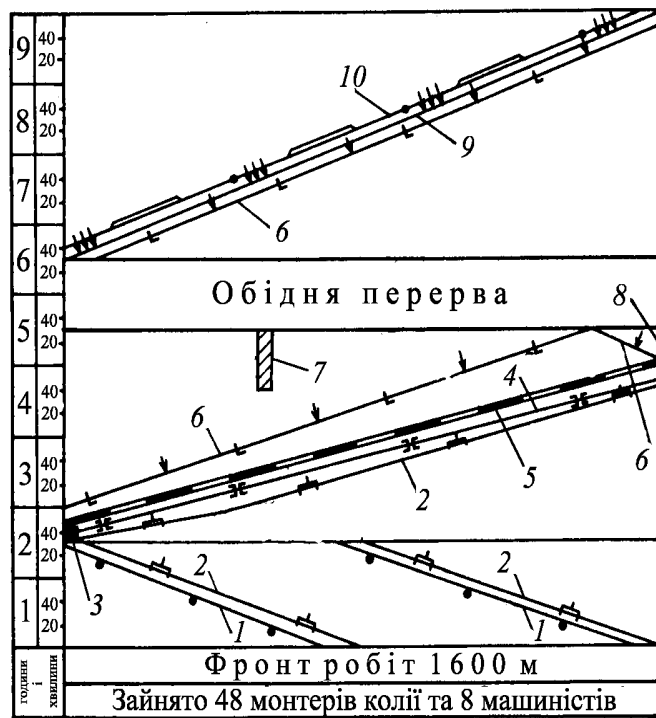


Рис. 2.16. Графік робіт з укладання рейкових плітей безстикової колії з застосуванням укладального крана УК-25/9 та пристрою саночного типу:

1 – виваження рейкових плітей зі встановленням їх на ролики; 2 – відкручування гайок клемних болтів і їх зняття з гнізд підкладок на кожній другій шпалі до «вікна» і нарешті у «вікно»; 3 – оформлення закриття перегону, пробіг машин до місця робіт і зняття напруги з контактної мережі; 4 – розболчування стиків і зняття накладок; 5 – зняття і навантажування інвентарних рейок укладальним краном з насуванням рейкових плітей на підкладки; 6 – встановлення клемних болтів у гнізда підкладок і закручування гайок на кожній другій шпалі у «вікно» і нарешті після «вікна»; 7 – обладнання ізолюючих стиків; 8 – заготівля та укладання рейкових рубок у кінці ділянки робіт; 9 – часткове виправлення колії з підбиванням шпал електрошпалопідбійками; 10 – опорядження баластної призми, докручування гайок клемних болтів, укладання переїзного настилу

До закриття перегону для руху поїздів по всьому фронту робіт протягом 1,5 год виконують такі роботи. Розбирають переїзний настил, розшивають тимчасово пришиті до дерев'яних напівшпал рейкові пліті всередині колії, встановлюють пліті на ролики і переміщують їх у потрібному поздовжньому напрямку до з'єднання їхніх кінців із зрівню-

вальними рейками. Одночасно відкручують на 1/3 нарізі гайки клемних болтів на двох шпалах підряд і знімають їх разом з клемами з підкладок, тимчасово залишаючи інвентарні рейки прикріпленими до кожної третьої шпали. На цей час швидкість руху поїздів обмежується до 60 км/год.

Після проходження останнього графікового поїзда сформований робочий поїзд відправляють до місця робіт за сигналами автоблокування. У цей же час поїзний диспетчер передає наказ про закриття колії для руху поїздів, що приймають чергові по станціях і керівник на місці робіт. Одночасно місце робіт огорожується сигналами зупинки. Після цього чотири колійні бригади відкручують усі гайки клемних болтів, залишаючи прикріпленими інвентарні рейки до передстикових шпал вісьма болтами. Потім цю роботу виконують ще 17 монтерів колії, а 14 монтерів двома групами по сім осіб розбирають стики інвентарних рейок через кожні 25 м колії.

Після прибуття до місця робіт робочого поїзда група з восьми монтерів колії і чотирьох машиністів заряджають пристрій для насування рейкових плітей, причіпляють його тросами довжиною 35–40 м до автозчепу колієукладального крана, знімають з підкладок і навантажують на кран інвентарні рейки, а потім, пересуваючись по фронту робіт із зупинками через кожні 25 м, насувають безстиківі пліті на підкладки. Роботи з укладання рейкових плітей виконують у темпі колієукладального крана.

Початкові кінці рейкових плітей зболчують з кінцями зрівнювальних рейок і після насування безстиківих плітей спочатку встановлюють клемні болти разом з клемами на кожній 12-й шпалі. У цей час на початку і в кінці закріплення кожної пари плітей вимірюють температуру рейок і середній із двох вимірів записують до Журналу обліку служби і температурного режиму плітей. Для обкатування укладених плітей пропускають локомотив або моторну платформу МПД. Потім встановлюють клемні болти разом з клемами на кожній другій шпалі. Після закінчення відкручування гайок

клемних болтів і розбирання рейкових стиків на інвентарних рейках, а також насування зварних рейкових плітей і навантажування інвентарних рейок монтери колії встановлюють решту клемних болтів разом з клемами і завертають їх гайками.

Після закінчення насування плітей на підкладки розряджають і навантажують на платформу пристрій для насування плітей і відправляють робочий поїзд на станцію. Наприкінці фронту робіт укладають комплект зрівнювальних рейок, з'єднують кінцеві стики рейкових плітей із зрівнювальними рейками. Завчасно готують і укладають рейкові «рубки», зболчують їхні стики з інвентарними рейками і закручують гайки клемних болтів. Після перевірки стану колії керівник робіт по телефону передає заявку про відкриття колії для руху поїздів зі швидкістю не більше 60 км/год, а працівникам надається обідня перерва.

Після обідньої перерви 16 монтерів колії докручують гайки клемних болтів, що ослабли після обкатування колії поїздами, а інші виправляють колію в місцях відхилення її за рівнем, поправляють баластну призму, приймають зі шпальних ящиків дерев'яні напівшпали та відновлюють настил на переїзді.

2.7.3. Технологія укладання плітей безстикової колії безпосередньо з рухомого складу

Для укладання рейкових плітей без їхнього попереднього вивантажування використовується додаткове обладнання до рейкового поїзда. До складу цього обладнання входять:

- кінцева платформа, обладнана безребордними проміжними опорами та вихідними роликами з уловлювачами, розташованими по ширині колії;
- напрямний візок з опорно-напрямними роликами для укладання плітей, що вивантажуються;
- візок для зняття і зсуву всередину колії інвентарних рейок.

Роботи з укладання зварних рейкових плітей безпосередньо з рейкового поїзда поділяються на підготовчі, основні та заключні. У підготовчий період частково розбирають постійний переїзний настил і влаштовують тимчасовий.

Основні роботи виконують протягом 2 год до закриття перегону, у «вікно» тривалістю 5 год і протягом 1 год після відкриття перегону (рис. 2.17).

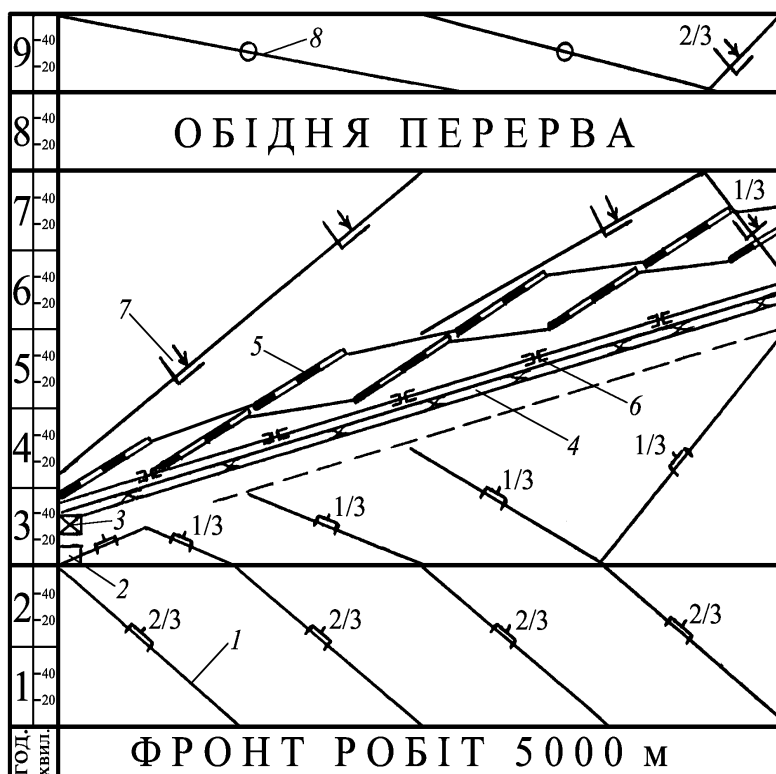


Рис. 2.17. Графік виконання робіт з заміни інвентарних рейок зварними рейковими плітями без їхнього попереднього вивантажування:

- 1 – відкручування гайок клемних болтів і вилучення їх із гнізд підкладок;
- 2 – оформлення закриття перегону;
- 3 – заряджання обладнання для укладання рейкових плітей;
- 4 – укладання рейкових плітей з рейкового поїзда з одночасним зсувом інвентарних рейок усередину колії;
- 5 – розболчування стиків інвентарних рейок;
- 6 – навантажування інвентарних рейок укладальним краном;
- 7 – установлення і закручування гайок клемних болтів

До закриття перегону монтери колії розбирають тимчасовий переїзний настил, відкручують гайки клемних болтів, залишаючи на кожній третій шпалі, і виймають клемні болти з гнізд підкладок. При цьому швидкість руху поїздів встановлюється не більше 60 км/год.

Господарський поїзд формують на станції, що обмежує перегін. Кінцева платформа рейкового поїзда відчіпляється, а на її місце причіпляється спеціально обладнана платформа, на якій знаходиться також і візок для зняття плітей. За кінцевою платформою знаходяться два укладальних крани з двома або трьома платформами кожний.

Після проходження останнього графікового поїзда частина монтерів колії відкручує гайки клемних болтів, що залишилися, і звільняє пліть від закріплення, у першу чергу на ділянці довжиною 900–1000 м від початку місця проведення робіт. Інші монтери колії, які працюють на розкріпленні і закріпленні плітей, знімають клемні болти, що залишилися в напрямку ходу виконання робіт.

Після прибуття укладального поїзда до місця робіт проводиться заряджання його обладнання для укладання плітей. Для цього укладальним краном вивантажують на колію візок для зняття і зсуву інвентарних рейок і розташовують його на відстані 30 м від платформи, з'єднуючи тросом з автозчепом платформи. Потім пліті, що знімаються, за допомогою порталних підіймачів або укладального крана заправляють між роликами візка. Двома тяговими лебідками крана або за допомогою локомотива пару зварних плітей опускають на колію через вихідні ролики кінцевої платформи з забігом відносно кінців рейок, що знаходяться в колії. Спочатку за допомогою пристрою для стикування, а потім накладками рейкові пліті, що укладаються, з'єднують з рейками, що лежать у колії.

Рухаючись зі швидкістю 3–4 км/год, рейковозний поїзд за допомогою візка забезпечує зсув усередину колії інвентарних рейок, а зварні пліті, що направляються вихідними роликами кінцевої платформи,

поступово спускаються з нього і укладаються на підкладки замість зсунутих інвентарних рейок. Під час руху укладального поїзда двоє працівників по обох рейкових нитках повинні постійно знаходитись у зоні відриву інвентарних рейок від підкладок і, у випадку підняття окремих шпал разом із рейками, провести їх осадження. Інша пара працівників, приблизно в тій самій зоні, до накатування візка повинна зняти гумові прокладки, що налипли до подошви інвентарних рейок, і встановити їх на місце до опускання зварних плітей на підкладки (рис. 2.18). За наявності на візку скребкових пристроїв працівники тільки встановлюють за необхідності гумові прокладки між ребордами підкладок.



Рис. 2.18. Укладання зварних плітей безпосередньо з рейкового поїзда

Після укладання плітей і одночасного зсування інвентарних рейок група монтерів колії розболчує кожний другий стик інвентарних рейок і знімає накладки. Перший укладальний кран з трьома платформами рухається за рейковозним поїздом, щоб дати фронт робіт для другого укладального крана з навантажування інвентарних рейок. Одночасно ця частина господарського поїзда обкатує укладені нові рейкові пліті, що зменшує витрати робочої сили при суцільному встановленні клемних болтів.

Як тільки утворюється достатній фронт роботи, другим укладальним краном проводиться навантажування інвентарних рейок 25-метровими плітьми. Одночасно навантажують накладки і болти з гайками. Через деякий час роботи з навантажування інвентарних рейок починає перший укладальний кран.

При наближенні кінців першої пари плітей до кінцевої платформи поїзд зупиняється і після стикування накладками з наступною парою плітей і з'єднаними з ними зрівнювальними рейками процес укладання продовжується.

Після закінчення робіт у потоці з відкручування гайок клемних болтів і розболчування стиків монтери колії переходять на закручування гайок клемних болтів уже після укладання зварних плітей – спочатку на кожній третій шпалі, а потім на решті шпал. Після виконання вказаних робіт перегін відкривається для руху поїздів зі швидкістю не більше 60 км/год, а працівникам надається обідня перерва.

Використовуючи цю технологію, пропонується у «вікно» тривалістю 5 год провести заміну плітей на ділянці довжиною близько 5000 м із залученням монтерів колії в кількості приблизно 95 осіб переважно для відкручування та закручування гайок клемних болтів.

3. ВІДНОВЛЕННЯ ЦІЛІСНОСТІ РЕЙКОВИХ ПЛІТЕЙ БЕЗСТИКОВОЇ КОЛІЇ

3.1. Загальні положення

При виявленні в рейковій пліті небезпечного дефекту слід вжити заходів до його усунення і відновлення рейкової нитки для безпечного руху поїздів. Практика експлуатації безстикової колії показала, що найбільшу частку всіх дефектів плітей складають поперечні тріщини контактного походження в головці рейки (рис. 21.2, за існуючою класифікацією дефектів рейок).

Заміна дефектної частини рейкової пліті та подальше відновлення її цілісності в основному проводиться у два або три етапи: короткострокове, тимчасове і остаточне відновлення.

При появі внутрішньої поперечної тріщини, якщо її межі виходять за середину головки рейки або вона вийшла на поверхню рейки, а також при наскрізному поперечному зломі з утворенням зазора менше 25 мм проводиться короткострокове відновлення для пропускання декількох поїздів. Для цього в місці пошкодження встановлюють шестиотвірні накладки, стиснуті струбцинами (рис. 3.1).

Поїзди протягом не більше трьох годин пропускаються цією ділянкою зі швидкістю до 25 км/год під безперервним наглядом спеціально виділеного працівника. Протягом вказаного часу має бути організоване тимчасове або остаточне відновлення рейкової пліті.

Якщо виявлено два і більше дефектів (за класифікацією дефектів – рис. 21.2 [5]) між двома зварними стиками або при наскрізному зломі утворився зазор більше 25 мм, то ставити на дефектне місце накладки, стиснуті струбцинами, забороняється. У таких випадках треба відразу проводити тимчасове або остаточне відновлення рейкової пліті.

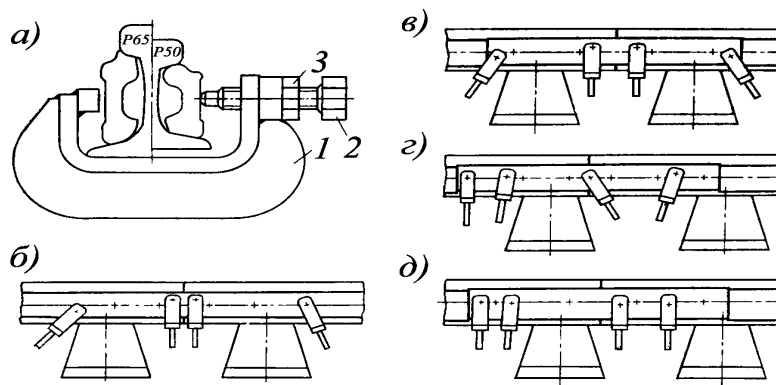


Рис. 3.1. Струбцина для стягування накладок при зломі рейкової плиті:
 а – загальний вигляд; б, в – схеми розташування струбцини при зломі рейки між шпалами відповідно типу Р50 і Р65; г, д – схеми розташування струбцини при зломі рейки на шпалі відповідно типу Р50 і Р65; 1 – скоба; 2 – болт М27; 3 – гайка М27

При виявленні тріщини, що не виходить на поверхню рейки, а її межі – за середину головки, допускається встановлення на пошкоджене місце шестиотвірних накладок з чотирма болтами так, щоб середина накладки співпадала з місцем дефекту. При цьому отвори для двох середніх болтів не свердяться, щоб запобігти розвитку дефекту в їхній бік. Після встановлення накладок поїзди пропускаються зі встановленою швидкістю. Для запобігання розтягуванню зазора і зрізуванню болтів у випадку наскрізного злому рейки під накладками підвищену увагу слід приділити закріпленню клемних і закладних болтів вздовж 50 м у кожен бік від дефектного місця. Місце з дефектом, взяте в накладки, необхідно оглядати при всіх перевірках колії, а рейки ретельно перевіряти дефектоскопними засобами. При виході тріщини, виявленої візуальним оглядом, на поверхню рейки або розповсюдженні тріщини за середину головки, виявленої дефектоскопними засобами, рейкова пліть має бути відновлена.

3.2. Тимчасове відновлення цілісності рейкових плітей

Роботами з тимчасового відновлення рейкової пліті керує дорожній майстер. Бригада, як правило, складається з шести монтерів колії, одного газозварника і двох сигналістів. До місця злому пліті з покілометрового запасу двома порталними кранами або іншими транспортними засобами підвозять рейку відповідного типу, зносу і довжини. Довжина цієї рейки складає 8-11 м, тобто менше стандартної, а кінці мають болтові отвори. Зменшена довжина рейки дає змогу згодом обрізати кінці частин пліті, що підлягають з'єднанню, з болтовими отворами і вварювати в пліть рейку стандартної довжини без болтових отворів.

На місці першого пропилю на рейковій пліті наносять риску на відстані не менше 3 м від краю злому або дефекту і 1 м від найближчого зварного стику. На місці другого пропилю риску відмічають попередньо (за довжиною підвезеної рейки). Два монтери колії з машиністом готують рейкорізальні і рейкосвердлильні верстати, приводять у робочий стан пересувну електростанцію, допомагають газозварнику в підготовленні установки автогену. На місці першого пропилю за шаблоном точно розмічають і рейкосвердлильним верстатом просвердлюють три отвори для стикових болтів. Чотири монтери колії на місці вирізаної частини пліті відкручують на 1/3 нарізі гайки клемних болтів, змазують їх і знову закріплюють на кожній третій шпалі, а на кожній із двох шпалах ці болти з клемами знімають. Потім ці ж монтери колії, поділившись на дві групи, докручують гайки клемних болтів по обидва боки від намічених пропилів рейкової пліті вздовж 50–70 м.

На момент закінчення підготовчих робіт дорожній майстер узгоджує з поїзним диспетчером необхідний час для вирізання і заміни дефектної частини пліті. Одержавши наказ про закриття перегону, огорожують місце робіт сигналами зупинки, встановлюють поперечні перемички і починають основні роботи.

Якщо роботу виконують при температурі вищій, ніж температура закріплення плітей, то в них діють стискальні сили, що ускладнюють різання. У таких випадках рекомендується спочатку вирізати газовим різакон кусок рейки довжиною 10–20 см в місці дефекту, а потім рейкорізальним верстатом обрізати кінці плітей на необхідних відстанях. Щоб кусок, який необхідно вирізати, не затискувало при подовженні кінців плітей, а також для забезпечення безпеки працівників необхідно вирізати його поступово (рис. 3.2).

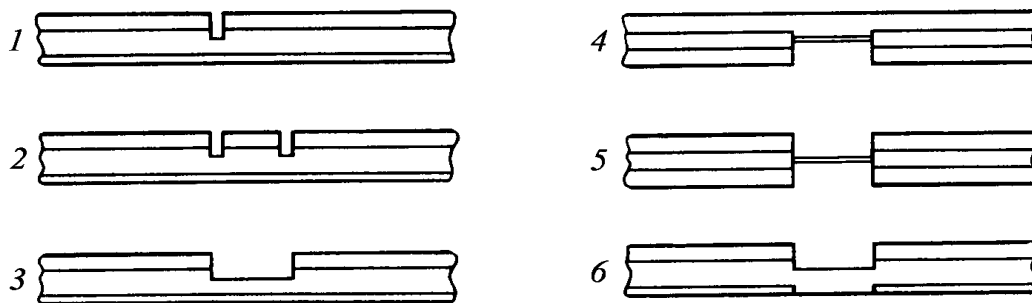


Рис. 3.2. Послідовність вирізання автогеном рейки з рейкової пліті:
 1–3 – місця різання при вигляді збоку; 4–5 – місця різання в плані;
 6 – випалювання останнього куска рейки

Спочатку по кінцях куска, який вирізають, прорізають усю головку і шийку до половини висоти. Потім частину рейки, що знаходиться між двома вертикальними прорізами, вилучають горизонтальним різанням, після чого на тій самій довжині 10–20 см вирізають дві частини підосви по обидва боки шийки. Частину шийки, що залишилась, поступово випалюють шляхом вертикальних переміщень різача до утворення вільного зазора. Якщо температура рейки не перевищує температуру закріплення пліті, то таке різання не потрібне. Потім уточнюють місце другого пропилю і двома рейкорізальними верстатами вирізають дефектну частину пліті.

Відстань між першим і другим пропилами, як і довжину підвезеної для укладання в колію рейки із покілометрового запасу, точно вимірюють сталлюю 20-метровою рулеткою. Відстань між пропилами має бути рівною точній довжині рейки, що укладається в колію, збільшеній на величину двох стикових зазорів, які влітку в жарку погоду не мають бути більше 3-4 мм, а взимку при низьких температурах – 8-10 мм.

Інші монтери колії в цей час знімають клеми з болтами, що залишилися на кожній третій шпалі вздовж частини пліті, яка підлягає вирізанню. Після вирізання дефектного місця один монтер колії просвердлює болтові отвори на другому кінці пліті, а інші пересувають вирізану дефектну рейку за кінці шпал і насувають на підкладки підвезену рейку.

Два монтери колії встановлюють у стиках накладки і стягують їх чотирма болтами в кожному стикі, а три монтери колії встановлюють клеми з болтами і закручують гайки клемних болтів. Бригадир перевіряє колію за шаблоном і рівнем. Одночасно зварювальник приварює стикові з'єднувачі, після чого знімає поперечні перемички. Після закінчення цієї роботи знімають переносні сигнали і відкривають колію для руху поїздів без обмеження швидкості.

Під кінець два монтери колії встановлюють у стиках болти, яких не вистачає, а чотири – докручують гайки клемних болтів. Після встановлення і закріплення всіх болтів бригада прибирає з колії дефектну рейку і поправляє баластну призму на місці робіт.

На ділянках з малою інтенсивністю руху поїздів тимчасове відновлення проводять в інтервалах між поїздами. Для цього місце робіт огорожують сигналами зупинки, а на поїзди видають попередження про обмеження швидкості в місці робіт 25 км/год. Роботи виконуються у відповідності з описаною вище технологією. Однак різання пліті рейкорізальними верстатами проводять в інтервалах між поїздами. Для пропускання поїздів верстати знімають з колії і прибирають за межі

габариту, а на місце пропилю встановлюють шестиотвірні накладки, стиснуті чотирма струбцинами. Для продовження різання пліті накладки не знімають, а пересувають у бік пліті, для чого з боку дефектної частини пліті струбцини знімають, а з іншого кінця – ослабляють.

Час між тимчасовим відновленням безперервності рейкових плітей і остаточним відновленням їхньої цілісності має бути якнайменшим. Тому, якщо в межах дистанції колії, де необхідно відновлювати цілісність рейкових плітей, складаються сприятливі умови для наявності і використання пересувної рейкозварювальної машини, необхідно відновлення цілісності рейкових плітей виконувати в один етап. У таких умовах виключається необхідність тимчасового відновлення безперервності рейкових плітей, що значно скорочує трудові та матеріальні витрати, а також перерви руху поїздів.

3.3. Остаточне відновлення цілісності рейкових плітей зварюванням

Остаточне відновлення цілісності рейкових плітей у колії проводиться електроконтактним способом пересувною рейкозварювальною машиною (ПРЗМ) з підвісними зварювальними головками типу К-355, К-920, К-921, К-922, К-930, К-945.

Коротку рейку, укладену при тимчасовому відновленні, вилучають із колії, а кінці плітей з болтовими отворами, що при цьому утворились, обрізають. Замість знятої рейки укладають і зварюють у пліть іншу рейку без болтових отворів, що відповідає рейковій пліті за типом, видом гартування і зносом. Довжина такої рейки має бути на 1,5–2 м більшою від тимчасово укладеної рейки.

У день виконання відновлювальних робіт до закриття перегону на станції, що обмежує перегін, готують пересувну рейкозварювальну

машину до роботи, зварюють і випробовують контрольні зразки рейок того самого типу, зносу, марки сталі і виду термічної обробки, що і пліть, яка підлягає відновленню. При зварюванні контрольних зразків, яких має бути не менше двох, обов'язково визначають фактичне зменшення довжини рейки на кожний зварний стик у результаті оплавлення і усадки металу. Приступати до відновлення плітей зварюванням можна тільки після одержання позитивних результатів випробування контрольних зразків зварних рейок. Роботи з відновлення рейкових плітей зварюванням, як правило, слід виконувати в розрахунковому інтервалі при температурі рейок не нижче температури закріплення пліті. Допускається остаточне відновлення при температурі, що відрізняється від температури закріплення в бік її зниження не більш ніж на 5 °С. Виключенням є тільки зварювання способом з попереднім натягуванням ділянки пліті.

Зварювальні роботи з відновлення рейкових плітей можуть виконуватися залежно від умов виконання робіт одним із трьох способів: повного розкріплення частини пліті, що приварюється, часткового розкріплення рейкової пліті з попереднім її вигином або розтягування ділянки пліті.

3.3.1. Відновлення цілісності способом поздовжнього насування частини пліті

Відновлення цілісності рейкової пліті таким способом проводять, якщо відстань від найближчого кінця пліті до місця зварювання менше 120 м [1]. Залежно від довжини вивільненої частини пліті колійна бригада складається з 8–12 монтерів колії і сигналістів, машиніста пересувної електростанції і бригадира колії. Роботи з відновлення проводять у три періоди: підготовчий, основний і заключний.

Усі підготовчі роботи проводять до надавання «вікна», причому рейки необхідної довжини підвозять заздалегідь. Інші підготовчі роботи

виконують у день надавання «вікна». Підготовчими роботами керує шляховий майстер. Після огороження місця робіт переносними сигналами бригада всім складом заміняє одну зрівнювальну рейку, що прилягає до кінця тієї частини пліти, яку необхідно звільнити від закріплення. Тимчасово укладають зрівнювальну рейку довжиною 12,38 м. В утворений розрив у стику для пропускання поїздів вставляють і закріплюють рейковий вкладиш, обмежуючи швидкість руху поїздів до 25 км/год. Після заміни зрівнювальної рейки чотири монтери відкручують на три-чотири оберти гайки клемних болтів по всій довжині частини рейкової пліти, що приварюється, до місця зварювання. Зі зміною довжини пліти один монтер заміняє рейкові вкладиші одного розміру іншим і закріплює болти струбцин. Інші монтери колії готують заміну тимчасової рейки на рейку, що вварюється, і вибирають баласт із шпальних ящиків у місцях зварювання.

Дорожній майстер помічає місце першого пропилу, ретельно вимірює рулеткою довжину рейки, призначеної для вварювання, підтримує зв'язок по телефону з поїзним диспетчером або черговим по сусідній станції і керує підготовкою до зварювання пліти. Довжина рейки, що вварюється, складається з відстані між першим і другим пропилами і запасу на оплавлення кінців рейок і усадку металу при зварюванні. Величина цього запасу в кожному стику складає, як правило, 40–50 мм, але обов'язково уточнюється при зварюванні контрольного зразка. На цьому підготовчі роботи закінчуються.

Після одержання наказу диспетчера про закриття перегону і огороження місця роботи переносними сигналами зупинки бригада приступає до виконання основних робіт під керівництвом начальника дільниці (старшого дорожнього майстра).

Коротшу частину пліти, що приварюється, звільняють від закріплення гайок клемних болтів на 9–10 обертів і підкладають під неї на

підкладки ролики діаметром 20–22 мм через кожні 15 шпал з тимчасовим вилученням підрейкових прокладок. Замість роликів можна укласти через кожні 10–12 шпал поліетиленові прокладки, що мають досить хороші антифрикційні властивості. У цьому випадку не потрібно вилучати основні рейкові прокладки. Після звільнення частини пліти від закріплення двоє monterів колії знімають з однієї половини стику, що з'єднує кінці рейкової пліти з тимчасовою рейкою, по три болти і встановлюють струбцини. У цей же час двоє інших monterів на стику пліти з зрівнювальною рейкою знімають вкладиш, встановлюють на стику гідравлічний розганяльний прилад і підтягують до тимчасово укладеної зрівнювальної рейки довжиною 12,38 м звільнену від закріплення пліть. Потім двоє monterів колії розбирають стики на обох кінцях тимчасової рейки. Чотири монтери колії відкручують гайки клемних болтів на тимчасових рейках і знімають клемні болти з клемами. Один монтер колії рейкорізальним верстатом обрізає за першою рисою кінець рейкової пліти з болтовими отворами. Пропил рейки має бути виконаний цілком вертикально.

Після прибуття зварювальної машини, наприклад ПРСМ-3 або ПРСМ-4, на місце робіт керівник, знаючи режим її роботи і точну довжину рейки, що вварюється, наносить риску другого пропила. Після цього обрізають другий кінець пліти з болтовими отворами. Після обрізання шліфувальник готує контактні поверхні шийки кінців рейок. Закінчивши розбирання стиків і зняття клемних болтів з клемами, вісім monterів колії замінюють тимчасову рейку на рейку, що вварюється.

Потім зварюють перший стик. Після зварювання і його механічної обробки зварювальну машину подають вперед для зварювання другого стику. Для пропускання зварювальної машини болти з клемами встановлюють і закріплюють на кожній десятій шпалі ввареної рейки. У цей час два монтери колії гідравлічним приладом пересувають звільнену від закріплення частину пліти в напрямку до зварювальної машини для зварювання другого стику.

Після зварювання другого стику вся колійна бригада заміняє тимчасово укладену вкорочену зрівнювальну рейку постійною, після чого двоє монтерів колії встановлюють на ній клемні болти з клемами і болти в стиках, а десять монтерів закручують гайки клемних болтів у напрямку від кінця пліті до місця зварювання. У цей же час вимірюють температуру рейки і фіксують її в Журналі обліку служби і температурного режиму рейкових плітей. Якість зварювання стиків перевіряють лінійкою довжиною 1 м і ультразвуковим дефектоскопом. При виявленні дефекту у зварному стикі з пліті вирізають частину рейки разом з дефектним місцем і замість неї укладають іншу рейку, повторно відновлюючи цілісність пліті. Після повернення рейкозварювальної машини на станцію, а також завершення закручування гайок клемних і стикових болтів і перевірки стану колії керівник робіт дозволяє відкрити перегін для руху поїздів.

3.3.2. Відновлення цілісності рейкових плітей способом попереднього вигину

Якщо дефектне місце в пліті знаходиться на відстані більше 120 м від її кінця, то роботи з остаточного відновлення пліті зварюванням попереднім способом ускладнюються, оскільки зростає опір поздовжньому пересуванню цієї частини пліті, а також значно збільшується об'єм робіт з розкріплення і закріплення пліті. Крім того, у процесі поздовжнього пересування рейкових плітей до місця зварювання неминуче будуть утворюватися в них небажані укладально-технологічні напруження, що призведе до необхідності їх зняття шляхом розряджання. Тому в таких випадках застосовують спосіб зварювання рейкових плітей з попереднім вигином, розроблений і вперше запроваджений на Південній залізниці.

Цей спосіб дає можливість проводити зварювання рейкових плітей при частковому розкріпленні і попередньому вигині кінця пліті, що приварюється, залишаючи частину її закріпленою клемними болтами (рис. 3.3). Таке часткове розкріплення на незначному відрізку близько 30–

40 м дає змогу зберегти розрахунковий температурно-напружений стан на частині пліти, що залишилась, і зводить до мінімуму фронт зварювальних робіт.



Рис. 3.3. Попередній вигин частини рейкової пліти при проведенні зварювальних робіт

Особливістю способу є зварювання кінців рейкових плітей за допомогою припасувальної рейкової вставки l_{np} без болтових отворів, для вварювання якої і робиться попередній вигин ділянки рейкової пліти з певною стрілою вигину f . Для забезпечення якості зварного з'єднання обов'язковою умовою має бути наявність залишкової кривизни зі стрілою вигину f_0 рейкової пліти після зварювання замикального стику № 2 (рис. 3.4). Після охолодження металу у зварних з'єднаннях № 1 і № 2 залишкова кривизна ліквідується, і рейкова пліть примусово встановлюється на підкладки, після чого закріплюється клемними болтами.

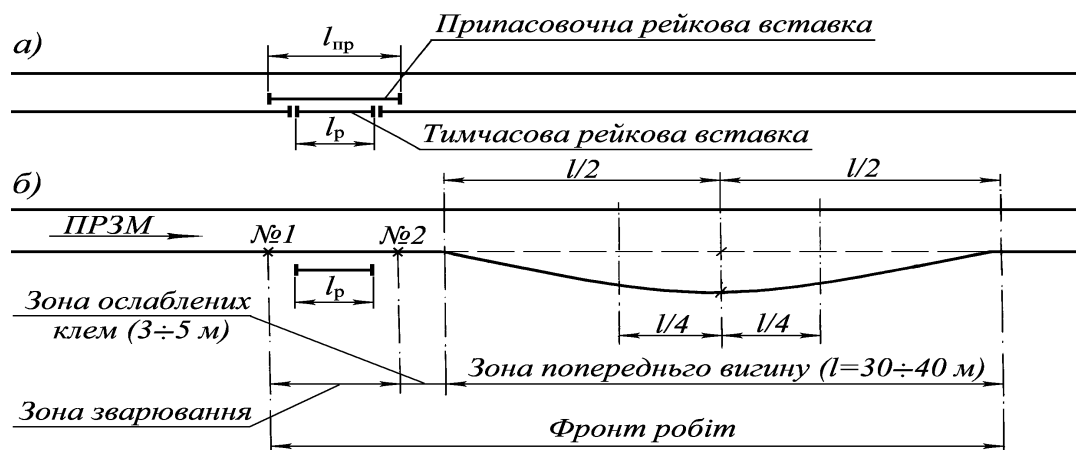


Рис. 3.4. Технологічна схема місця проведення зварювальних робіт способом попереднього вигину рейкової пліті:

а – тимчасове відновлення безперервності рейкової пліті;

б – остаточне відновлення цілісності рейкової пліті

У процесі примусової ліквідації залишкової стріли вигину, як у зварних з'єднаннях, так і рейковій пліті, на фронті проведення зварювальних робіт утворюються певної величини стискальні напруження, які і забезпечують якість зварних з'єднань. Між стрілою вигину f і величиною переміщення кінцевої частини пліті, що приварюється, внаслідок її вигину існує залежність (рис. 3.5). Крім того, існує також залежність між стрілою вигину і величиною стискальних напружень (рис. 3.6). Дотримання вказаних параметрів дає змогу не тільки контролювати процес зварювання рейкових плітей із забезпеченням високої якості зварних з'єднань, а й створювати стискальні напруження цілком певної величини, тобто відновлювати не тільки цілісність рейкових плітей, а також їхній температурно-напружений стан. Для цього залежно від різниці між температурою закріплення рейкової пліті і температурою, при якій виконуються зварювальні роботи, приймають необхідну величину залишкової стріли вигину (рис. 3.6), а ще раніше приймають необхідну величину запасу (крім запасу на оплавлення і усадку) для створення стискальних напружень після ліквідації залишкової кривизни (рис. 3.5).

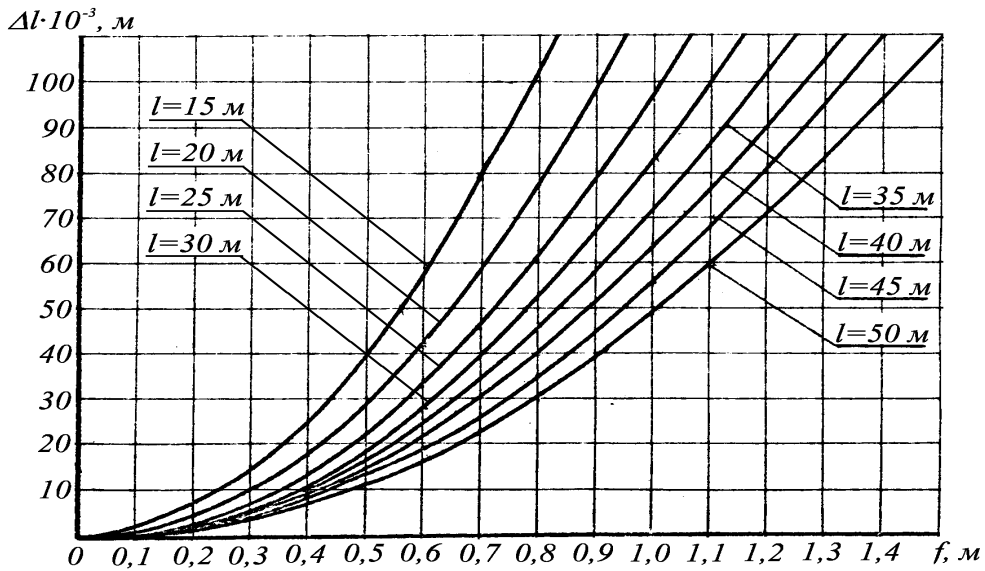


Рис. 3.5. Залежності переміщення кінцевої частини пліті від стріли вигину і довжини її викривленої частини

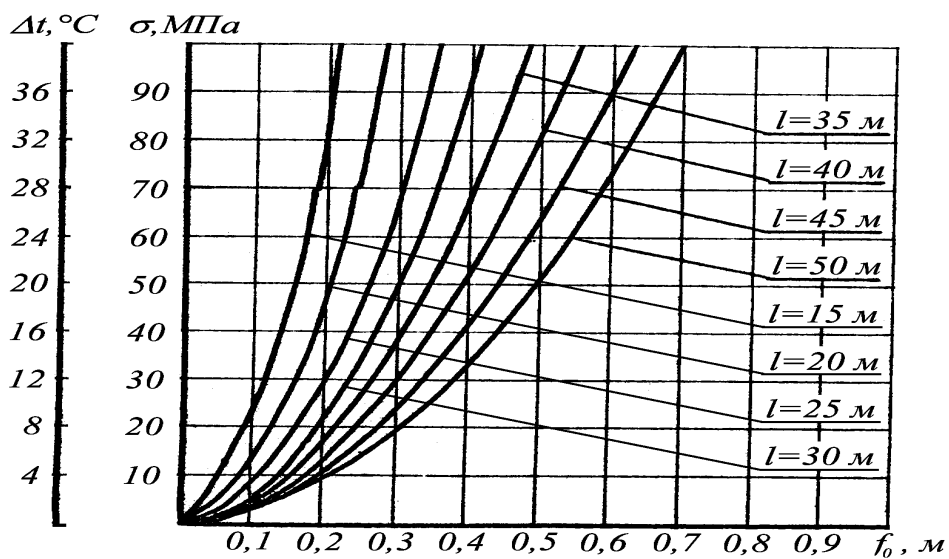


Рис. 3.6. Залежності напружень і зміни температури від залишкової стріли вигину

Приклад. Рейкові пліті були закріплені при $t_3 = +24$ °С, температура рейок при проведенні зварювальних робіт $t_p = +36$ °С. Різниця температур складає $t_p - t_3 = 12$ °С. Виходячи з цієї різниці температур і довжини викривленої частини пліті $l = 35$ м за відповідним графіком $\Delta t = \phi(f_0, l)$

(рис. 3.6) знаходять величину залишкової стріли вигину $f_o = 270$ мм. Для створення кривизни з такою стрілою необхідно додатково в довжині припасувальної рейкової вставки закласти запас $\Delta l_o = 5$ мм (рис. 3.5). Отже, при завершенні зварювальних робіт і випрямленні вказаної вище залишкової кривизни в рейковій пліті буде відновлено і її температурний режим, що відповідає температурі закріплення $t_3 = +24$ °С.

Зварювальні роботи з остаточного відновлення цілісності рейкової пліті виконуються бригадою монтерів колії у складі 8–10 осіб під керівництвом старшого дорожнього майстра. Вони поділяються на підготовчі, основні та заключні.

Підготовчі роботи виконуються в день надання «вікна» за одну годину до початку основних. Під час виконання підготовчих робіт обмежується швидкість руху поїздів до 25 км/год. До складу підготовчих робіт входять такі операції:

- огороження відповідними сигнальними знаками місця проведення робіт;
- розстановка по фронту робіт виконавців і засобів малої механізації;
- розмічування фронту робіт із зазначенням місць обрізання кінців рейкової пліті, місця вварювання припасувальної рейки, зони ослаблених клем і зони попереднього вигину (рис. 3.4);
- визначення довжини припасувальної рейки;
- заготовлення припасувальної рейки і обрізання кінців рейкової пліті з болтовими отворами та взяття місць розпилу в струбцини при пропусканні поїздів;
- часткове зняття клемних болтів (на кожних чотирьох із п'яти шпал) у зонах вварювання припасувальної рейки і попереднього вигину;
- додаткове закріплення клемних болтів на прилеглих до місця робіт 100-метрових ділянках;

– укладання трьох спеціальних підкладок-ковзанів у зоні попереднього вигину з розташуванням їх посередині ділянки вигину та на відстані 5 м по обидва боки від середини;

– вирізання баласту в шпальних ящиках, у яких розташовані зварні з'єднання;

– зняття з передстикових шпал клемних і закладних болтів, підкладок, нашпальних гумових прокладок для зручності встановлення зварювальних головок ПРЗМ і центрування рейок перед зварюванням.

Місця обрізання кінців рейкової пліти доцільно намічати в середині шпальних ящиків. До закриття перегону і прибуття до місця робіт ПРЗМ підготовчі роботи мають бути закінчені.

Пересувна рейкозварювальна машина до закриття перегону знаходиться на одній із станцій, що обмежують перегін. Відправлення ПРЗМ на перегін здійснюється у відповідності з Інструкцією з руху поїздів і маневрової роботи на залізницях України [7]. На ділянках, обладнаних автоблокуванням, дозволяється за узгодженням з поїзним диспетчером відправляти ПРЗМ на місце проведення робіт за сигналами автоблокування після останнього поїзда за графіком, не очікуючи закриття перегону.

До прибуття ПРЗМ до місця робіт монтери колії знімають струбцини і клеми на тимчасовій рейці. Потім знімають тимчасову рейку і укладають на її місце припасувальну рейку, стикуючи кінці рейок у стику № 1 і розташовуючи їх з випередженням у стику № 2. Після прибуття ПРЗМ до місця робіт її переводять із транспортного в робочий стан, після чого зварювальники готують кінці рейок, що підлягають зварюванню (шліфуванню), і зварюють їх у стику № 1. Після закінчення зварювання стику знімають з нього ґрат, проводять його нормалізацію (бажано повітряно-водяною сумішшю) і обробляють зварний шов по всьому периметру шліфувальним верстатом. У цей час монтери колії ослаблюють гайки клемних болтів у так званій зоні ослаблених клем і повністю їх знімають у зоні попереднього вигину (рис. 3.4).

Основні роботи виконуються у «вікно» тривалістю в одну годину (рис. 3.7).

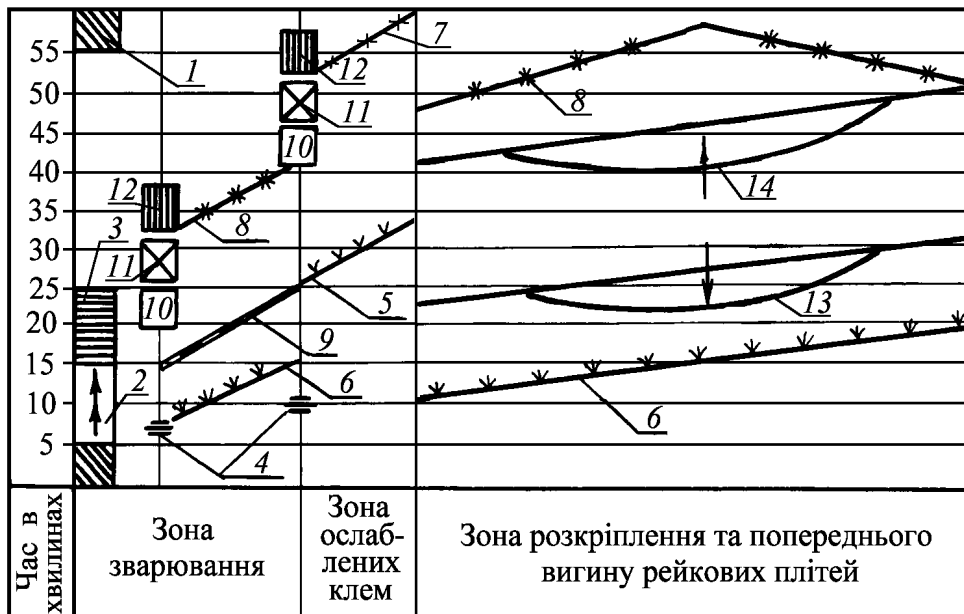


Рис. 3.7. Графік виконання основних робіт у «вікно» при відновленні цілісності рейкової пліти зварюванням способом попереднього вигину: 1 – оформлення закриття і відкриття перегону; 2 – проїзд ПРЗМ до місця робіт; 3 – приведення ПРЗМ у робочий і транспортний стан; 4 – зняття струбцин; 5 – ослаблення клемних болтів; 6 – зняття клемних болтів; 7 – затягування клемних болтів; 8 – встановлення і затягування клемних болтів; 9 – заміна тимчасової рейки на рейкову вставку; 10 – підготовка стиків до зварювання; 11 – зварювання стиків; 12 – обробка стиків шліфуванням; 13 – вигин рейкової пліти; 14 – випрямлення залишкової кривизни і встановлення пліти на підкладки

Після цього розкріплену частину пліти монтери колії трохи підіймають над ребордами підкладок і згинають у горизонтальній площині, пересуваючи її по підкладках-ковзанах. Згинання пліти необхідно закінчувати, коли її кінець порівняється з кінцем раніше привареної припасувальної рейкової вставки в стику. Здійснивши так стикування рейок у стику № 2, монтери колії на припасувальній рейці встановлюють і

закріплюють клеми, а зварники готують кінці рейок до зварювання в цьому стику і зварюють їх.

Після зварювання стику № 2 його, аналогічно до стику № 1, обробляють. Одночасно з цим монтери колії примусово випрямляють залишкову кривизну вигнутої частини пліті, укладаючи її на підкладки з наступним встановленням і закріпленням клемних болтів.

При зварюванні стиків № 1 і № 2 необхідно контролювати витрати прийнятого запасу по довжині рейкової вставки на оплавлення і усадку двох стиків $2\Delta l_1$, а також запас на створення залишкової кривизни Δl_0 . При правильному проведенні процесу зварювання і технології робіт після зварювання замикального стику № 2 прийнята величина запасу $2\Delta l_1$ має бути повністю витрачена, тобто $2\Delta l_1 = 0$. Залишається тільки запас Δl_0 , що після ліквідації залишкової кривизни забезпечує створення в рейковій пліті поздовжньої стискальної сили. На цьому основні роботи у «вікно» закінчуються. ПРЗМ переводиться з робочого в транспортний стан і відправляється на станцію, а перегін відкривається для руху поїздів. Перші два поїзди пропускаються через місце робіт зі швидкістю 40 км/год, наступні – зі встановленою швидкістю.

Заключні роботи виконуються тим самим контингентом, що і основні, під керівництвом бригадира колії і направлені на приведення колії на фронті робіт у стан, що забезпечує безпечне пропускання поїздів із встановленою швидкістю. До їхнього складу входять:

- встановлення клемних болтів у повному обсязі та їх закріплення по всьому фронту робіт;
- встановлення раніше знятих елементів рейкового скріплення на пристикових шпалах;
- засипання баластом вирізаних шпальних ящиків у зоні зварних з'єднань;
- виправлення колії по рівню на фронті робіт і 50-метрових ділянках по обидва боки від нього;

- перевірка засобами дефектоскопії якості зварних з'єднань;
- маркування зварних з'єднань у встановленому порядку.

Після закінчення заключних робіт керівник заносить до Журналу обліку служби і температурного режиму плітей головні параметри технології робіт (дата, температура рейки, довжина припасувальної рейкової вставки, прийнятий запас, величина залишкової стріли вигину).

3.4. Удосконалення технології остаточного відновлення рейкових плітей

Технологія відновлення рейкових плітей безстикової колії, в основі якої лежить спосіб попереднього вигину частини рейкової пліті, як уже зазначалось, має цілий ряд суттєвих переваг перед технологією, побудованою на способі поздовжнього насування частини рейкової пліті, що приварюється. Але до цього йшлося про технологію остаточного відновлення з попереднім вигином пліті в горизонтальній площині. В основному вигин при цьому способі виконується вручну бригадою монтерів колії у складі 8–10 осіб за допомогою гострокінцевих ломів. При проведенні робіт після зварювання другого замикального стику випрямлення залишкової кривизни виконується також вручну тією самою кількістю монтерів колії.

Не дивлячись на трудомісткість і небезпечність робіт з утворення і ліквідації вигину, до цього часу їх так і не вдалося механізувати. Це пов'язано перш за все з тим, що вигин у горизонтальній площині неминуче призводить до заклинювання підшви рейки, що вигинається, ребордами підкладок. Це створює додатковий, часто нездоланий, опір підтягуванню частини рейкової пліті в процесі зварювання. У зв'язку з цим з'явилась і на сьогодні випробувана в експлуатаційних умовах на Південній і Південно-Західній залізницях нова технологія відновлення цілісності рейкових

плітей зварюванням, в основу якої покладено спосіб попереднього вигину частини рейкової пліти у вертикальній площині.

3.4.1. Основні теоретичні передумови при вигині частини рейкової пліти у вертикальній площині

Неодмінною умовою, яка забезпечує якість зварного з'єднання, є стикування кінців плітей, що зварюються, при якому виключається наявність кута між ними. В умовах обмеженого прогону це досягається за рахунок так званої зони ослаблених клем. Однак це неминуче призводить до появи згинальних моментів в опорних перерізах. При вигині у вертикальній площині цього допускати не можна, тому що величина цих моментів на кінцях вигнутої частини пліти за певних умов може виявитися достатньою для підймання шпал з баласту. Тому ця частина рейкової пліти розглядається як балка, що лежить вільно, з відсутністю згинальних моментів у місцях відриву її від основи, а опорні реакції в цих перерізах розглядаються як зосереджені сили [8]. У зв'язку з цим розрахункова схема являє собою двопрогонову нерозрізну балку, середня опора якої знаходиться вище від крайніх (рис. 3.8). Причому довжина прогонів – величина змінна і залежить від висоти підймання.

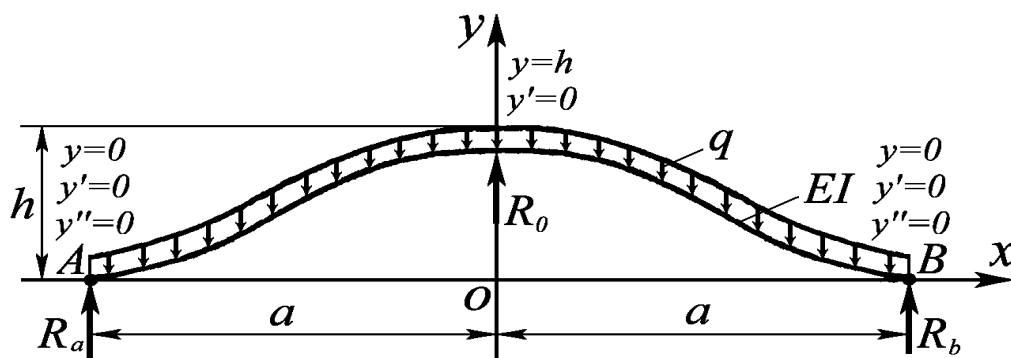


Рис. 3.8. Розрахункова схема для визначення параметрів напружено-деформованого стану рейкової пліти при вигині її у вертикальній площині в процесі зварювальних робіт

Через те що вигин пліті в процесі зварювальних робіт проводиться на її кінцевій частині, де поздовжня сила (тим більше при знятих клемах) практично відсутня, задачі подібного типу зводяться до розв'язання диференціального рівняння вигляду

$$\frac{d^4 y}{dx^4} = -\frac{q}{EI}, \quad (3.1)$$

де q – погонна вага рейки;

EI – згинальна жорсткість рейки.

Після розв'язування рівняння (3.1) з урахуванням граничних умов (рис. 3.8) одержані такі формули:

– для визначення довжини вигнутої частини пліті

$$a = 2,914 \sqrt{\frac{h \cdot E \cdot I}{q}} \quad \text{або} \quad 2a = 5,824 \sqrt{\frac{h \cdot E \cdot I}{q}}; \quad (3.2)$$

– рівняння пружної лінії

$$y_x = -h \left[3 \left(\frac{x}{a} \right)^4 - 8 \left(\frac{x}{a} \right)^3 + 6 \left(\frac{x}{a} \right)^2 - 1 \right]; \quad (3.3)$$

– рівняння згинальних моментів

$$M_x = \frac{12h \cdot E \cdot I}{a^2} \left[3 \left(\frac{x}{a} \right)^2 - 4 \left(\frac{x}{a} \right) + 1 \right]; \quad (3.4)$$

– рівняння поперечних сил

$$Q_x = \frac{48h \cdot E \cdot I}{a^3} \left(\frac{3x}{2a} - 1 \right), \quad (3.5)$$

де h – висота підймання (стріла вигину рейкової пліті).

3.4.2. Визначення параметрів, що забезпечують умови самовипрямлення при ліквідації залишкової кривизни

Однією з переваг способу з попереднім вигином ділянки пліти у вертикальній площині є використання власної ваги рейки для випрямлення залишкової кривизни. Самовипрямлення може відбутись тільки при залишковій стрілі вигину певної величини, яка визначається з умов рівноваги всіх зусиль, що виникають у результаті перерозподілу їх після звільнення середньої частини зігнутої ділянки рейкової пліти від опори. У зв'язку з цим необхідно визначити граничне значення залишкової стріли вигину, починаючи з якого під дією власної ваги пліть може бути випрямлена, а також інші параметри напружено-деформованого стану в процесі зварювальних робіт.

Після звільнення рейкової пліти від опори в середній частині вигнутої ділянки пліти (рис. 3.9) на її кінцях виникає поздовжня сила (розпір), величина якої визначається з рівняння рівноваги

$$N \cdot h = \frac{12h \cdot E \cdot I}{a^2}, \quad (3.6)$$

де права частина являє собою згинальний момент у відповідності з формулою (3.4) при $x = 0$.

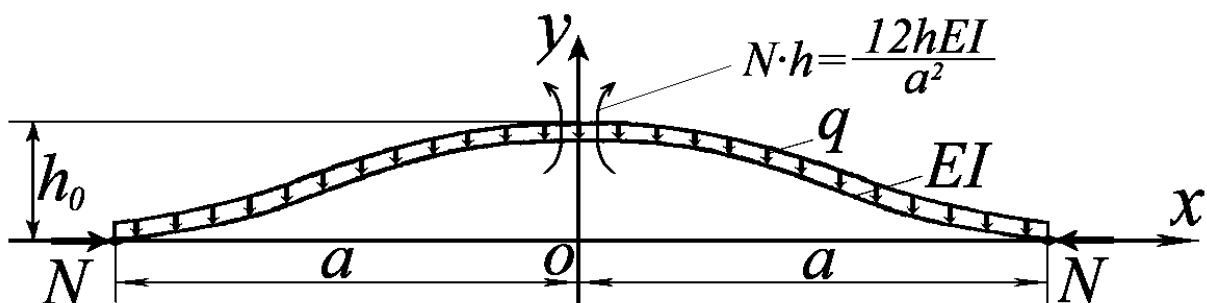


Рис. 3.9. Розрахункова схема для визначення умов, що забезпечують самовипрямлення залишкової кривизни

$$M_{x=0} + \frac{q \cdot a^2}{2} + N \cdot h - q \cdot a^2 = 0 \text{ або} \quad (3.7)$$

$$\frac{12h \cdot E \cdot I}{a^2} - \frac{q \cdot a^2}{2} + N \cdot h = 0$$

тоді

$$N = \frac{q \cdot a^2}{2h} - \frac{12E \cdot I}{a^2}, \quad (3.8)$$

де всі позначення ті самі.

Після підстановки в рівняння (3.8) довжини напівхорди a із формули (3.2) одержимо вираз для визначення величини поздовжньої сили, що виникає в пліті при звільненні її від опори в середині вигнутої частини

$$N_h = \sqrt{\frac{2q \cdot E \cdot I}{h_o}}, \quad (3.9)$$

де h_o – величина залишкової стріли вигину рейкової пліті після звільнення її від опори в середині вигнутої частини.

У той же час для ліквідації залишкової стріли вигину необхідно подолати поздовжню силу N_o , що, за законом Гука, визначається як

$$N_o = \frac{\Delta l}{2a} \cdot EF, \quad (3.10)$$

де Δl – різниця між довжиною викривленої частини пліті l і довжиною хорди $2a$, тобто $\Delta l = l - 2a$;

E – модуль пружності рейкової сталі ($E = 2,1 \cdot 10^6$ кг/см²);

F – площа поперечного перерізу рейки.

Довжина вигнутої частини пліті визначається за формулою

$$l = 2 \int_0^a \sqrt{1 + \left(\frac{dy}{dx}\right)^2} \cdot dx \quad (3.11)$$

або відповідно до рівняння (3.3)

$$l = 2 \int_0^a \sqrt{\left[\left(\frac{12h \cdot x(x-a)^2}{a^4}\right)\right]^2 + 1} \cdot dx \cdot \quad (3.12)$$

Довжина вигнутої частини пліті визначається чисельним інтегруванням методом Сімпсона відносно рейок типу Р65, для яких $q = 0,65$ кг/см, при значеннях h від 10 см до 100 см з кроком 10 см.

Результати обчислень різниці Δl між довжиною вигнутої частини пліті та відповідною хордою залежно від висоти підймання (стріли вигину) h наведені в табл. 3.1 та у вигляді графіка (рис. 3.10).

Таблиця 3.1

Результати обчислення $\Delta l = f(h)$

$h, \text{ см}$	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
$\Delta l, \text{ см}$	0,081	0,272	0,553	0,915	1,352	1,861	2,436	3,078	3,782	4,547

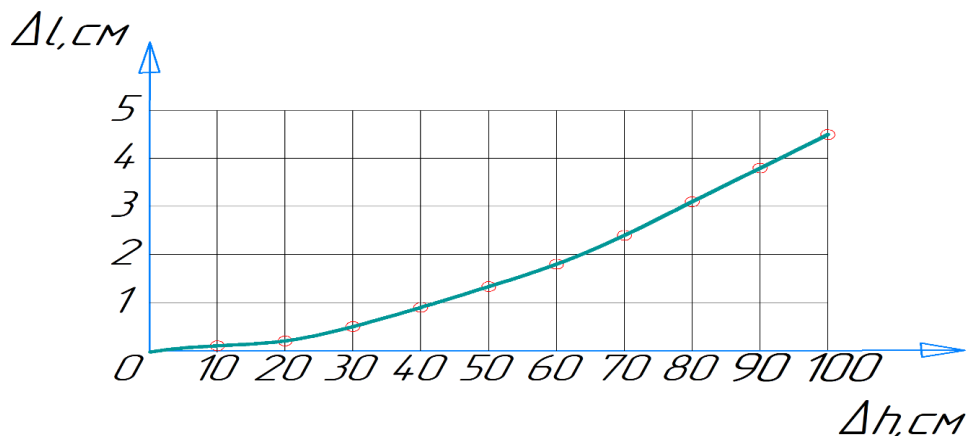


Рис. 3.10. Графік залежності $\Delta l = f(h)$

Графік має вигляд степеневі функції вигляду $\Delta l = bh^a$, що після обробки методом найменших квадратів набула для рейок типу Р65 вигляду

$$\Delta l = 0,00144h^{1,75} \text{ або } \Delta l = 0,00144h^{7/4}. \quad (3.13)$$

Після подальших перетворень відносно всіх типів рейок ця формула набула вигляду [9]

$$\Delta l = 0,4706 \sqrt[4]{\frac{q \cdot h_o^7}{E \cdot I}}. \quad (3.14)$$

Після підстановки до виразу (3.10) виразів (3.2) і (3.14) одержана формула для визначення сили N_o , подолання якої призведе до випрямлення залишкової кривизни

$$N_o = 0,08075 \cdot F \sqrt{\frac{q \cdot h^3 \cdot E}{I}}. \quad (3.15)$$

Для самовипрямлення залишкової кривизни необхідно, щоб виконувалась умова

$$N_h \geq N_o.$$

Тобто, користуючись виразами (3.9) і (3.15), складено нерівність

$$N_h = \sqrt{\frac{2q \cdot E \cdot I}{h_o}} \geq 0,08075 \cdot F \sqrt{\frac{q \cdot h^3 \cdot E}{I}}, \quad (3.16)$$

з якої

$$h_o \leq 4,185 \sqrt{\frac{I}{F}}, \quad (3.17)$$

де I і F – відповідно момент інерції та площа перерізу рейки відповідного типу.

Отже, для забезпечення умов самовипрямлення залишкової кривизни необхідно, щоб залишкова стріла не перевищувала величини, визначеної за формулою (3.17).

У табл. 3.2 наведені значення такої стріли для різних типів рейок.

Таблиця 3.2

Максимальна залишкова стріла вигину для різних типів рейок

Тип рейки	Момент інерції перерізу рейки I , см	Площа поперечного перерізу рейки F , см ²	Залишкова стріла h_o , см
P50	2018	65,9	23
P65	3548	82,6	27
P75	4490	96,1	29
UIC60	3055	76,9	26

Із виразу (3.15) одержана формула для визначення стискальних напружень σ_o , що виникають у рейці після ліквідації залишкової кривизни

$$\sigma_o = 0,08075 \sqrt{\frac{q \cdot h^3 \cdot E}{I}} . \quad (3.18)$$

Так, при самовипрямленні залишкової кривизни можна створити стискальні напруження, скажімо в рейках P65, 371 кг/см² (\approx 37 МПа), що в перерахунку на різницю температур складе близько 15 °С. А це означає, що при виконанні зварювальних робіт без примусового випрямлення рейок можна відновлювати не тільки цілісність рейкових плітей, а й їхній температурний режим у межах до 15 °С.

3.4.3. Особливості технології проведення зварювальних робіт способом попереднього вертикального вигину

При підготовці і проведенні зварювальних робіт способом попереднього вертикального вигину перш за все необхідно керуватися такими положеннями:

– зварювальні роботи виконуються безпосередньо в колії пересувною рейкозварювальною машиною, у комплекті обладнання якої має бути гідравлічний рейковий підйомний пристрій (у подальшому рейковий підйомник) для вигину рейкової пліти у вертикальній площині (рис. 3.11);

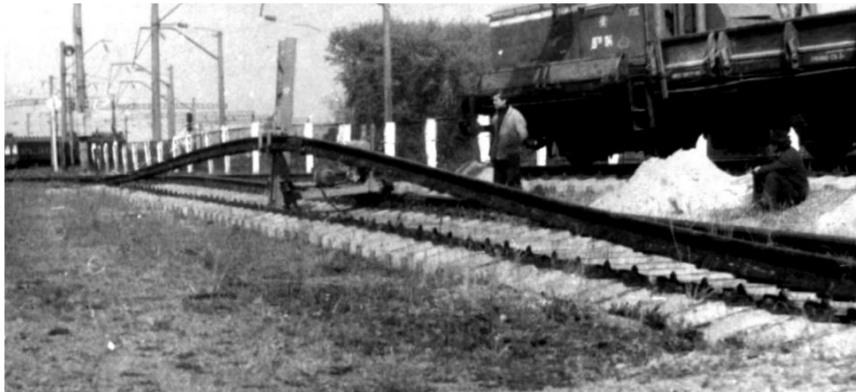


Рис. 3.11. Вертикальний вигин рейкової пліти за допомогою гідравлічного підйомника

– зварювальні роботи виконуються силами контингенту, що обслуговує ПРЗМ, а підготовчі, основні і заключні колійні роботи – силами однієї колійної бригади у складі п'яти-шести монтерів колії;

– керування роботами здійснюється посадовою особою не нижче начальника дільниці (старшого шляхового майстра), добре обізнаною з технологією зварювання цим способом;

– до проведення основних робіт на станції, що обмежує перегін, необхідно зварити два-три контрольних зразки і встановити фактичну величину витрат металу на оплавлення та усадку при зварюванні одного стику, про що повідомляється керівнику робіт для врахування її при заготівлі рейкової вставки;

– довжина припасувальної рейкової вставки l_{np} приймається з урахуванням розміщення зварних з'єднань усередині шпальних ящиків, а довжина ділянки пліти, що вирізається, визначається за формулою

$$l_s = l_{np} - (2\Delta l_1 + \Delta l_0), \quad (3.19)$$

де $2\Delta l_1$ – величина запасу на оплавлення і усадку металу в процесі зварювання двох стиків;

Δl_0 – величина запасу, необхідна для одержання залишкової стріли вигину h_0 після зварювання другого стику;

– у процесі проведення зварювання рейкових плітей керівник робіт і майстер зварювальної машини повинні контролювати витрати прийнятого запасу і за необхідності вносити поправки;

– при обрізанні рейкових кінців з болтовими отворами не допускається косина різку, а всі вимірювання стосовно процесу зварювання виконуються з точністю до 1 мм.

Увесь комплекс робіт, як уже зазначалось, включає підготовчі, основні та заключні роботи, склад яких аналогічний розглянутому в підрозд. 3.3. Разом із тим існують додаткові роботи або дії та їхні особливості, викликані вигином рейкової пліті у вертикальній площині. Так, для визначення величини запасу при заготівлі рейкової припасовувальної вставки, а також інших параметрів вигину необхідно користуватися формулами (3.2), (3.14), (3.17), (3.18). Швидше ці параметри можна одержати з графіків, що наочно відображують ці формули стосовно рейок Р65 (рис. 3.12) [10].

Приклад. Рейкова пліть була закріплена при температурі $+20\text{ }^\circ\text{C}$, а зварювальні роботи проводяться при температурі пліті $+28\text{ }^\circ\text{C}$, тобто $\Delta t = 8\text{ }^\circ\text{C}$. Крім того, відомо, що зварювальна машина витрачає 50 мм металу на оплавлення і усадку на один стик.

Спочатку за графіком малих значень $\Delta t = f(h)$ (рис. 3.12, а) визначається величина залишкової стріли вигину, що відповідає $\Delta t = 8\text{ }^\circ\text{C}$ ($\sigma_0 = 20\text{ МПа}$), - 0,25 м (порядок визначення показаний стрілками). Потім за графіком $\Delta l = f(h)$ визначається величина запасу на створення залишкової стріли вигину, величина якого дорівнює 4 мм. Тоді сумарний

запас за довжиною рейкової вставки, що вварюється, у цьому випадку складатиме 104 мм. Оскільки вигинають пліть тільки після зварювання першого стику, для з'єднання кінців рейок у стику № 2 необхідно підняти середину розкріпленої частини пліті на 1100 мм при довжині вигнутої частини 61 м (рис. 3.12, б).

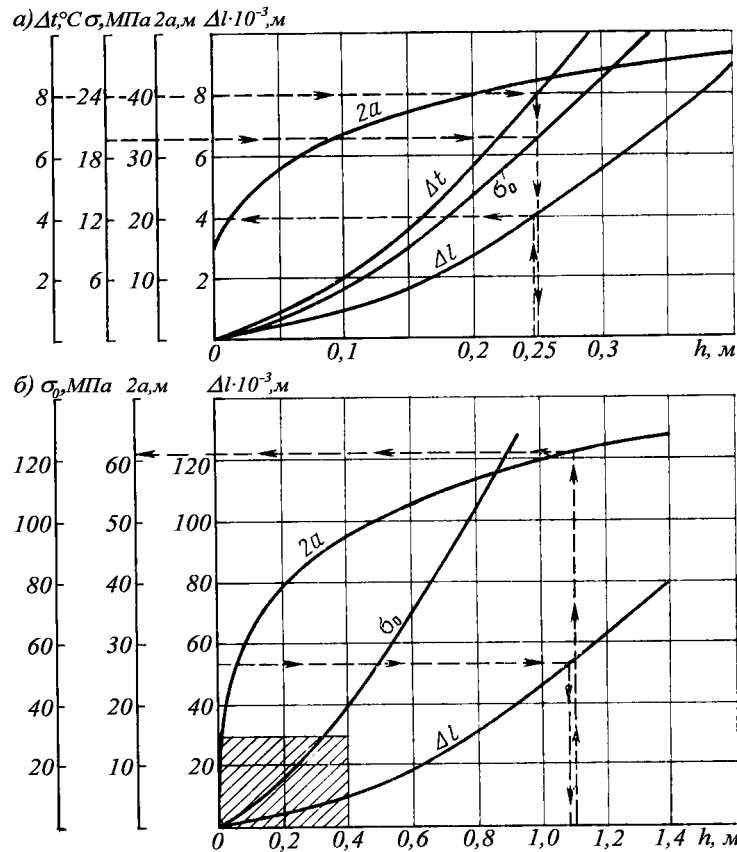


Рис. 3.12. Графіки для визначення параметрів зварювального процесу залежно від висоти підймання пліті h :

а – при малих значеннях; б – при $h > 0,4$ м; 1 – величина пересування кінцевої частини пліті Δl при її вигині; 2 – довжина ділянки попереднього вертикального вигину $2a$; 3 – напруження в пліті σ_o за рахунок ліквідації залишкової кривизни; 4 – різниця між температурою закріплення пліті та її температурою під час зварювальних робіт Δt

Одержані в такий спосіб параметри є обов'язковими при проведенні зварювальних робіт у цих умовах.

Після прибуття на місце зварювальних робіт ПРЗМ зупиняється посередині ділянки вигину для вивантажування гідравлічного підйомника, а потім від'їжджає назад і зупиняється в зоні зварювання першого стику (рис. 3.13). Зварювальну машину і гідравлічний підйомник переводять із транспортного в робочий стан. Одночасно з цим двоє monterів колії знімають струбцини зі стиків, а інші знімають клемні болти, що залишились у зоні рейкової вставки, після чого всі п'ять-шість monterів колії знімають вирізану частину і укладають на її місце рейкову вставку для вварювання. Укладаючи на підкладки, рейкову вставку стикують з кінцем рейкової плити в першому стикі, а в другому стикі кінці розташовують з випередженням, оскільки довжина вставки більша довжини вилученої частини на величину згаданого вище запасу.

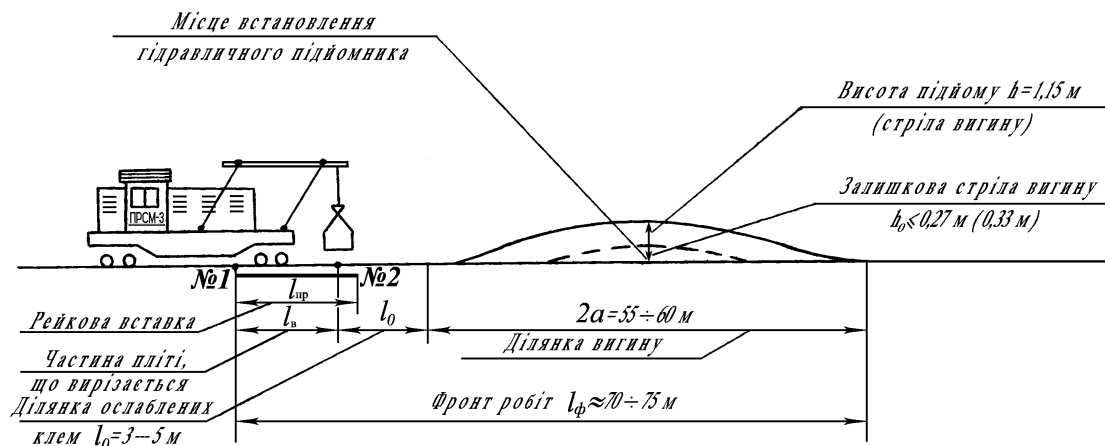


Рис. 3.13. Технологічна схема проведення зварювальних робіт способом попереднього вертикального вигину рейкової плити

Після зачищення бокових поверхонь рейок приступають до зварювання першого стику, який потім обробляється шліфуванням по всьому периметру. У той же час монтери колії ослаблюють клемні болти на ділянці між рейковою вставкою і зоною попереднього вигину і повністю знімають їх у зоні самого вигину. Після цього за допомогою

гідравлічного підйомника рейкова пліть вигинається до тих пір, доки розташовані з випередженням у другому стику кінці рейок не стикуються. Як правило, це відбувається, коли стріла вигину (висота підймання) складає 1,10–1,15 м.

Після стикування кінців рейок у другому стику монтери колії встановлюють і закріплюють клемні болти на ділянці рейкової вставки і ослаблених клем. У той же час зварюється, а потім обробляється другий стик. Зі зварюванням другого стику необхідно в циліндрах підйомника періодично зменшувати тиск для забезпечення подачі рухомого кінця пліті в бік зварювання за рахунок зменшення стріли вигину.

При правильному веденні зварювального процесу за рахунок дотримання нормативного витрачання металу, пов'язаного з його розігріванням, оплавленням і усадкою, після зварювання другого замикального стику має повністю розійтися в запас $2\Delta l_1$, і залишиться тільки запас Δl_0 , прийнятий для створення стискальних напружень у рейковій пліті після ліквідації залишкової стріли вигину.

Після деякого охолодження металу в другому зварному стику повністю знімається тиск у гідроциліндрах – саме так складаються умови для самовипрямлення рейкової пліті під дією власної її ваги. Цього можна досягти у випадку, коли температура рейкової пліті під час робіт буде перевищувати її температуру закріплення не більш ніж на 8–9 °С. При більшій різниці, але не більше 12 °С, допускається примусове випрямлення шляхом обтискання вигнутої частини пліті клемами. Після того як зварена рейкова пліть встановлена на підкладки, монтери колії встановлюють і закріплюють клемні болти по всьому фронту робіт. Бригада зварювальників переводить зварювальну машину ПРЗМ і гідравлічний підйомник у транспортний стан, навантажує підйомник на машину і відправляє на станцію. На цьому закінчуються основні роботи у «вікно», і перегін відкривається для руху поїздів.

Після відкриття перегону бригада монтерів колії виконує заключні роботи, до складу яких входять:

- встановлення і закріплення болтів по всьому фронту робіт;
- заповнення баластом вирізаних раніше шпальних ящиків і виправлення колії по всьому фронту робіт за допомогою електрошпалопідбійок;
- перевірка засобами дефектоскопії якості зварних з'єднань;
- після пропускання двох-трьох поїздів проводиться повторне підтягування гайок клемних і закладних болтів, включаючи 50-метрові ділянки, що прилягають до фронту робіт.

На цьому закінчується процес остаточного відновлення рейкової пліти зварюванням способом попереднього вертикального вигину.

3.5. Електроконтактне зварювання рейкових плітей способом їх розтягування

Ці технічні вказівки визначають порядок і умови виконання робіт. Цей спосіб застосовується при остаточному відновленні контактним зварюванням цілісності рейкових плітей безстикової колії, а також при зварюванні рейкових плітей між собою в процесі ліквідації зрівнювальних прогонів при подовженні рейкових плітей у польових умовах, насамперед при температурі рейок нижче температури закріплення зварюваних плітей. Це стало можливим з появою машин нового покоління К-920, К-921, К-922, К-930, К-945 із зусиллям осадки від 1000 до 1500 кН і повним ходом штоків гідроциліндрів від 90 до 400 мм (табл. 3.3).

Підвісні рейкозварювальні машини (головки) призначені для електроконтактного стикового зварювання рейок площею поперечного перерізу від 65 до 100 см² зі зняттям ґрату безпосередньо після зварювання в польових умовах.

Таблиця 3.3

Показники робочих параметрів зварювальних машин

Параметр		Тип зварювальної машини						
		К-355	К-900	К-920	К-921	К-922	К-930	К-945
Номінальна напруга джерела живлення, В		380	380	400	400	400	–	–
Вторинна напруга, В		6,3	6,3	6,0	6,0	6,0	–	–
Номінальний вторинний струм, А		395	395	540	540	540	–	–
Номінальний робочий тиск у гідросистемі, МПа		10	10	22	20	21	–	–
Номінальне зусилля осадки, кН		450	500	1000	1500	1200	1200	1200
Повний робочий хід гідроциліндрів, мм		70	70	90	140	100	200	400
Маса, кг		2375	2600	3500	4200	3100	–	–
Час зварювання для рейок Р65, с	При безперервному оплавленні	180	180	180	180	180	–	–
	При пульсуючому оплавленні	–	90	90	90	90	–	–

Зварювання рейок машинами здійснюється в режимі пульсуючого оплавлення автоматично за програмою, закладеною в мікропроцесорний контролер, через швидкодійну гідравлічну систему. Мікропроцесорний контролер забезпечує передачу основних параметрів зварювання для запису на комп'ютері з висновком про якість зварювання («Норма» або «Брак»). Безпосередньо після завершення процесу зварювання виконується зняття ґрату по всьому контуру рейки.

Виходячи з технічних можливостей машин (високі зусилля осадження і затиснення рейок з великим ходом штоків циліндрів осадження), вони забезпечують підтягування рейкових плітей у процесі зварювання і без

попереднього вигину рейкової пліті. При цьому збільшується продуктивність виконання робіт і знижується їхня трудомісткість. Перед зварюванням пліть попередньо натягується за допомогою гідропривода зварювальних машин, у яких комп'ютеризована система керування дає змогу застосовувати різні програми зварювання і створювати відповідне натягування.

Технічні можливості машин дають змогу здійснювати натягування пліті від 90 до 400 мм з подальшим зварюванням.

Використання можливостей машин нового покоління дає змогу виконувати зварювання рейкових плітей за трьома варіантами залежно від температурних умов:

- метод попереднього вигину рейкової пліті (перший варіант);
- метод натягування рейкової пліті (другий варіант – основний);
- метод підтягування рейкових плітей (третій варіант).

3.5.1. Основні вимоги до виконання робіт за технологією контактного зварювання рейкових плітей з їхнім розтягуванням

Роботи зі зварювання рейкових плітей при остаточному відновленні цілісності рейкових плітей безстикової колії при ліквідації зрівнювальних прогонів безстикової колії необхідно прагнути виконувати за умов, коли пліті, що знаходяться в експлуатації, закріплені в оптимальному температурному інтервалі, тобто в інтервалі температур рейок від +25 до +35 °С.

Роботи зі зварювання рейкових плітей, що знаходяться в експлуатації, при температурі рейок вище оптимальної температури закріплення більш ніж на 15 °С заборонені.

Якщо зварювання проводилось при температурі закріплення пліті, яка відрізняється від оптимальної в бік підвищення на величину від 5 до 15 °С, то необхідно провести регулювання напружень («струшуванням» плітей у колії згідно з технологічним процесом) у звареній рейковій пліті

вздовж 150 м у бік розкріпленої пліті від місця зварювання. При цьому зварювання рейкових плітей проводиться за першим варіантом – з попереднім вигином рейкової пліті.

При проведенні зварювальних робіт при температурі рейок в інтервалі від +20 до +25 °С необхідно використовувати технологію відновлення методом попереднього вигину, доповнивши його частковим натягом пліті. У цьому випадку можна значно знизити довжину ділянки необхідного розкріплення пліті та забезпечити оптимальний температурний її інтервал закріплення.

При температурі проведення зварювальних робіт нижче +20 °С довжина ділянки необхідного розкріплення пліті встановлюється за табл. 3.4 і 3.5. У цьому випадку зварювальні роботи проводяться за другим варіантом – методом натягування пліті.

Зварювання рейкових вставок і плітей з їхнім натягом і введенням в оптимальний інтервал закріплення необхідно виконувати при температурі рейок не нижче +5 °С.

Вирівнювання напружень у місці зварювання рейкових плітей проводиться натягуванням кінця рейкової пліті до розрахункової довжини за кожною рейковою ниткою окремо.

Для зменшення величини опору переміщенню при розтягуванні плітей не рідше, ніж на кожній 15-й шпалі, необхідно укласти поліетиленові прокладки або роликові опори, що котяться, чи підвісні ролики. Місця їх установа відмічаються керівником робіт заздалегідь.

Рейки зрівнювального прогону між рейковими плітями, що зварюються, або рейка, укладена при тимчасовому відновленні пліті, замінюються рейковою вставкою, яка вварюється між плітями. Ці рейкові вставки виготовляються в РЗП або ПЧ і доставляються до місця робіт заздалегідь.

Таблиця 3.4

Параметри для забезпечення електроконтактного зварювання рейкових плітей з їхнім розтягуванням із застосуванням підвісної рейкозварювальної машини (головки) К-922 залежно від температурних умов рейок Р65 при погонному опорі $r = 7$ кН/м, що відповідає стану з неущільненим баластом

Параметр зварювального процесу	Різниця між температурою закріплення рейкових плітей і температурою проведення робіт Δt , °С												
	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Величина поздовжньої сили, яку необхідно створити N_{ip} , кН	102	123	143	164	184	205	225	246	266	287	307	328	348
Довжина дихаючого кінця рейкової пліті l_{∂} , м	14,5	17,6	20,4	23,4	26,3	39,3	32,1	35,1	38,0	41,0	43,9	46,9	49,7
Подовження дихаючого кінця рейкової пліті Δl_{∂} , мм	0,5	0,7	0,9	1,2	1,5	1,8	2,2	2,6	3,0	3,5	4,1	4,6	5,2
Довжина розкріпленої частини рейкової пліті включно з довжиною рейкової вставки l_{A-B} , м	250			200			150			100			
Подовження розкріпленої частини рейкової пліті Δl_{A-B} , мм	14,8	17,7	20,7	23,6	26,6	23,6	26,0	21,2	23,0	24,7	17,7	19,0	20,2
Сумарне необхідне подовження кінців плітей $\Delta l_{под}$, мм	16	19	23	26	30	27	30	26	29	32	26	28	31
Необхідна величина зазора між вставкою і пліттю Δl , мм	-9	-6	-2	1	5	2	5	1	4	7	1	3	6

Продовження табл. 3.4

Параметри зварювального процесу	Різниця між температурою закріплення рейкових плітей та температурою проведення робіт, Δt , °С												
	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
Величина поздовжньої сили, яку необхідно створити $N_{\text{пр}}$, кН	369	389	410	430	451	471	492	512	533	553	574	594	615
Довжина дихаючого кінця рейкової пліті l_{δ} , м	52,7	55,6	58,6	61,4	64,4	67,3	70,3	73,1	76,1	79,0	82,0	84,9	87,9
Подовження дихаючого кінця рейкової пліті Δl_{δ} , мм	5,8	6,5	7,2	7,9	8,7	9,5	10,4	11,3	12,2	13,1	14,1	15,1	16,2
Довжина розкріпленої частини рейкової пліті включно з довжиною рейкової вставки l_{A-B} , м	100		50										
Подовження розкріпленої частини рейкової пліті Δl_{A-B} , мм	21,2	22,4	11,8	12,4	13,0	13,6	14,2	14,7	15,3	15,9	16,5	17,1	17,7
Сумарне необхідне подовження кінців плітей $\Delta l_{\text{под}}$, мм	33	35	26	28	30	33	35	37	40	42	45	47	50
Необхідна величина зазора між вставкою і пліттю Δl , мм	8	10	1	2	5	8	10	12	15	17	20	22	25

Таблиця 3.5

Параметри для забезпечення електроконтактного зварювання рейкових плітей з їхнім розтягуванням із застосуванням підвісної рейкозварювальної машини (головки) К-922 залежно від температурних умов рейок Р65 при погонному опорі $r = 12$ кН/м, що відповідає стану з ущільненим баластом

Параметр зварювального процесу	Різниця між температурою закріплення рейкових плітей і температурою проведення робіт Δt , °С												
	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Величина поздовжньої сили, яку необхідно створити N_{tp} , кН	102	123	143	164	184	205	225	246	266	287	307	328	348
Довжина дихаючого кінця рейкової пліті l_{∂} , м	8,5	10,3	11,9	13,7	15,3	17,1	18,8	20,5	22,2	23,9	25,6	27,3	29,0
Подовження дихаючого кінця рейкової пліті Δl_{∂} , мм	0,3	0,4	0,5	0,7	0,9	1,1	1,3	1,6	1,9	2,2	2,5	2,8	3,2
Довжина розкріпленої частини рейкової пліті включно з довжиною рейкової вставки l_{A-B} , м	250			200			150			100			
Подовження розкріпленої частини рейкової пліті Δl_{A-B} , мм	14,8	17,7	20,7	25,2	26,6	23,6	26,0	28,3	23,0	24,8	26,6	28,3	20,1
Сумарне необхідне подовження кінців плітей $\Delta l_{под}$, мм	15	19	22	27	28	26	29	32	27	29	32	34	27
Необхідна величина зазора між вставкою і пліттю Δl , мм	-10	-6	-3	2	3	1	4	7	2	4	7	9	12

Продовження табл. 3.5

Параметр зварювального процесу	Різниця між температурою закріплення рейкових плітей і температурою проведення робіт Δt , °С												
	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
Величина поздовжньої сили, яку необхідно створити N_{ip} , кН	369	389	410	430	451	471	492	512	533	553	574	594	615
Довжина дихаючого кінця рейкової пліті l_{∂} , м	30,8	32,4	34,2	35,8	37,6	39,3	41,0	42,7	44,4	46,1	47,8	49,5	51,3
Подовження дихаючого кінця рейкової пліті Δl_{∂} , мм	3,6	4,0	4,4	4,8	5,3	5,8	6,3	6,8	7,4	8,0	8,6	9,3	10,0
Довжина розкріпленої частини рейкової пліті включно з довжиною рейкової вставки l_{A-B} , м	100						50						
Подовження розкріпленої частини рейкової пліті Δl_{A-B} , мм	21,2	22,4	23,6	24,8	26,0	27,1	14,2	14,8	15,3	15,9	16,5	17,1	17,7
Сумарне необхідне подовження кінців плітей Δl_{nod} , мм	28	30	32	34	37	39	27	28	30	32	34	36	38
Необхідна величина зазора між вставкою і пліттю Δl , мм	3	5	7	9	12	14	2	3	5	7	9	11	13

Довжина рейкової вставки при введенні за необхідності плітей в оптимальний інтервал температур має бути такої довжини:

$$l_{\text{вст}} = l_0 + 2 \cdot \Delta l_0 + 2 \cdot \Delta l_1 + \Delta l_2 + \Delta l_3, \quad (3.20)$$

де l_0 – відстань між необрізаними кінцями плітей;

$2\Delta l_0$ – довжина двох кінців рейкових плітей з болтовими отворами, які необхідно обрізати $\Delta l_0 = 0,75$ м;

$2\Delta l_1$ – величина запасу на оплавлення і усадку металу при зварюванні двох стиків (складає близько 25 мм на один стик при роботі зварювальної машини в режимі пульсуючого оплавлення і встановлюється при зварюванні контрольних зразків конкретною машиною);

Δl_2 – величина припуску на косину різання рейкорізним верстатом, яка на один різ складає від 1 до 2 мм (ураховується при різанні рейок рейкорізальними верстатами типу РМ);

Δl_3 – величина запасу, необхідна для одержання залишкової стріли після зварювання другого стику (ураховується при виконанні зварювальних робіт з попереднім вигином пліті).

Рейкова вставка для плітей, що знаходяться в експлуатації, має бути підібрана з рейок з близьким до плітей зносом ± 1 мм, відрізнятись пропущеним тоннажем не більш ніж на 100 млн т і мати довжину не менше 6,0 м. Відстань до раніше звареного контактним способом стику має бути не менше 3,0 м.

3.5.2. Визначення параметрів для створення в зоні виконання зварювальних робіт розрахункового напружено-деформованого стану

Завданням виконання зварювальних робіт разом зі зварюванням плітей є створення на ділянці робіт поздовжніх сил (рис. 3.14).

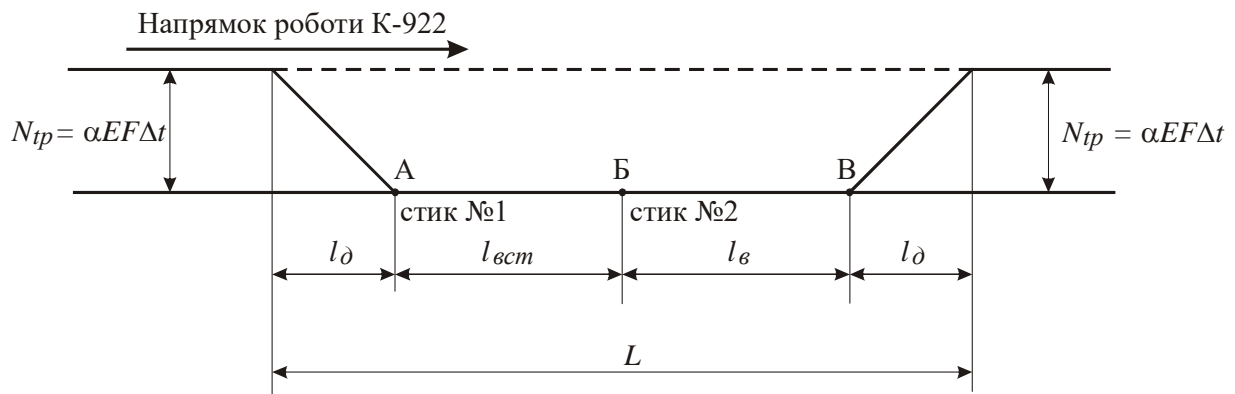


Рис. 3.14. Схема ділянки робіт при зварюванні рейкових плітей

Відповідно до рис. 3.14 довжина ділянки робіт складає

$$L = l_{вст} + l_\delta + 2 \cdot l_\delta, \text{ або } L = l_{A-B} + 2 \cdot l_\delta, \quad (3.21)$$

а величина поздовжньої сили, яку необхідно створити на цій ділянці, становить

$$N_{tp} = \alpha \cdot E \cdot F \cdot \Delta t, \quad (3.22)$$

де α – коефіцієнт лінійного розширення рейкової сталі

($\alpha = 0,0000118 \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$);

l_δ – довжина температурно-рухомого (дихаючого) кінця рейкової пліті;

$l_{вст}$ – довжина рейкової вставки;

l_δ – довжина розкріпленої ділянки пліті (практично вільної від погонного опору);

E – модуль пружності рейкової сталі ($E = 2,1 \cdot 10^5 \text{ МПа}$);

F – площа поперечного перерізу рейки (для рейки типу Р65 $F = 82,65 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2$);

Δt – різниця між температурою закріплення рейкових плітей t_3 і їхньою температурою на момент виконання зварювальних робіт t_p , тобто $\Delta t = t_3 - t_p$.

Величина необхідного подовження Δl_{nod} кінців плітей, які зварюються в стику Б, для створення в зоні зварювання і на прилеглих ділянках розрахункових напружень у відповідності з епюрою поздовжніх сил (рис. 3.14) розраховується за формулою

$$\Delta l_{nod} = \Delta l_{A-B} + 2 \cdot \Delta l_{\partial}, \quad (3.23)$$

де Δl_{A-B} – подовження розкріпленої ділянки колії А–В;

Δl_{∂} – подовження температурно-рухомих кінців плітей, що підлягають зварюванню між собою.

Подовження температурно-рухомих кінців пліті, їхні довжина та подовження розкріпленої ділянки колії визначаються за формулами

$$\Delta l_{\partial} = \frac{\alpha^2 \cdot E \cdot F \cdot \Delta t^2}{2 \cdot r}; \quad (3.24)$$

$$l_{\partial} = \frac{\alpha \cdot E \cdot F \cdot \Delta t}{r}; \quad (3.25)$$

$$\Delta l_{A-B} = \alpha \cdot l_{A-B} \cdot \Delta t, \quad (3.26)$$

де r – погонний опір рейок або шпал поздовжньому переміщенню ($r = 25$ кН/м – при замерзлому баласті, $r = 7$ кН/м – неуцільненому баласті, $r = 12$ кН/м –уцільненому баласті).

Значення Δl_{∂} , l_{∂} залежно від Δt та r наведені в табл. 3.4 і 3.5.

Зварювальна машина К-922, що є складовою рейкозварювального комплексу КСМ-005, практично може здійснювати натягування пліті без зварювання до 70 мм з подальшим зварюванням, але виходячи з досвіду виконання зварювальних робіт і відповідних досліджень рекомендується здійснювати максимальне розтягування пліті до зварювання не більше

45 мм. Беручи це до уваги, а також ураховуючи, що оплавлення металу й осадження стику при зварюванні складає в середньому 25 мм, максимальне розтягування плітей, що зварюються, може досягати 70 мм.

При цьому, якщо сумарне необхідне подовження Δl_{nod} розкріпленої ділянки більше величини оплавлення металу і осадження стику, у стику Б (рис. 3.14) необхідне створення зазора між рейковою вставкою і пліттю, що приварюється, який дорівнює

$$\Delta l = \Delta l_{nod} - 25. \quad (3.27)$$

У такому випадку зварювання проводиться з натягуванням зварюваних плітей.

Зварювальною машиною К-922 здійснюється розтягуванням плітей до зімкнення їхніх торців і подальше зварювання з оплавленням металу та осадження стику на величину 25 мм. При цьому величина зазора не має перевищувати 45 мм.

Якщо величина необхідного подовження Δl_{nod} розкріпленої ділянки менше величини оплавлення металу і осадження, то в стику Б (рис. 3.14) необхідне випередження рейкової вставки, що вварюється, відносно приварюваної пліті. Величина цього випередження визначається за формулою (3.27). Зварювання стику Б в такому випадку необхідно виконувати з застосуванням попереднього вигину частини розкріпленої ділянки. При оплавленні металу і осадженні стику до величини Δl відбудеться випрямлення вигнутої частини пліті. При подальшому оплавленні металу й осадженні до величини 25 мм буде відбуватися натягування кінців плітей на величину Δl_{nod} .

Отже, величина необхідного зазора (або випередження) при зварюванні стику визначається за формулою (3.27). При цьому від'ємні значення Δl будуть визначати величину необхідного випередження, а додатні – величину зазора.

Відповідно до Технічних вказівок з улаштування, укладання, ремонту і утримання безстикової колії на залізницях України (ЦП-0266) [1] необхідність у створенні при зварюванні плітей розрахункових розтягувальних поздовжніх сил виникає при різниці між температурою закріплення плітей і температурою рейок при виконанні робіт (Δt) більше 5 °С. Оптимальна температура закріплення рейкових плітей для залізниць України складає 30±5 °С. Ураховуючи, що зварювання рейкових плітей має бути при температурах рейок не нижче +5 °С, діапазон зміни їхньої температури складає від +5 до +35 °С, тобто максимальний температурний перепад слід вважати рівним $\Delta t = 30$ °С. У табл. 3.4, 3.5 і на рис. 3.15, 3.16 наведені параметри для забезпечення контактного зварювання рейкових плітей з натягом залежно від температурних умов і погонного опору при рейках типу Р65 саме в цьому інтервалі.

При зварюванні рейкових плітей, коли одна з них закріплена за межами оптимального інтервалу більш ніж на 5 °С, формування її напруженого стану здійснюється у два етапи.

На першому етапі така пліть у процесі виконання робіт має бути розкріплена до середини з боку місця зварювання (бажано з розташуванням її на поліетиленові прокладки або ролики зі струшуванням дерев'яними молотками). Інша частина пліті залишається закріпленою з опором поздовжньому переміщенню не менше нормативного.

Величина необхідного подовження визначається за формулою (3.23), де Δl_{A-B} – подовження розкріпленої ділянки пліті А–В, що включає довжину напівпліті і довжину рейкової вставки. За величиною необхідного подовження при натягуванні пліті вибирається відповідна зварювальна машина (табл. 3.3).

На другому етапі формується температурно-напружений стан у межах другої напівпліті. Це може бути здійснено в процесі зварювальних робіт при ліквідації зрівнювального прогону з протилежного боку пліті або з застосуванням гідравлічного натяжного приладу (відповідно до ЦП-0266 [1]).

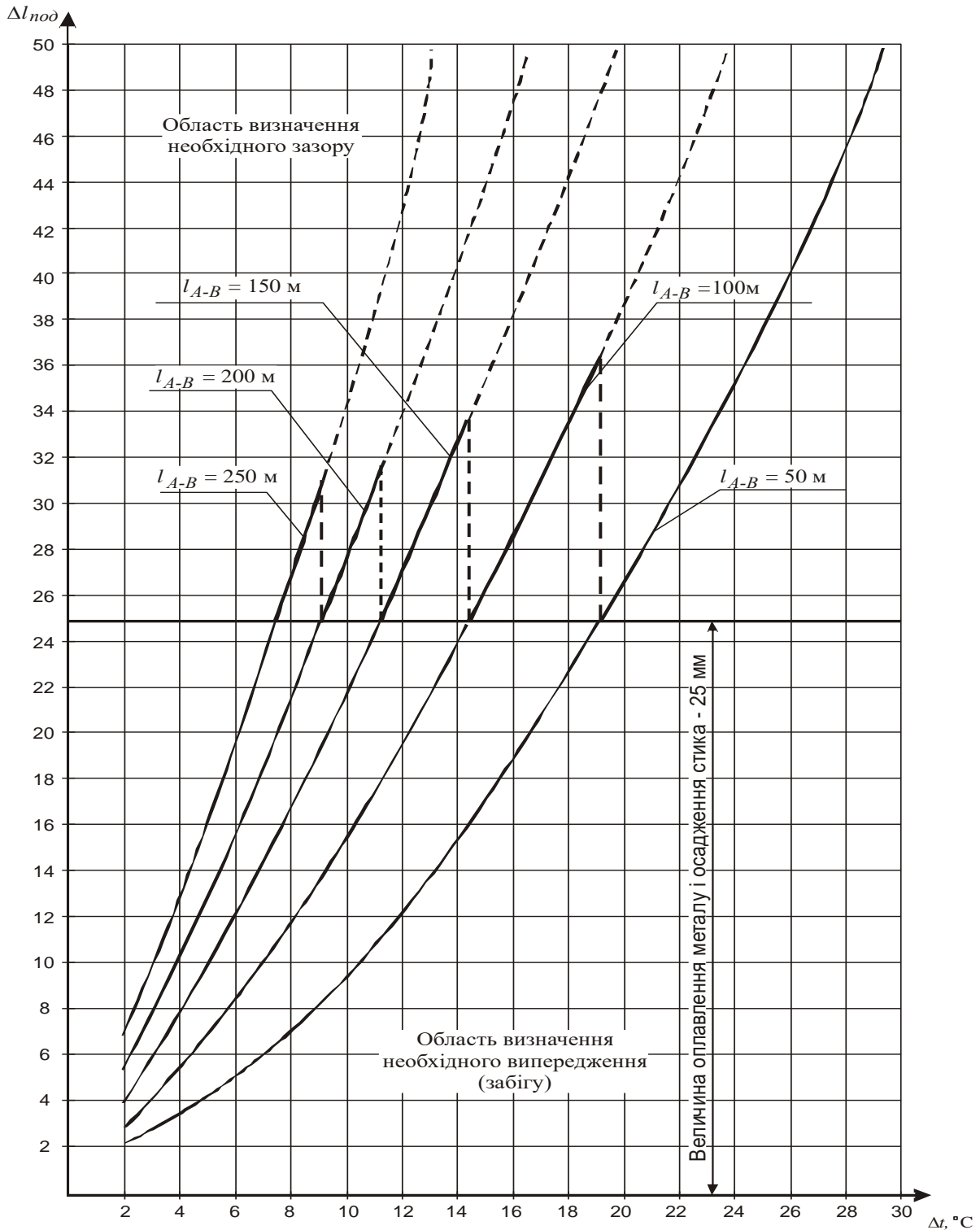


Рис. 3.15. Залежність необхідного подовження кінця рейкової пліті для забезпечення розрахункового натягування розкріпленої ділянки від температурних умов виконання робіт для рейок Р65 при погонному опорі на дихаючих ділянках $r = 7$ кН/м, що відповідає стану з неущільненим баластом

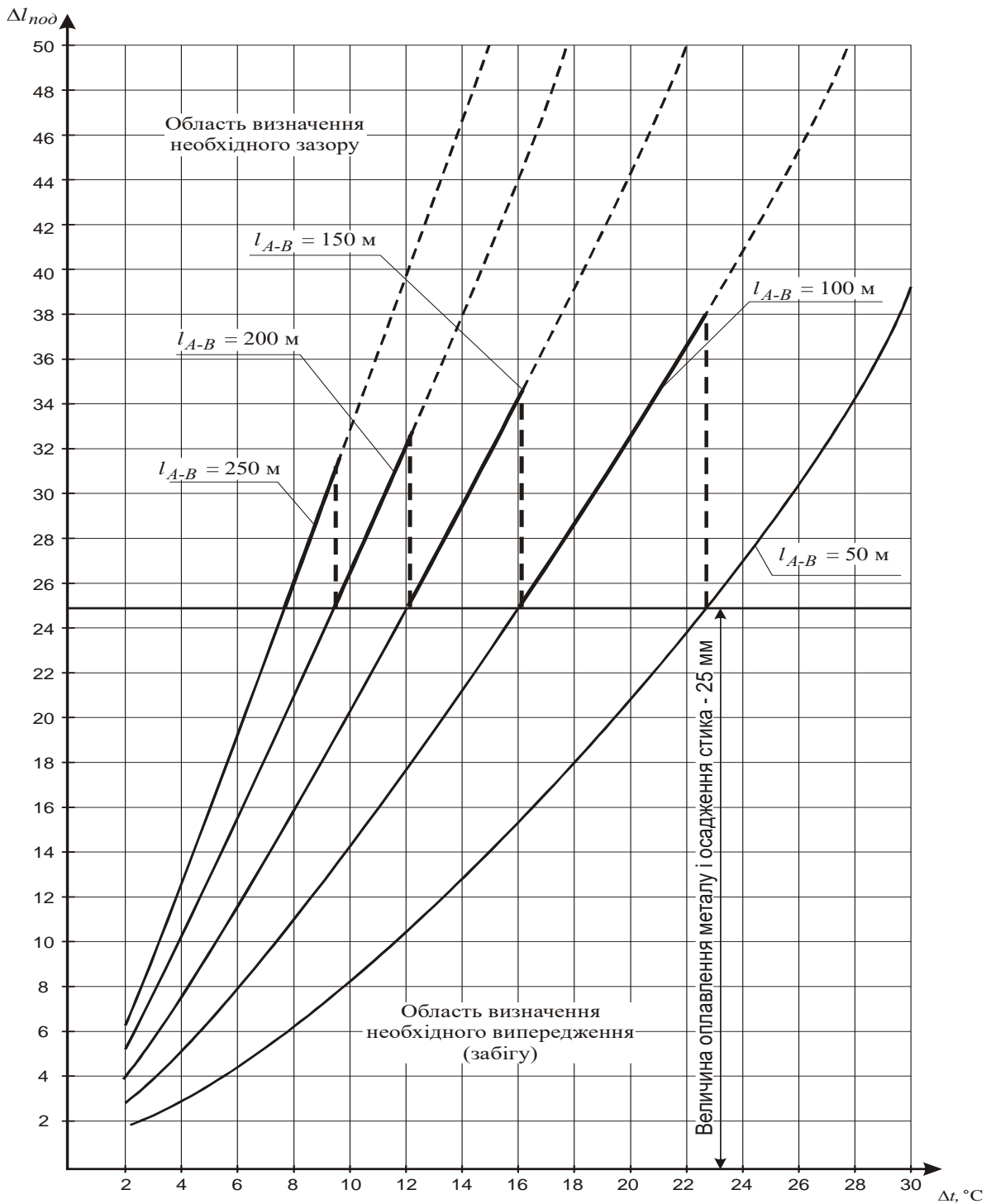


Рис. 3.16. Залежність необхідного подовження кінця рейкової пліті для забезпечення розрахункового натягування розкріпленої ділянки від температурних умов виконання робіт для рейок Р65 при погонному опорі на дихаючих ділянках $r = 12$ кН/м, що відповідає стану з ущільненим баластом

3.5.3. Приклади виконання зварювальних робіт з натягом рейкових плітей у різних експлуатаційних умовах

Приклад 1. Остаточне відновлення цілісності рейкової пліті з рейок Р65

До порушення цілісності рейкова пліть була закріплена при температурі $t_3 = +30$ °С. Зварювальні роботи виконуються при температурі $t_p = +7$ °С. Різниця складає $\Delta t = 23$ °С.

Визначення параметрів:

1. Орієнтуючись на величину погонного опору $r = 12$ кН/м як при ущільненому баласті, за формулою (3.25) або табл. 3.5 визначається довжина дихаючої ділянки пліті. Вона складає $l_\delta = 39,3$ м.

2. За формулою (3.21), орієнтуючись на табл. 3.5, визначається довжина ділянки колії для регулювання температурно-напруженого стану пліті:

$$L = l_{A-B} + 2l_\delta = 100 + 2 \cdot 39,3 = 178,6 \text{ м.}$$

3. За формулами (3.23), (3.24) і (3.26) або табл. 3.5 визначається необхідне сумарне подовження для створення розрахункового розтягувального зусилля в пліті $N_{tp} = 471$ кН (табл. 3.5):

$$\Delta l_{nod} = \Delta l_{A-B} + 2\Delta l_\delta = 27,1 + 2 \cdot 5,8 = 39 \text{ мм.}$$

4. За формулою (3.27) або табл. 3.5 визначається величина необхідного зазора:

$$\Delta l = \Delta l_{nod} - 25 = 39 - 25 = 14 \text{ мм.}$$

5. Проводиться обрізання кінця пліті відносно вільного кінця вставки, що вварюється, з зазором 14 мм.

У процесі зварювальних робіт спочатку при натягуванні розкріпленої частини пліті вибирається зазор 14 мм. Потім після зімкнення кінців рейкової вставки і пліті в пульсуючому режимі здійснюється розігрів

металу з подальшим їхнім стисканням. У стисненому стані зварений стик утримується протягом 6 хв до його охолодження.

6. Проводиться перерозподіл поздовжніх сил у зоні виконання робіт, для чого необхідно розкріпити дихаючі ділянки, прилеглі до А-В (рис. 3.14), з подальшим вивішуванням розкріпленої зони на ролики або антифрикційні прокладки та з простукуванням дерев'яними молотками.

7. Після струшування пліті прибираються ролики або антифрикційні прокладки й проводиться її закріплення – повна постановка клем (на скріпленні КБ з затягуванням клемних болтів моментом 200 Н·м).

Приклад 2. Зварювання рейкових плітей між собою при їхньому подовженні в процесі модернізації колії

Рейкові пліті закріплені при температурі $t_3 = +31$ °С, довжина вставки, що вварюється, 8,3 м. На момент виконання робіт температура рейкових плітей $t_p = +20$ °С, різниця складає $\Delta t = 11$ °С.

Перед зварюванням рейкових плітей встановлено таке:

1. Орієнтуючись на величину погонного опору $r = 7$ кН/м як при недостатньо ущільненому баласті та $\Delta t = 11$ °С, за табл. 3.4 або з графіка (рис. 3.15) встановлено, що довжина ділянки розкріплення $l_{A-B} = 200$ м, величина необхідного подовження $\Delta l_{nod} = 30$ мм, а величина зазора між вставкою і пліттю складає 5 мм.

2. Довжина ділянки колії для регулювання напруженого стану в цьому випадку складає

$$L = l_{A-B} + 2l_{\delta} = 200 + 2 \cdot 32,1 = 264,2 \text{ м.}$$

Подальші дії в процесі зварювання виконуються аналогічно попередньому прикладу.

Для зменшення довжини ділянки розкріплення рейкової пліті в цьому випадку можливий альтернативний варіант розв'язання цієї задачі.

Так, із графіка (рис. 3.15) при $\Delta t = 11$ °С для $l_{A-B} = 100$ м $\Delta l_{nod} = 17$ мм. Тоді $\Delta l = 17 - 25 = -8$ мм. Знак мінус показує, що в цьому випадку не має

бути зазора між кінцями рейкової вставки і пліті, а тільки випередження (забіг) одного кінця проти іншого. Тому для сполучення торців рейок під контактне зварювання необхідно на частині розкріпленої ділянки l_{A-B} (40–45 м) здійснити попередній вигин з забезпеченням переміщення кінця пліті на 8 мм. При оплавленні та осадженні кінців рейок спочатку відбудеться випрямлення вигнутої частини, а потім, коли переміщення кінця пліті досягне 8 мм, подальше осадження (натяг) на величину 17 мм призведе до розрахункового температурно-напруженого стану, тобто $N_{tp} = 225$ кН.

Подальші дії в процесі зварювання здійснюються аналогічно попередньому прикладу, а сам вигин і параметри, що його характеризують, здійснюється у відповідності з Технічними вказівками з улаштування, укладання, ремонту і утримання безстикової колії на залізницях України (ЦП-0266) [1].

Приклад 3. Зварювання рейкових плітей при їхньому подовженні з ліквідацією зрівнювальних прогонів

Рейкові пліті закріплені в оптимальному температурному інтервалі при $t_s = +30$ °С. На момент виконання робіт температура рейок $t_p = +10$ °С, отже $\Delta t = 20$ °С. У зрівнювальному прогоні три пари рейок по 12,5 м.

Щоб виконати зварювальні роботи, виконуються такі дії:

1. Готуються дві рейкові вставки довжиною 40 м (з урахуванням зазорів і величини обрізання кінців плітей з болтовими отворами).

2. Орієнтуючись на величину погонного опору $r = 12$ кН/м як при ущільненому баласті, при $\Delta t = 20$ °С за табл. 3.5 або з графіка (рис. 3.16) визначається довжина ділянки розкріплення $l_{A-B} = 100$ м, що включає і довжину рейкової вставки.

Довжина ділянки колії для регулювання напруженого стану складає

$$L = l_{A-B} + 2l_{\delta} = 100 + 2 \cdot 34,2 = 168,4 \text{ м.}$$

3. Провести зварювання пліті з рейковою вставкою довжиною 40 м, тобто стик № 1.

4. З урахуванням довжини розкріпленої ділянки 100 м, довжини дихаючих ділянок 34,2 м визначається величина необхідного подовження пліті при її натягуванні $\Delta l_{\text{нод}} = 32$ мм і величина зазора між кінцем рейкової вставки та кінцем пліті $\Delta l = 32 - 25 = 7$ мм, де 25 – величина оплавлення та осаджування при зварюванні (величина зазора може бути визначена прямо за табл. 3.5).

5. Проводиться обрізання кінця другої пліті з зазором 7 мм відносно вільного кінця вставки, що вварюється.

6. Після закінчення зварювання проводиться перерозподіл поздовжніх сил у зоні виконання робіт і на дихаючих ділянках. Для цього необхідно розкріпити дихаючі ділянки, прилеглі до ділянки А–В (рис. 3.14) з наступним вивішуванням усієї розкріпленої зони на ролики або антифрикційні прокладки та з простукуванням дерев'яними молотками.

7. Після струшування пліті прибираються ролики або антифрикційні прокладки й проводиться її закріплення – суцільна постановка клем, а в скріпленні КБ з закручуванням клемних болтів крутним моментом 200 Н·м.

Приклад 4. Зварювання рейкових плітей при ліквідації зрівнювального прогону з різницею в температурах закріплення

Одна рейкова пліть довжиною 800 м закріплена при оптимальній температурі $t_3 = +30$ °С. Друга рейкова пліть довжиною 800 м закріплена при температурі $t_3 = +15$ °С. На момент виконання робіт температура рейок $t_p = +10$ °С, отже відносно оптимальної температури закріплення першої пліті температура складає $\Delta t = 20$ °С.

У процесі підготовки і виконання зварювальних робіт виконуються такі дії:

1. Готуються дві рейкові вставки довжиною 40 м (з урахуванням зазорів і величини обрізання кінців плітей з болтовими отворами).

2. Виходячи з довжини рейкової пліті та довжини рейкової вставки визначається довжина ділянки розкріплення. Вона складає $l_{A-B} = 400 + 40 = 440$ м.

3. Орієнтуючись на величину погонного опору $r = 12$ кН/м як при ущільненому баласті, при $\Delta t = 20$ °С за табл. 3.5 визначається довжина дихаючих ділянок $l_{\delta} = 34,2$ м і довжина ділянки для регулювання напруженого стану:

$$L = l_{A-B} + 2l_{\delta} = 440 + 2 \cdot 34,2 = 508,4 \text{ м.}$$

4. Виходячи з довжини розкріпленої ділянки 400 м за формулою (3.26) визначається подовження розкріпленої частини:

$$\Delta l_{A-B} = \alpha \cdot l_{A-B} \cdot \Delta t = 0.0000118 \cdot 440000 \cdot 20 = 104 \text{ мм.}$$

Необхідне подовження на дихаючих ділянках за табл. 3.5 при $\Delta t = 20$ °С дорівнює 4,4 мм.

Сумарне необхідне подовження, за формулою (3.23), складає

$$\Delta l_{nod} = \Delta l_{A-B} + 2\Delta l_{\delta} = 104 + 2 \cdot 4,4 = 113 \text{ мм,}$$

а величина зазора між кінцем рейкової вставки та кінцями рейкової пліті в стику № 2 становитиме $\Delta l = 113 - 25 = 88$ мм, де 25 – величина оплавлення та осаджування при зварюванні.

5. Після зварювання стику № 1 проводиться обрізання кінця другої пліті з забезпеченням зазора 88 мм відносно вільного кінця вставки, що вварюється.

6. Після закінчення зварювання проводиться перерозподіл (вирівнювання) поздовжніх сил у зоні виконання робіт. Для цього необхідно розкріпити дихаючі ділянки, прилеглі до ділянки А–В, з наступним вивішуванням розкріпленої зони на ролики або антифрикційні прокладки з простукуванням дерев'яними молотками.

7. Після струшування пліті прибираються ролики або антифрикційні прокладки та проводиться її закріплення – суцільна постановка клем, а в скріплені КБ з закручуванням клемних болтів крутним моментом 200 Н·м.

При визначенні розрахункових параметрів у цьому випадку слід зазначити, що величина необхідного подовження при натягуванні рейкової пліті, яка складає 113 мм, може бути реалізована, а отже, і виконання зварювальних робіт машиною К-930 (табл. 3.3) з її робочим ходом 200 мм.

3.5.4. Організація робіт за технологією контактного зварювання рейкових плітей з їхнім розтягуванням

3.5.4.1. Основні положення з технології виконання зварювальних робіт. Зварювальні роботи з застосуванням зварювальних машин з натягуванням рейкових плітей можуть проводитися при остаточному відновленні цілісності рейкових плітей безстикової колії, а також при ліквідації зрівнювальних прогонів при зварюванні рейкових плітей до довжини блок-ділянки або перегону.

Організація і технологія цих робіт з застосуванням зварювальних машин, зазначених у табл. 3.3, принципово не відрізняється і подана стосовно машини К-922.

Для забезпечення доступу зварювальної головки К-922 до зварювального стику і подальшої його обробки в колії зі скріпленням КБ щебеневий баласт із стикових шпальних ящиків у місці зварювання і двох передстикових шпальних ящиків вирізається до низу підшви шпал. Дві стикові шпали пересувають до передстикових, закладні і клемні болти знімають і прибирають на стикових і передстикових шпалах, дві підкладки перевертають і укладають на шпали під рейки, підвішуючи при цьому кінці рейок, що зварюються.

При виконанні робіт на колії зі скріпленням КПП-5 щебеневий баласт із стикових ящиків у місці зварювання і чотирьох передстикових

шпальних ящиків вирізається до низу подошви шпал, дві стикові шпали і дві передстикові шпали пересувають від стика або витягують із колії. При цьому при зварюванні методом натягування з п'яти шпал від кінця закріпленої пліти знімаються клеми і вкладиші. Кінці зварюваних рейок вивішуються на висоту, що забезпечує вільне встановлення зварювальної головки К-922.

У день виконання зварювальних робіт перед закриттям перегону на розрахунковій ділянці пліти, що зварюється, проводиться її розкріплення шляхом відкручування гайок клемних болтів на скріпленні КБ або зняття пружних клем на скріпленні КПП-5. Швидкість руху поїздів на цей період встановлюється відповідно до вимог Інструкції з забезпечення безпеки руху поїздів при виконанні колійних робіт на залізницях України (ЦП-0273) [11].

По закінченні зварювання слід проводити ультразвукову дефектоскопію, візуальний контроль стану поверхні рейок у місці зварювання та геометричних параметрів зварених стиків.

При остаточному відновленні цілісності рейкових плітей, а також зварюванні плітей з доведенням їхньої довжини до блок-ділянки або перегону до технологічного процесу належать такі основні технологічні операції:

- визначення розрахункових параметрів;
- створення анкерної ділянки за межами розкріпленої частини пліти (ділянка з опором поздовжньому переміщенню відповідно до п. 3.5.2 і має бути не менше 30 м);
- розкріплення ділянки пліти і вивішування її на ролики на довжині згідно з табл. 3.2 і 3.3;
- нанесення чотирьох-п'яти рисок рівномірно на ділянці розкріплення;
- демонтаж зрівнювального прогону або тимчасової рейкової вставки;

- насування рейкової вставки, що вварюється;
- встановлення зварювальної головки К-922 і зварювання першого стику рейкової вставки;
- забезпечення розрахункового натягування ділянки пліти і зварювання другого стику рейкової вставки;
- утримання звареного стику у стисненому стані протягом не менше 6 хв до його охолодження;
- перерозподіл напружень на ділянці робіт (рис. 3.14).

Правильність виконання робіт контролюється за трьома критеріями:

- розрахункове подовження ділянки колії;
- відповідність розрахункового розтягувального зусилля (табл. 3.4 і 3.5) прикладеному згідно зі звітом за шкалою приладу зварювальної машини;
- розрахункове переміщення по кожній із рисок.

Розрахунок параметрів для виконання зварювальних робіт з застосуванням К-922 виконує і надає необхідні дані для роботи інженер технічного відділу дистанції колії (ПЧ) або колійної машинної станції (КМС).

Роботи зі зварювання рейкових плітей поділяються на підготовчі, основні і опоряджувальні.

3.5.4.2. Підготовчі роботи. На перегоні на місці зрівнювальних прогонів або біля дефектного місця заздалегідь проводиться вивантажування рейкових вставок усередину колії.

У підготовчий період перед виїздом на закритий перегін для перевірки справності вузлів і систем зварювальної машини необхідно зварити два контрольних зразки. При цьому має бути визначено фактичне вкорочення рейок на кожний зварний стик за величиною оплавлення і осадження.

Випробування контрольних зразків слід проводити в пересувній лабораторії до початку зварювання на перегоні. За відсутності лабораторії випробувати контрольні зразки на статичний згин допускається в РЗП протягом терміну, що не перевищує один-два дні. У разі затримання доставки контрольних зразків у РЗП їхнє випробування можна проводити в більш тривалі терміни, але не пізніше 10 днів після їх зварювання. Результати випробувань контрольних зразків заносять до відповідного журналу з зазначенням прізвища зварювальника і підписом майстра зварювальної машини.

У разі незадовільних результатів випробувань контрольних зразків у РЗП або виявлення дефектів усі зварені в той день стики бракуються, їх слід вирізати з пліті.

Рейки контрольного зразка і пліті, що відновлюється, мають бути одного типу, зносу, марки сталі і виду термічної обробки. Зварювання контрольного зразка проводиться при встановленому режимі зварювання пульсуючим оплавленням. Після зварювання контрольного зразка оператор-зварювальник оцінює якість зварювання за комп'ютерними параметрами процесу зварювання і надає висновок. При виявленні відхилення параметрів зварювання від регламентованих величин зварювання рейок у колії не допускається до усунення причин і налагодження параметрів процесу зварювання в присутності наладчика РЗП. Зварений контрольний стик з позитивними результатами за якістю зварювання слід замаркувати білою, стійкою проти змивань, фарбою на шийці рейки з таким змістом і в такій послідовності: номер зварного стику, дата і номер зварювальної машини.

Бригада зварювальної машини перевіряє справність і готовність до роботи зварювального та іншого технологічного обладнання: абразивний, рейкорізальний, рейкосвердлильний і пневматичний інструмент та інші пристрої.

За очікуваною температурою рейки під час зварювання останнього (замикального) стику вставки у відповідності з розрахунковими параметрами зварювальних робіт при ліквідації зрівнювального прогону (остаточному відновленні цілісності рейкової пліті) визначається довжина ділянки розкріплення пліті.

Після огороження місця проведення робіт сигналами зменшення швидкості ($V = 60$ км/год) бригада монтерів колії виконує такі роботи:

- очищення скріплень від бруду і змащення клемних і закладних болтів на ділянці робіт (при скріпленні КБ);
- підтягування гайок клемних і закладних болтів для створення анкерної ділянки відповідно до розрахунку, але не менше 30 м за межами ділянки, що підлягає розкріпленню;
- нанесення контрольних рисок на ділянці подовження пліті;
- підготовка місць для встановлення зварювальної головки К-922;
- зняття двох стикових болтів з закріпленням інших чотирьох болтів у стиках між зрівнювальними прогонами або тимчасовою рейковою вставкою і плітями;
- зняття клем з закріпленням клемних і закладних болтів на кожній третій шпалі при скріпленні КБ (при пружних скріпленнях типу КПП залишається встановленою кожна третя клема).

3.5.4.3. Основні роботи, виконувані у «вікно». Основні роботи проводяться під час закриття перегону, їх виконують 14 монтерів колії і бригада зварювальників із трьох осіб машиною ПРЗМ з підвісною зварювальною головкою К-922, яка відправляється слідом за останнім графіковим поїздом.

При виконанні робіт рейкозварювальним комплексом КСМ-005 на комбінованому ході до місця робіт вона рухається на автомобільному ході до найближчого переїзду або іншого місця виїзду на залізничну колію. Далі пересування виконується залізничною колією до місця виконання

робіт. Під час виїзду на залізничний переїзд з дво- або багатокільніною ділянкою рух поїздів закривається по всіх коліях на час до 15 хв з огороженням сигналами зупинки.

Усі подальші дії пов'язані з забезпеченням безпеки руху поїздів при виконанні зварювальних робіт з застосуванням як машини ПРЗМ, так і КСМ-005 [11].

Після проходження останнього графікового поїзда по ділянці і огороження місця робіт сигналами зупинки бригада з 10 монтерів колії виконує ослаблення клем, що залишилися на ділянці пліті (при скріпленнях КПП виконується зняття решти клем), вивішує пліті домкратами зі встановленням ковзних опор або роликів опор, що котяться, на кожній 15-й шпалі і проводить струшування розкріпленої ділянки ударами дерев'яних молотків.

Одночасно два монтери колії розболчують стики між зрівнювальним прогоном або тимчасовою рейковою вставкою та рейковими плітями по обидва боки від зрівнювального прогону або рейкової вставки. Вони ж готують місце для встановлення і роботи зварювальної головки К-922 для першого стику, а ще два монтери колії проводять обрізання кінців плітей з болтовими отворами абразивно-відрізним верстатом не менше 600 мм від торця. Потім на місці зварювання стику шість монтерів вирізають баласт із п'яти шпальних ящиків, дві стикові шпали з колії і дві передстикові шпали пересувають або видаляють із колії. При цьому чотири монтери колії відкручують гайки клемних болтів і знімають клеми на скріпленні КБ або знімають пружні клеми та ізолюючі вкладиші при скріпленні КПП. Потім ще вісім монтерів закінчують ці роботи і пересувають рейки зрівнювального прогону з викантовуванням на кінці шпал і насувають рейкову вставку.

Далі два монтери колії готують місце під зварювання другого стику. Шліфувальник із бригади рейкозварювальної машини зачищає контактні

поверхні рейкової вставки до металевого блиску на довжину притиснення губок К-922 рейкошліфувальним верстатом МРШ-3. Потім бригада, що обслуговує рейкозварювальну машину, встановлює К-922 і проводить зварювання першого стику підтягуванням рейки (рейкової вставки) до першої пліти.

При зварюванні першого стику зварювальник повинен виконати такі дії:

- перед зварюванням стику перевірити якість зачищення контактних поверхонь рейок і якість обрізання і обробки торцевих поверхонь. Контактні поверхні мають бути зачищені на довжину 700 мм у зоні розташування електродів (затискальних губок) по поверхні шийки рейки з двох боків до металевого блиску. Зачищення слід проводити вздовж рейки. Риски і необроблені ділянки на зачищених поверхнях не допускаються. Торці мають бути зачищені до металевого блиску, а по всьому периметру торця – знята фаска розміром від 1 до 2 мм під кутом 45°;

- за допомогою маніпулятора проводити підймання і опускання підвісної зварювальної головки К-922 з платформи машини на висоту 0,5 м від головки рейки і після наближення рейкозварювальної машини до місця зварювання з розташуванням її коліс на відстані від 1,5 до 2,0 м від місця зварювання зупиняти машину;

- керуючи маніпулятором, центрувати підвісну зварювальну головку К-922 над пліттю і опускати на стик для зварювання;

- після опускання К-922 на стик плітей вмикати затиснення рейок з автоматичним центруванням кінців рейкових плітей у захватах зварювальної головки;

- встановлювати накладний ґратознімач по периметру рейки і вводити замок у зачеплення, що має знаходитись на відстані від 30 до 35 мм від стику зварюваних рейок;

– перед початком зварювання рейкових плітей перевірити місце центрування рейкових плітей у захватах зварювальної машини і сумарну косину різання торців рейок. При пульсуючому режимі оплавлення рейок сумарна величина косини різання не має перевищувати 1 мм. При перевищенні значень допустимої сумарної величини косини різання допускається усувати її за допомогою випалювання металу контактним способом на підвісній машині К-922 в ручному режимі керування. Після видалення сумарної косини різання в торцях рейок методом випалювання необхідно почекати приблизно 6 хв для природного охолодження металу в торцях рейок перед початком процесу зварювання;

– переконавшись у якості центрування кінців рейок і допустимої сумарної величини косини торців рейок вмикати автоматичний цикл зварювання;

– після завершення автоматичного циклу дивитися на комп'ютерний запис реєстрації параметрів режиму зварювання, графік процесу зварювання і висновок щодо якості зварного стика. При зварюванні рейок з «браком» стик вирізати і зварити повторно після усунення причин виникнення «браку»;

– перевіривши якість зварювання за монітором комп'ютера, не раніше ніж через 6 хв після зварювання плітей, здійснити розтиснення рейок у захватах зварювальної головки і підймання підвісної зварювальної головки на висоту 0,5 м від головки рейки;

– після підймання зварювальної головки К-922 дати команду машиністу зварювальної машини від'їхати від місця зварювання на 3 м;

– розчепити замок гратознімача і зняти гратознімач, після чого зубилом видалити залишки з зони зварного шва і оглянути якість зварного стику щодо підпалювань і зарубів. При виявленні дефекту обов'язково доповісти керівнику робіт, після чого стик слід вирізати і зварити повторно.

Після зварювання першого стику відрізається кінець другої пліті з зазором Δl , що забезпечує розрахункове натягування розкріпленої ділянки пліті без урахування оплавлення металу і осадження (25 мм), який визначається за формулою (3.27).

Максимальне допустиме подовження (розтягування) плітей для машини К-922 обмежено величиною 70 мм (згідно з п. 3.5.2), отже максимальна величина зазора може бути не більше 45 мм.

Бригада зварювальної машини готує до зварювання і зварює другий стик з розрахунковим натягуванням розкріпленого кінця пліті.

Перед зварюванням другого стику (згідно з п. 3.5.2) визначається величина необхідного зазора Δl або випередження (забігу) залежно від температурних умов виконання робіт. При цьому остаточно визначається технологія зварювання (з натягом чи попереднім вигином пліті). Для додатних значень Δl зварювання здійснюється зі створенням зазора одержаної величини і подальшим натягом розкріпленої частини пліті, а для від'ємних значень Δl зварювання здійснюється з попереднім вигином розкріпленої ділянки. Величина необхідних зусиль, довжини ділянки розкріплення, необхідного подовження та необхідного зазора або випередження (забігу) залежно від різниці температур закріплення рейкових плітей і виконання робіт наведена в табл. 3.4, 3.5 і на рис. 3.15, 3.16.

Розрахункове подовження ділянки пліті керівник робіт контролює за раніше нанесеними рисками.

Механічну обробку зварного стику виконують абразивним інструментом. Оброблена поверхня зварного стику має бути чистою, без раковин, задирок, гострих кромки. Поверхня кочення і бокові грані головки рейки мають бути прямолінійними. Допуск на прямолінійність на довжині 1 м – не більше 0,3 мм. Вимірювання виконується металевою лінійкою довжиною 1 м, прикладеною серединою до зварного стику, і щупом. *Прогини (сідловини) у зварних стиках не допускаються.*

Після зварювання чотири монтери колії затягують шпали в колію, встановлюють їх по епюрі, а також встановлюють елементи проміжних скріплень у місці зварювання. Зварювальна машина від'їжджає за межі місця зварювання.

Далі 14 монтерів колії розкріплюють ділянку пліті і вирівнюють температурні напруження на всьому фронті робіт (рис. 3.14) ударами дерев'яних молотків, після чого встановлюють елементи скріплень і закріплюють рейкові пліті на кожній третій шпалі на всій ділянці виконання робіт.

Дефектоскопіст від дистанції колії перевіряє якість зварних стиків візуально і засобами ультразвукової дефектоскопії і дає висновок про якість зварного стику з записом в журналі обліку зварних стиків.

При позитивних результатах ультразвукового контролю зварювальник повинен нанести розмітку зварного стику світлою фарбою, яка не змивається, у вигляді двох смуг шириною 20 мм на шийці і верхній частині подошви рейки на відстані 100 мм у різні боки від зварного шва.

На відстані 0,5 м від розмітки з внутрішнього боку наноситься маркування зварного стику в такій послідовності (через крапку):

- номер стику за зварювальною відомістю;
- рік проведення зварювальних робіт (дві останні цифри);
- номер рейкозварювального поїзда;
- номер пересувної рейкозварювальної машини.

Приклад: 324.18.06.32.

Пересування зварювальної машини по зварному стику здійснюється не раніше, ніж через 15 хв, після закінчення процесу зварювання та необхідного охолодження звареного стику і встановлення шпал з закріпленням ввареної рейки. Пересування зварювальної машини через неохолонутий зварний стик, що має колір гартування, допускається за умови накладання на нього спеціального металевого мостика.

Після проведення вказаних робіт температура закріплення пліти на ділянці її відновлення зварюванням відповідає оптимальній.

Для уникнення просідань у місцях зварювання залізобетонні шпали підбиваються електрошпалопідбійками. Шпали підбиваються з обох боків одночасно. Щоб уникнути відколювання бетону, шпали підбиваються при відкритих ящиках. При неущільненому свіжому баласті підбивання виконується за один прохід шпалопідбійок у напрямку від кінців і середини шпал до рейки.

Після перевірки стану колії, усунення виявлених несправностей перегін відкривається для руху поїздів з такою швидкістю: для перших трьох поїздів не більше 25 км/год, а наступних не більше 60 км/год відповідно до п. 2.2.1, 2.2.6 [11].

4. СПОРУДЖЕННЯ БЕЗСТИКОВОЇ КОЛІЇ З НЕОБМЕЖЕНОЮ ДОВЖИНОЮ РЕЙКОВИХ ПЛІТЕЙ

4.1. Загальні положення

Для підвищення ефективності застосування безстикової колії, про яку більш докладно йтиметься далі, необхідно прагнути до скорочення кількості зрівнювальних прогонів. Це досягається шляхом укладання плітей, довжина яких значно перевищує 800 м і може складати довжину блок-ділянки і навіть цілого перегону. Такі пліті, як уже зазначалось, згідно з Технічними вказівками [1] називають «довгими». Виготовлення «довгих» рейкових плітей практично стало можливим з появою ефективної технології зварювання рейкових плітей способом попереднього вигину та застосуванням клеєболтових стиків підвищеної міцності (з опором на розрив не менше 2,5 МН).

На відміну від «коротких» рейкових плітей, що виготовляються на РЗП, «довгі» рейкові пліті можуть бути виготовлені тільки в польових умовах безпосередньо в колії одним із чотирьох способів:

- послідовним приварюванням усередині колії до плітей довжиною 800 м плітей довжиною по 400 м з їхнім підтягуванням і наступним насуванням на підкладки;

- послідовним приварюванням на підкладках до плітей довжиною 800 м плітей довжиною по 400 м з їхнім підтягуванням;

- зварюванням з попереднім вигином рейкових плітей, що насуваються на підкладки під час «вікна»;

- зварюванням з попереднім вигином раніше укладених і закріплених плітей довжиною до 800 м або плітей такої самої довжини, що експлуатуються, які пропустили не більше третини нормативного тоннажу.

Численні наукові дослідження та багаторічний виробничий досвід у галузі створення рейкових плітей довжиною більше 800 м показали, що, з

практичної точки зору, найбільш ефективними способами виготовлення «довгих» рейкових плітей, що істотно не ускладнюють існуючих технологій ремонту і утримання безстикової колії, є зварювання з попереднім вигином рейкових плітей і їхнім натягуванням довжиною до 800 м як у процесі експлуатації, так і капітального ремонту колії чи її реконструкції.

4.2. Виготовлення «довгих» рейкових плітей у процесі експлуатації колії

Виготовлення «довгих» рейкових плітей таким способом зводиться до збільшення довжини рейкових плітей, що знаходяться в експлуатації, за рахунок ліквідації зрівнювальних прогонів. У процесі проведення зварювальних робіт рейки зрівнювального прогону знімаються, а на їхнє місце укладаються і зварюються з кінцями суміжних рейкових плітей рейкові вставки необхідної довжини (рис. 4.1). Оскільки зрівнювальні прогони за конструкцією відрізняються один від одного тільки кількістю пар рейок, що їх складають, то і довжина рейкових вставок приймається залежно від цього, а також з урахуванням обрізання рейкових кінців з болтовими отворами та кількості стикових зазорів.

Ураховуючи ці обставини, рейкові вставки заготовляються завчасно за замовленнями дистанцій колії на рейкозварювальних підприємствах з наступною їхньою доставкою до місця вварювання. В окремих випадках рейкові вставки можуть бути виготовлені на одній із станцій, що обмежують перегін силами дистанції колії з використанням ПРЗМ. При виготовленні припасувальних рейкових вставок підбираються рейки, що мають однаковий знос і термічну обробку та перевіряються засобами дефектоскопії на наявність дефектів.

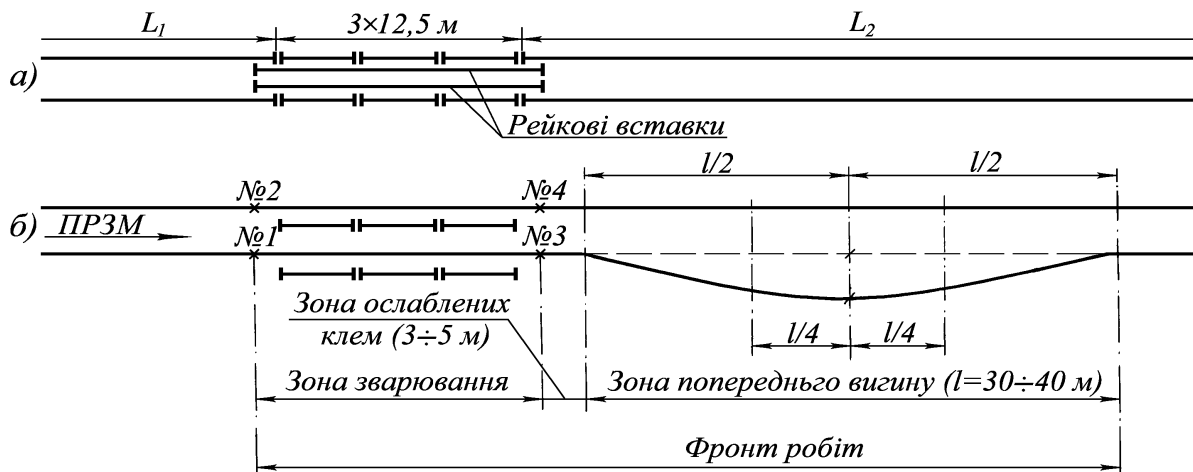


Рис. 4.1. Схема фронту робіт при утворенні «довгих» рейкових плітей у процесі експлуатації:

а – схема зрівнювального прогону з підготовленими до зварювання рейковими вставками; б – схема розмітки місця зварювальних робіт

Зварювальні роботи з улаштування безстикової колії з «довгими» рейковими плітями в процесі експлуатації поділяються на підготовчі, основні та заключні. Оскільки зварювальні роботи проводяться способом попереднього вигину рейкових плітей або їхнього натягування, то і весь комплекс робіт, за виключенням деяких особливостей, виконується здебільшого аналогічно роботам з остаточного відновлення цілісності рейкових плітей.

Підготовчі роботи виконуються в день надання вікна за одну годину до початку основних робіт: огороження місця проведення робіт, розміщення по фронту робіт інструменту і розмічування фронту робіт із зазначенням місць обрізання кінців рейкових плітей з болтовими отворами, стиків № 1, 2, 3, 4 у зоні зрівнювального прогону та ділянок ослаблених клем і вигину рейкових плітей або розкріпленої ділянки А-В (рис. 3.14). Крім того, у цей період проводиться обрізання в колії кінців рейкових плітей з болтовими отворами, ослаблення клем і часткове їхнє вилучення, вирізання баласту в шпальних ящиках, де будуть розташовані зварні

з'єднання. На період виконання підготовчих робіт швидкість руху поїздів обмежується до 25 км/год.

Основні роботи виконуються у вікно тривалістю дві години. Керівництво роботами здійснюється посадовою особою не нижче начальника дільниці (старшого шляхового майстра).

До прибуття ПРЗМ або КСМ005 до місця робіт після проходження останнього графікового поїзда місце робіт огорожується сигналами зупинки. Роботи проводяться послідовно, спочатку по одній, а потім по другій рейковій нитці (рис. 4.2). При виконанні робіт з попереднього вигину рейкових плітей вручну, або за наявності двох рейкових підйомників, що дає можливість одночасного вигину плітей по обох нитках (рис. 4.3), зварювання стиків може проводитися паралельно, тобто спочатку № 1 і № 2, а потім № 3 і № 4. Завдяки цьому зменшується кількість пересувань ПРЗМ по фронту робіт, що частково скорочує тривалість основних робіт.

Рейки зрівнювального прогону заміняють рейковою вставкою за допомогою двох-трьох рейкових порталних кранів. Усі подальші роботи з підготовки, зварювання і обробки зварних з'єднань виконуються в послідовності і обсязі аналогічних, що проводяться при остаточному відновленні цілісності рейкових плітей, розглянутих в розд. 3 (підрозд. 3.3-3.5).

Після завершення зварювальних робіт по другій рейковій нитці (стики № 2 і № 4) основні роботи закінчуються. ПРЗМ або КСМ переводять із робочого стану в транспортний і відправляють на станцію чи до найближчого переїзду, а перегін відкривають для руху поїздів. Перші два поїзди пропускають місцем робіт зі швидкістю до 40 км/год, наступні поїзди – зі встановленою.

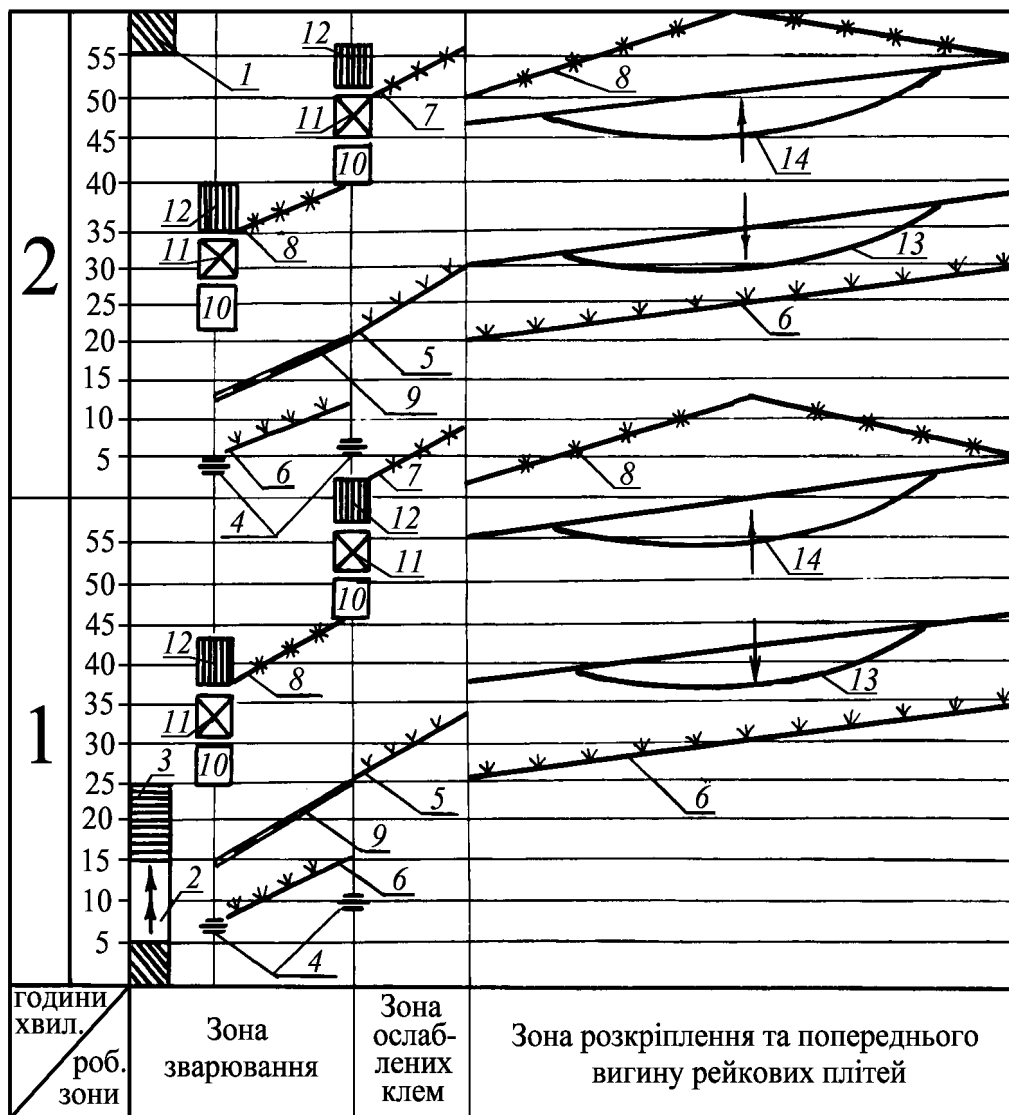


Рис. 4.2. Графік виконання основних робіт у «вікно» при ліквідації зрівнювального прогону:

1 – оформлення закриття і відкриття перегону; 2 – пробіг ПРЗМ до місця робіт; 3 – переведення ПРЗМ у робочий і транспортний стан; 4 – зняття струбцин; 5 – ослаблення клемних болтів; 6 – зняття клемних болтів; 7 – затягування клемних болтів; 8 – встановлення і затягування клемних болтів; 9 – укладання рейкових вставок; 10 – підготовка стиків до зварювання шляхом шліфування місць контакту; 11 – зварювання стиків; 12 – обробка стиків шліфуванням; 13 – вигин рейкової пліти; 14 – випрямлення пліти і встановлення її на підкладки

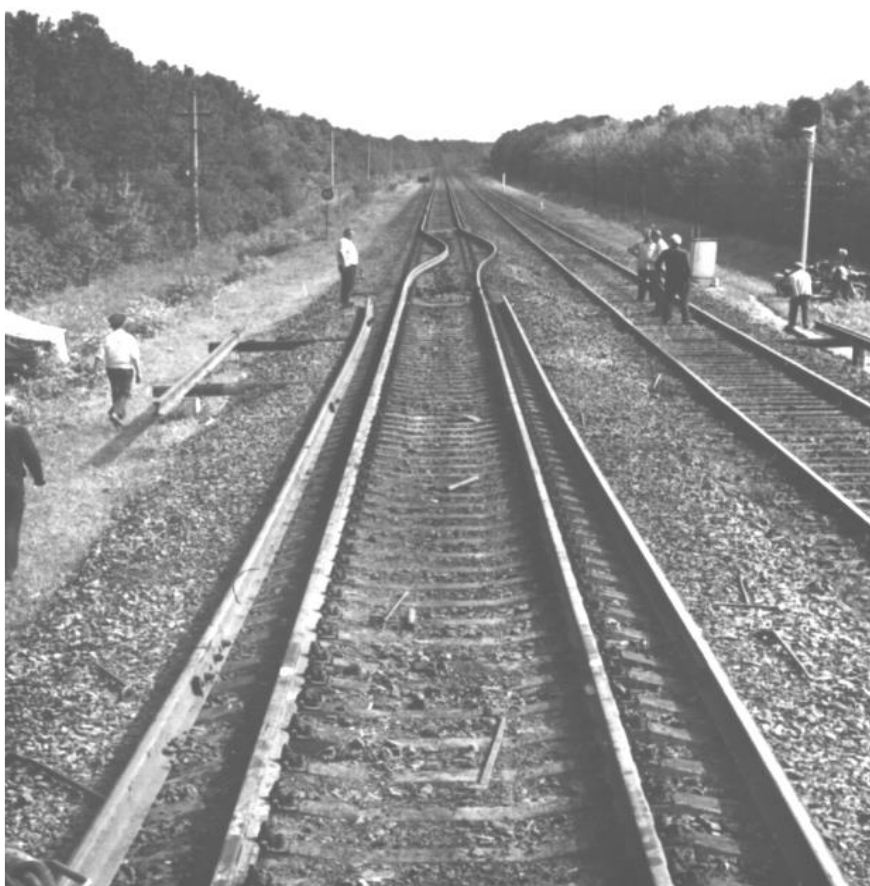


Рис. 4.3. Проведення зварювальних робіт при виготовленні «довгих» рейкових плітей з одночасним попереднім вигином по двох рейкових нитках

У заключний період проводяться роботи з приведення колії на фронті робіт у стан, що забезпечує пропускання поїздів зі встановленою швидкістю. Після їх закінчення керівник робіт робить запис у Журналі обліку служби і температурного режиму плітей про характер виконаних робіт і основні параметри зварювального процесу (дата проведення робіт, температура рейки, довжина рейкових вставок і т. ін.). Крім того, згідно з Технічними вказівками [1] на «довгі» рейкові пліті складається паспорт-карта, де наводиться повна їхня характеристика з прив'язуванням до кілометражу.

4.3. Особливості виготовлення «довгих» рейкових плітей у процесі капітального ремонту колії

Особливістю технології виготовлення «довгих» рейкових плітей у процесі капітального ремонту чи реконструкції колії є те, що рейкові пліті, які укладають при заміні інвентарних рейок, з'єднують між собою не звичайною конструкцією зрівнювальних прогонів, а короткими тимчасовими рейковими вставками. Це дає змогу зменшити трудомісткість робіт і час їхнього виконання при нарощуванні довжини рейкових плітей і створює ідентичні умови проведення робіт з технологією остаточного відновлення цілісності рейкових плітей зварюванням способом попереднього вигину або з натягуванням плітей.

Виготовлення «довгих» рейкових плітей проводиться у два етапи. На першому етапі у «вікно» на підкладки замість інвентарних рейок укладають і в розрахунковому інтервалі закріплюють клемами пліті довжиною до 800 м з болтовими отворами на кінцях. Між плітями по кожній нитці укладають по одній рейковій вставці довжиною 8,0–10,0 м з болтовими отворами. Усі пліті і рейки з'єднують шестиотвірними накладками з затягуванням стикових болтів крутним моментом не менше 600 Н·м. У це ж «вікно» у місцях тимчасового з'єднання плітей вивантажують рейки без болтових отворів довжиною по 12,5 м для наступного вварювання їх замість тимчасових рейкових вставок. На другому етапі також у «вікно» проводять зварювальні роботи за технологією остаточного відновлення цілісності рейкових плітей (підрозд. 3.3-3.5) з дотриманням усіх необхідних умов і характерних для зварювального процесу параметрів. Попередній вигин рейкових плітей може виконуватися як у горизонтальній площині, так і вертикальній послідовно по кожній рейковій нитці або одночасно по обох нитках.

При виготовленні «довгих» рейкових плітей як у процесі капітального ремонту колії, так і її експлуатації одночасно з технологічними вимогами необхідно дотримуватися і цілого ряду вимог відносно температурних умов закріплення. По-перше, «короткі» рейкові пліті, що підлягають зварюванню, слід закріпити після їх укладання в розрахунковому температурному інтервалі, більш того, при оптимальній температурі (25–35 °С). По-друге, різниця в температурі закріплення суміжних рейкових плітей, що зварюються, має бути не більше 5 °С. По-третє, зварювання з попереднім вигином закріплених плітей слід проводити при температурі, що відповідає середній температурі закріплення двох плітей, які зварюються, з допустимим відхиленням ± 5 °С. Можна проводити зварювання при температурах, що відрізняються від середньої і на більше значення (до ± 15 °С), але з обов'язковим наступним перерозподілом напружень з ослабленням гайок клемних болтів і встановленням плітей на кожній 15-й шпалі на поліетиленові пластини вздовж 150 м у кожен бік від місця зварювання.

5. РОЗРЯДЖАННЯ ТА РЕГУЛЮВАННЯ ТЕМПЕРАТУРНИХ НАПРУЖЕНЬ У РЕЙКОВИХ ПЛІТЯХ БЕЗСТИКОВОЇ КОЛІЇ

5.1. Загальні положення

Розряджання температурних напружень у рейкових плітях – це специфічна робота, виконувана на безстиковій колії для того, щоб забезпечити її стійкість проти викиду. Вона виконується в таких випадках:

- при перезакріпленні плітей на постійний режим експлуатації після їхнього тимчасового закріплення за межами розрахункового температурного інтервалу або в необхідних випадках перед зварюванням у «довгі» пліті;

- за необхідності виконання ремонтних робіт з використанням важких колійних машин, коли температура рейкових плітей перевищує допустимі відхилення від температури їх закріплення;

- необхідності виконання невідкладних колійних робіт, наприклад виправлення різкого викривлення колії в плані;

- після остаточного відновлення цілісності рейкової пліті, якщо зварювальні роботи проводилися при температурі, що виходила за межі розрахункового температурного інтервалу, або при температурі, нижчої температури закріплення;

- при переході від літнього режиму роботи безстикової колії до зимового і навпаки в деяких кліматичних районах при недостатній потужності верхньої будови колії, наприклад з рейками Р50. Такі розряджання називаються сезонними і виконуються двічі на рік – весною та восени.

До цього часу відомо багато способів зняття температурних напружень. На наших залізницях розряджання виконується в основному такими способами або їх поєднанням:

- пропускання графікових поїздів з обмеженою швидкістю;

- виваження рейкових плітей на коткові опори;
- із застосуванням пристроїв ударної, гідравлічної або вібраційної дії.

Різні способи розряджання дають різний ефект зняття напружень. Пропускання поїздів зі зменшеною швидкістю по частково розкріплених рейкових плітях неістотно зменшує погонний опір поздовжньому пересуванню рейок і особливо не впливає на розподіл напружень по довжині пліті [13]. Не вдається досягти повного зняття напружень у рейкових плітях і при їх струшуванні дерев'яними кувалдами або розганяльним пристроєм. Кращі результати досягаються при використанні таких гідравлічних приладів, як розганяльний типу РН-01 або ПРНА-1.

Найголовнішим із вказаного вище переліку розряджання є перше, тобто розряджання температурних напружень при закріпленні рейкових плітей на постійний режим експлуатації або підготовці «коротких» рейкових плітей для їх зварювання в «довгі». При цьому розряджання необхідне найбільш повне зняття напружень у рейкових плітях, для чого їх слід поставити на коткові опори: роликові, шарикові, підвісні (рис. 5.1) або на пластини з нержавіючої сталі, фторопласту, нафталену, поліаміду та інших матеріалів з низьким коефіцієнтом тертя (не більше 0,1), а за їхньої відсутності – на прокладки з поліетилену [1].

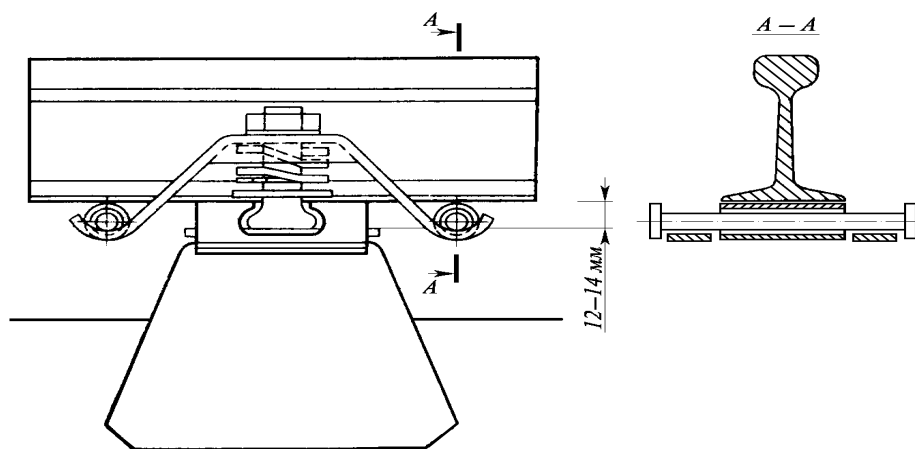


Рис. 5.1. Підвісні ролики для розряджання напружень у рейкових плітях без перерви руху поїздів

При застосуванні роликів опор їх встановлюють не рідше, ніж через 15 шпал. Самі ролики мають бути діаметром 20–22 мм. Конструкція їхня має забезпечувати швидкість і безпеку при встановленні і знятті, а також перпендикулярність до осі рейки. У місцях встановлення роликів підрейкові прокладки слід тимчасово вилучити. При застосуванні інвентарних прокладок з низьким коефіцієнтом тертя загальною товщиною 8–10 мм їх встановлюють прямо на основні підрейкові прокладки на кожній 15-й шпалі. Для кращого вирівнювання напружень необхідно додатково струснути пліті ударами дерев'яних кувалд або механічними пристроями.

Якість розряджання перевіряють за поздовжніми переміщеннями окремих перерізів пліті відносно постійних реперів (опори контактної мережі, штучних споруд та ін.) або «маячних» шпал (рис. 5.2) і нанесених між ними через 50 м додаткових рисок, а також за збільшенням або зменшенням довжини пліті, що спостерігається на її кінцях.

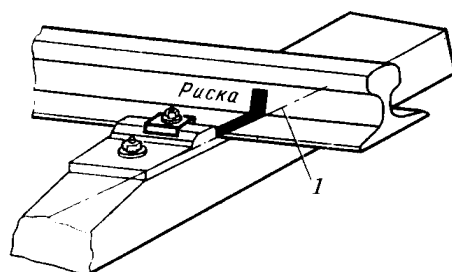


Рис. 5.2. «Маячна» шпала для контролю уgonу і температурно-напруженого стану рейкових плітей безстикової колії:

1 – лінія сполучення риски з кромкою підкладки

«Маячні» шпали влаштовуються, як правило, через кожні 100 м. Вони являють собою шпали, розташовані проти пікетного стовпчика з яскраво пофарбованим верхом біля рейки. Щоб «маячна» шпала не зміщувалась, вона має бути завжди добре підбита, закладні болти на ній

затягнуті, типові клеми замінені клемами зі зменшеною висотою лапок, а гумові чи гумово-кордові прокладки – поліетиленовими або іншими з хорошими антифрикційними властивостями.

5.2. Розрядження температурних напружень із закріпленням плітей на постійний режим експлуатації

Розрядження температурних напружень – одна із найбільш відповідальних і трудомістких колійних робіт на безстиковій колії, що потребує зниження швидкості руху поїздів або навіть закриття перегону. Тому необхідно прагнути до зменшення кількості розряджань при експлуатації безстикової колії. Це досягається укладанням безстикової колії температурно-напруженого типу, неодмінною умовою якої є закріплення рейкових плітей при температурах, що знаходяться в межах розрахункового температурного інтервалу. Але при укладанні рейкових плітей не завжди вдається закріпити їх у межах цього інтервалу. Тому в таких плітях з настанням розрахункових температур необхідно провести розрядження з закріпленням на постійний режим експлуатації.

Таке розрядження виконують з виваженням рейкових плітей на ролики, що потребує надання «вікна», або з застосуванням ковзних пластин чи підвісних роликів, коли допускається рух поїздів з обмеженою швидкістю.

При розряджанні напружень відбувається зміна довжини рейкових плітей. У зв'язку з цим у зрівнювальних прогонах укладають зрівнювальні рейки іншої довжини. Очікувана зміна довжини рейкової пліті на її кінцях розраховується за формулою

$$\Delta l = \alpha \frac{L}{2} (t_p - t_s), \quad (5.1)$$

де L – довжина пліті;

t_p – температура рейкової пліті під час розряджання;

t_3 – температура рейкової пліті при попередньому закріпленні.

Оскільки подовження або скорочення рейкової пліті відбувається з подоланням погонного опору, то для зручності контролю повноти і рівномірності зняття температурних напружень по всій довжині рейкової пліті користуються графіком (рис. 5.3), де величина переміщень у кожному контрольному перерізі розраховується за формулою

$$\Delta l_i = \sum_{i=1}^n \alpha \cdot l_i (t_p - t_3), \quad (5.2)$$

де l_i – відстань між контрольними перерізами (приймається, як правило, 50 м);

n – кількість контрольних перерізів на довжині напівпліті.

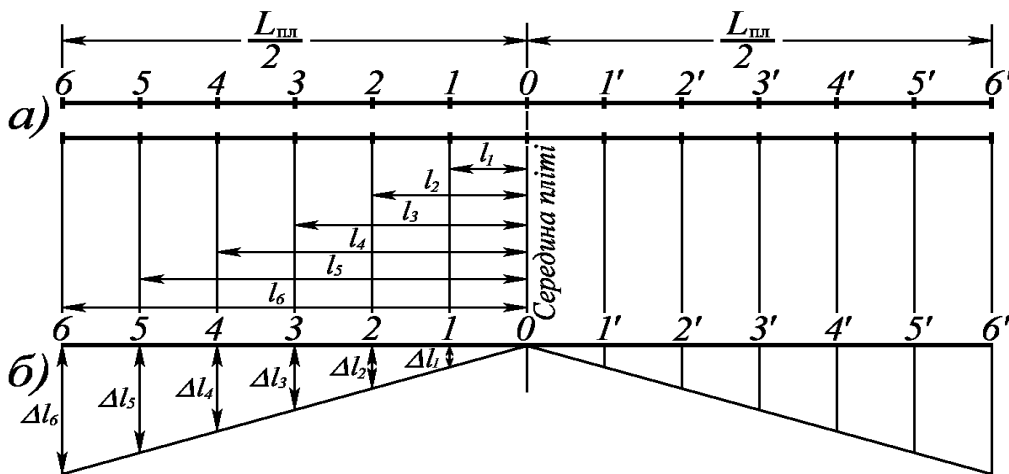


Рис. 5.3. Схема розмітки контрольних перерізів по довжині рейкової пліті (а) і графік розрахункових переміщень (б)

Розряджання напружень, як правило, проводять одночасно по обох рейкових нитках. При послідовному розряджанні різниця температур закріплення обох рейкових плітей не має перевищувати 5 °С. При більшій різниці відчутно знижується стійкість безстикової колії через різні

значення поздовжніх стискальних зусиль в обох плітях. Температуру пліті заміряють на початку і в кінці закріплення, приймаючи за температуру закріплення середню з цих двох замірів.

Залежно від технічних засобів, що використовуються при розряджанні температурних напружень, як уже зазначалося, роботи проводяться або у «вікно», або в інтервалах між поїздами з огороженням місця проведення робіт сигналами зупинки. Усі роботи поділяються на підготовчі, основні та заключні.

У підготовчий період на першій і другій напівплітях дві колійні бригади по вісім монтерів колії в кожній, починаючи від кінців плітей до їхньої середини, знімають з підкладок прокладки на кожній 15-й шпалі. Потім на цих і двох сусідніх відкручують гайки клемних болтів на два-три оберти і розкладають по два ролики. Після підготовки до заміни зрівнювальних рейок знімають разом з клемами клемні болти на двох шпалах підряд із трьох і другий і п'ятий болти в стиках, що розбираються при заміні зрівнювальних рейок. Після одержання інформації дорожнім майстром про наявність поїздів на підходах у проміжку між ними проводять заміну зрівнювальних рейок. У зазори, що утворились у стиках, встановлюють і закріплюють рейкові вкладиші.

Основні роботи виконують у «вікно» тривалістю 2 год (рис. 5.4). Для цього колійний моторний гайковерт, що прибув до місця робіт, переводять у робочий стан і на першій напівпліті відкручують на шість-сім обертів підряд гайки клемних болтів, пересуваючись від кінців плітей до їхньої середини. У цей же час з іншого кінця цієї пари рейкових плітей у напрямку від кінців до середини вісім монтерів колії також відкручують гайки клемних болтів.

Одночасно з роботами з відкручування гайок клемних болтів по два монтери колії гідравлічними домкратами виважують рейкові пліті і на кожній 15-й шпалі, де зняті підрейкові прокладки укладають ролики на підкладки і опускають на них пліті. Ролики укладають цілком

перпендикулярно до осі пліті, розташовуючи їх відносно краю підкладок з урахуванням напрямку пересування плітей при розряджанні.

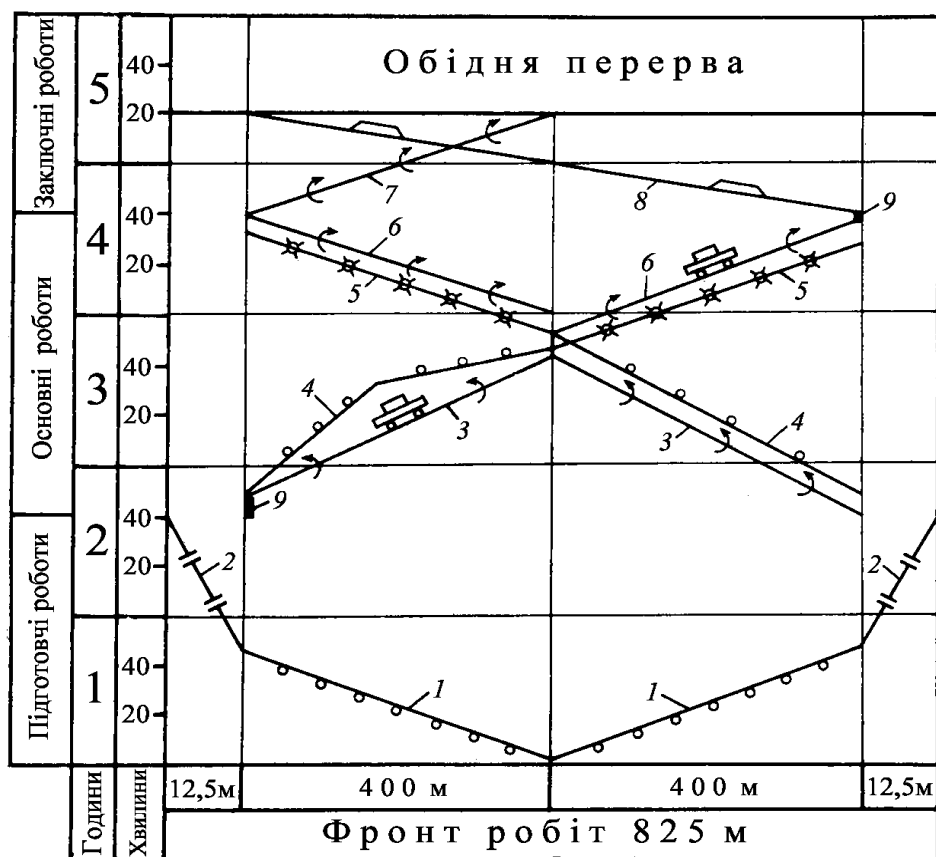


Рис. 5.4. Графік розряджання температурних напружень у рейкових плітях із застосуванням колійного моторного гайковерта:

- 1 – попереднє розкладання роликів на кожній 15-й шпалі всередині колії;
- 2 – підготовка і заміна зрівнювальних рейок;
- 3 – відкручування гайок клемних болтів гайковертом і бригадою монтерів колії;
- 4 – зняття підрейкових прокладок і укладання роликів на підкладки на кожній 15-й шпалі;
- 5 – зняття роликів з підкладок і укладання монтажних прокладок на кожній 15-й шпалі;
- 6 – закручування гайок клемних болтів гайковертом і монтерами колії;
- 7 – закручування гайок клемних болтів на пропущених шпалах;
- 8 – збирання знятих роликів та інструменту, опорядження баластної призми по фронту робіт;
- 9 – підготовка гайковерта в робочий і транспортний стани

Якщо одержати розрахункові переміщення рейкових плітей по їхній довжині не вдається, то необхідно застосовувати ударні або гідравлічні прилади. Дорожній майстер і особи, які йому допомагають, постійно стежать за пересуванням міток на плітях, і як тільки воно припинилося, ролики знімаються, а на їхнє місце укладаються підрейкові прокладки, починаючи від середини плітей у напрямку до їхніх кінців.

Після зняття роликів і укладання підрейкових прокладок на підкладки гайковертом, яким відкручували гайки клемних болтів на першій напівпліті, починають закручувати послідовно гайки всіх клемних болтів у напрямку від середини плітей до кінців другої напівпліті.

Одночасно бригада монтерів колії, які працювали на другій напівпліті, закручують послідовно гайки клемних болтів через одну шпалу, починаючи від середини рейкових плітей у напрямку до кінців першої напівпліті. Після вимірювання температури рейок на початку і в кінці закріплення дорожній майстер записує середню температуру в Журналі обліку служби і режиму експлуатації рейкових плітей.

Інші монтери колії під керівництвом бригадирів закінчують усі роботи у зрівнювальних прогонах і після встановлення стикових з'єднувачів знімають поперечні перемички. Гайковерт, що закінчив закручування гайок клемних болтів на другій напівпліті, переводять у транспортний стан і відправляють на станцію. Після перевірки стану колії дорожній майстер по телефону передає повідомлення про відкриття перегону для руху поїздів зі швидкістю місцем робіт 40 км/год.

У заключний період перша бригада з восьми монтерів колії закручує гайки клемних болтів на пропущених шпалах першої напівпліті. Друга бригада по всьому фронту робіт опоряджує баластну призму і узбіччя земляного полотна. Після закінчення закручування гайок усіх клемних болтів на першій напівпліті і перевірки стану колії майстер дає вказівку про зняття огороження і передає по телефону повідомлення про відміну попередження і встановлення графікової швидкості руху поїздів.

При проведенні розряджання «під поїздами» із застосуванням ковзних пластин або підвісних роликів порядок і склад робіт суттєво не змінюються, але мають деякі особливості. Після заміни зрівнювальних рейок пліті звільняють від закріплення. Гайки необхідно відкрутити так, щоб забезпечити можливість укладання під рейки ковзних пластин або встановлення підвісних роликів і в той же час не допустити виходу подошви рейки з реборд підкладок. Усі роботи виконуються без перерви руху поїздів, для яких швидкість обмежується до 25 км/год.

5.3. Основні положення щодо регулювання температурних напружень у рейкових плітях безстикової колії

Для забезпечення надійної роботи безстикової колії температурно-напруженого типу, як уже зазначалося, необхідно укладати і закріплювати рейкові пліті в межах розрахункового температурного інтервалу. Більш того, бажано це робити ближче до верхньої межі цього інтервалу. Але в багатьох випадках при укладанні плітей у момент їхнього закріплення температурні умови не відповідають розрахунковим. Досвід укладання безстикової колії говорить про те, що більшість рейкових плітей укладаються в осінньо-весняний період і навіть взимку, тобто при достатньо низьких температурах. Тому при укладанні рейкових плітей за межами нижньої границі розрахункового інтервалу виникає необхідність у проведенні робіт з розряджання температурних напружень із закріпленням на постійний режим експлуатації, що проводиться з настанням розрахункових температур. Ця робота потребує додаткових трудових витрат і перерв руху поїздів, а також не завжди можлива з точки зору її виконання при необхідних температурних умовах.

Усунення вказаних труднощів при укладанні безстикової колії досягається шляхом штучного введення рейкових плітей у розрахунковий

інтервал, що може здійснюватися як при їх укладанні, так і проведенні робіт з розряджання температурних напружень. Для цього переважно використовують рейко-нагрівальні пристрої [13] або пристрої для розтягування рейкових плітей [14].

Нагрівання рейкових плітей, як правило, проводиться в процесі їх укладання при заміні інвентарних рейок. При цьому рейко-нагрівальний пристрій приступає до роботи після насування на підкладки 100–150 пог. м плітей, зболчування початкових стиків і закручування гайок клемних болтів на початку пліті. З пересуванням нагрівального пристрою проводиться контроль переміщення рейкових плітей у відповідності з розрахунковими в перерізах рейок, встановлених до початку «вікна» через кожні 50 м. За необхідності температура нагрівання корегується. Після нагрівання кінцевої ділянки плітей зрівнювальні рейки, що до них прилягають, вилучаються, а на їхнє місце укладаються вкорочені рейки, підготовлені ще до початку «вікна».

Разом із перевагами нагрівальні пристрої мають і ряд істотних недоліків, таких як технічна складність забезпечення рівномірного подовження плітей по всій довжині через нерівномірність нагрівання, значні витрати на експлуатацію пристрою, екологічні проблеми та інші. Тому останнім часом більше застосовуються пристрої силової дії.

Для введення рейкових плітей у розрахунковий інтервал шляхом їхнього розтягування застосовують гідравлічні пристрої, що забезпечують величину поздовжнього зусилля до 700–800 кН і переміщення рейки до 0,3–0,4 м. Їх використовують як при укладанні плітей, так і розряджанні температурних напружень у процесі експлуатації. Перед початком проведення робіт з укладання плітей при температурі плітей нижче розрахункової заміряється температура рейок і виконуються розрахунки величини подовження пліті λ і величини необхідного зусилля за формулами (1.1) і (1.4). Потім розраховується довжина анкерних ділянок з

двох боків пліті, які необхідні для того, щоб у процесі робіт пересувалася тільки пліть, а зрівнювальні рейки з обох боків від неї залишалися нерухомими. При необхідному збільшенні температури закріплення рейок Δt від 0 до 30 °С довжина анкерних ділянок встановлюється в межах від 0 до 25 м.

У процесі укладання плітей слідом за укладальним поїздом через кожні 50 м на підшві рейок наносяться риски проти краю підкладки. Пліть вивантажується на ролики або пластини з малим коефіцієнтом тертя (поліамідні, фторопластові або інші). Гідравлічний пристрій встановлюється після укладання плітей і закріплення анкерних ділянок (на анкерних ділянках гайки клемних і закладних болтів мають бути затягнуті з крутним моментом $M_{кр} = 220\text{--}240$ Н·м для забезпечення погонного опору рейок не менше $p = 25\text{--}30$ кН/м).

У процесі розтягування плітей проводиться їх струшування ударами дерев'яних кувалд або іншими механічними засобами. Правильність виконання робіт контролюється за трьома критеріями: повне розрахункове подовження пліті, відповідність розрахункового зусилля фактичному (за відліком на приладі), розрахункове зміщення кожної з рисок. Закріплення рейкових плітей виконується способом, викладеним вище.

При розряджанні температурних напружень у процесі експлуатації за температурою закріплення плітей визначається розрахункове подовження їх при введенні в розрахунковий температурний інтервал і відповідне скорочення зрівнювальних рейок. При цьому може виникнути необхідність укладання скорочених рейок як з одного, так і з двох боків від пліті. Далі роботи виконуються як і при укладанні плітей.

Регулювання температурних напружень при розряджанні можна проводити в окремих випадках і без додаткових технічних засобів. Особливість такого підходу полягає в тому, що зміну довжини пліті при розряджанні температурних напружень здійснюють не на повну, а на

розрахункову величину, що відповідає вибраній розрахунковій температурі закріплення рейкових плітей. При такому способі температурою закріплення плітей після розряджання є не фактична температура рейок, а розрахункова $t_{розр}$, що розраховується за величиною фактичної зміни довжини рейкових плітей як

$$t_{розр} = \frac{\lambda_{\phi}}{\alpha \cdot L} + t_з, \quad (5.3)$$

де λ_{ϕ} – фактична зміна довжини пліті при розряджанні;

L – довжина пліті.

Таким способом зручно користуватися, коли має місце велика різниця між тимчасовою температурою закріплення рейкової пліті і температурою, при якій виконуються роботи. Але слід розуміти, що цей спосіб може бути використаний для введення плітей у розрахунковий температурний інтервал тільки за умови точної фіксації їхньої температури при укладанні або попередньому розряджанні, а також за відсутності в плітях зломів та ознак угону.

6. УЛАШТУВАННЯ БЕЗСТИКОВОЇ КОЛІЇ НА МОСТАХ

6.1. Загальні положення

У вирішенні загального завдання широкого впровадження безстикової колії особливе місце займає укладання її на мостах. Незважаючи на тривалий період експлуатації безстикової колії і значне її розповсюдження, яке дозволило накопичити певний досвід і провести дослідження такої колії, питання укладання і експлуатації безстикової колії все ж таки зберігають актуальність.

Особливо актуальною є ліквідація рейкових стиків на безбаластових мостах з металевими прогоновими будовами, найбільш чутливих до ударних навантажень. Це дає змогу зменшити динамічну дію рухомого навантаження і гальмових сил на елементи моста, а також ліквідувати одне з основних джерел шуму. Згідно з чинними зараз Технічними вказівками [1] без обмежень можна укласти рейкові пліти на металевих мостах сумарною довжиною до 33 м. З додатковими умовами та заходами можна укласти безстикову колію на однопрогонових мостах довжиною до 55 м і багатопрогонових мостах загальною довжиною до 66 м. Можливість і умови укладання безстикової колії на мостах більшої довжини встановлюються окремим проектом.

Особливе місце в цій проблемі займає питання щодо укладання на мостах безстикової колії температурно-напруженого типу з визначенням умов її закріплення та експлуатації.

Основна особливість роботи безстикової колії полягає в рухомості основи (прогонової будови) при зміні температури і поїзного навантаження. Рейки в температурно-напруженій конструкції безстикової колії, на відміну від прогонової будови, не змінюють своєї довжини. Внаслідок поздовжнього переміщення прогонової будови відносно

рейкової пліті долаються сили опору в місцях з'єднання. Сили, що при цьому виникають, залежать від довжини прогонової будови і опору у вузлах з'єднань її з пліттю. При жорсткому з'єднанні рейкових плітей і прогонових будов ці сили в перший період експлуатації нового укладеного мостового полотна збільшують основні напруження в рейках і елементах моста, а в подальшому викликають розладнання мостового полотна.

При значному зменшенні опору зсуву виникає небезпека утворення великого зазора при зламі рейкової пліті.

Отже, при улаштуванні безстикової колії на безбаластових мостах потрібно враховувати, з одного боку, сили опору зміні довжини прогонової будови, які б не створювали недопустимих напружень у рейках і відповідних елементах моста і не викликали розладнання мостового полотна, а з іншого боку, перешкождали утворенню великого зазора при зламі рейкової пліті взимку.

6.2. Особливості роботи безстикової колії на металевих мостах з безбаластовим мостовим полотном

Основним фактором, який визначає особливості роботи рейкової пліті на мосту, є рухомість підрейкової основи, обумовлена поздовжніми переміщеннями прогонових будов від дії температури та поїзного навантаження.

За наявності зв'язку рейкових плітей і мостового полотна з прогоною будовою в них виникають однакові за значенням і протилежні за знаком зусилля. Ці зусилля визначаються погонним опором зсуву рейкових плітей відносно мостового полотна, причому цей опір, як показують дослідження [2], за певних умов суттєво залежать від переміщень підрейкової основи. У зв'язку з цим вплив рухомої підрейкової основи особливо сильно позначається при укладанні на прогонових будовах безстикової колії.

Мостове полотно безбаластового типу, міцно пов'язане з металевою фермою або балкою, здійснює разом з нею зворотно-поступові переміщення. Узгодити температурні деформації прогонової будови і рейок можна тільки в тому випадку, коли довжина рейок і температурного прогону однакова. Проте обмежувати в багатьох випадках довжину рейок температурним прогоном недоцільно. Якщо ж перекрити міст з безбаластовим полотном рейковою плиттю більшої довжини, то при поздовжніх деформаціях прогонової будови на рейки будуть діяти дотичні сили тертя у вузлах проміжних скріплень (рис. 6.1), що викличуть додаткову дію на рейкові плиті.

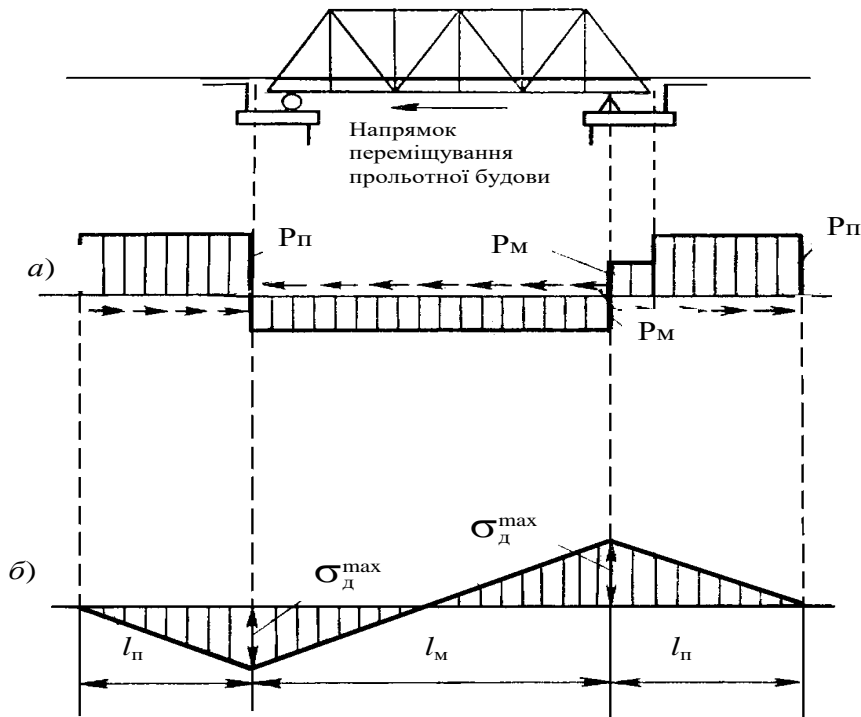


Рис. 6.1. Епюри дотичних сил, що діють по підшві рейки (а), і нормальних напружень (б), що виникають внаслідок подовження прогонової будови

Ці сили є особливо відчутними над рухомими опорами. Встановлено, що при роздільному скріпленні типу КБ на мостах з прогоновими будовами довжиною від 33 до 55 м їхні поздовжні деформації можуть

викликати в рейках нормальні напруження величиною 50–75 МПа, не враховані в розрахунках міцності колії на земляному полотні. Навіть при порівняно невеликому затягуванні гайок скріплень крутним моментом 50 Н·м напруження в рейках над рухомою опорою більше, ніж в середині прогонової будови приблизно на 40 МПа [2].

Тому обов'язкова вимога до проміжних скріплень для безстикової колії на земляному полотні – забезпечувати найбільший погонний опір поздовжньому зсуву рейкових плітей p_n не менше 25 кН/м – є неприйнятною для мостів з безбаластовим мостовим полотном.

Щоб забезпечити незалежну температурну роботу прогонової будови і рейкових плітей необхідно до мінімуму звести погонний опір на мосту, тобто $p_m \approx 0$. Для цього використовують на мосту проміжні скріплення, що забезпечують збереження параметрів рейкової колії, але не перешкоджають поздовжньому переміщенню мостового полотна відносно рейок. Це стандартні скріплення КД або КБ зі спеціально вкороченими ніжками клем (рис. 6.2) [1, 15]. Проте укладання на мостовому полотні незакріплених рейкових плітей викликає небезпеку розкриття великого зазора при злому пліті на мосту при низькій температурі взимку.

Величину зазора, що утворюється у випадку злому пліті на мосту, можна зменшити, якщо забезпечити зв'язок рейок з мостовим полотном. Найбільші додаткові напруження $\Delta\sigma$ в рейці виникнуть над рухомою опорною частиною прогонової будови

$$\Delta\sigma = \frac{\Delta P}{\omega} = \frac{p_m \cdot l_m}{2\omega}, \quad (6.1)$$

де p_m – погонний опір поздовжньому зсуву рейки в межах прогонової будови, Н/м;

ω – площа поперечного перерізу рейки, м²;

l_m – довжина прогонової будови.

де $[\sigma]$ – допустимі напруження в рейках при розрахунках безстикової колії ($[\sigma] = 350$ МПа для незагартованих рейок; $[\sigma] = 400$ МПа для термічно зміцнених рейок);

σ_k – кромкові напруження в рейках від дії рухомого складу;

κ_n – коефіцієнт запасу міцності ($\kappa_n = 1,3$ для рейок першого терміну служби; $\kappa_n = 1,4$ для рейок, що пропустили нормативний тоннаж);

σ_t – температурні напруження, що виникли в закріплених рейкових плітях внаслідок нездійснених змін їхньої довжини при змінюванні температури.

Резерви міцності зварних рейкових плітей еквівалентні змінюванням температури ΔT , за Технічними вказівками [1], визначаються різницею допустимої $[T]$ і фактичної T_A річних амплітуд коливань температури рейок

$$\Delta T = [T] - T_A. \quad (6.4)$$

Допустиме значення додаткової сили в цьому випадку

$$\Delta P = \alpha \cdot E \cdot \omega \cdot \Delta T. \quad (6.5)$$

Виходячи з виразів (6.1) і (6.5)

$$\alpha \cdot E \cdot \omega \cdot \Delta T = \frac{P_m \cdot l_m}{2},$$

звідки допустима величина погонного опору при рівномірному закріпленні рейкових плітей на металевому мосту має бути

$$P_m \leq \frac{2\alpha \cdot E \cdot \omega}{l_m} \Delta T, \quad (6.6)$$

де α – коефіцієнт лінійного розширювання рейкової сталі ($\alpha = 11,8 \cdot 10^{-6}$ 1/град);

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

Для рейок Р65 вираз (6.6) має вигляд

$$p_m \approx 40936 \frac{\Delta T}{l_m}, \text{ Н/м} \quad \text{або} \quad p_m \approx 41 \frac{\Delta T}{l_m}, \text{ кН/м}. \quad (6.7)$$

Наприклад, для екстремальних умов, коли виходячи з існуючого локомотивного парку та конструкції колії в середньому $[\Delta t_p] \approx 72 \text{ }^\circ\text{C}$, $[\Delta t_c] = 55 \text{ }^\circ\text{C}$, тобто $[T] = [\Delta t_p] + [\Delta t_c] - [\Delta t_3] = 72 + 55 - 10 = 117 \text{ }^\circ\text{C}$, а $T_A = 103 \text{ }^\circ\text{C}$ в районі Луганська чи $T_A = 80 \text{ }^\circ\text{C}$ в районі Севастополя [1], різниця між допустимою і фактичною температурними амплітудами ΔT становитиме відповідно 14 і 37 $^\circ\text{C}$. А це означає, що за формулою (6.7) величина допустимого опору p_m на металевих мостах з довжиною прогонів 66 м, виходячи з умов міцності рейок, може бути відповідно 8,6 і 22,9 кН/м, тобто в досить широких межах.

Однак при експлуатації безстикової колії на мостах додаткові сили виникають не тільки в рейкових плітках, але й елементах моста. Причому значення цих сил в елементах моста незначні і в більшості випадків можуть не враховуватись, крім випадку злому пліти на мосту, при якому максимальна сила, що передається на опорні частини і опори без урахування її позацентрового прикладання і розвантажувальної дії контррейок і сусідньої рейки, визначається опором p_m і довжиною прогонової будови l_m .

Опорні частини і опори моста розраховуються на гальмові навантаження як

$$N_m = 0,1 K \cdot l_m, \quad (6.8)$$

де K – нормативне тимчасове (поїзне) навантаження, для більшості прогонових будов приймається 140 кН/м.

Імовірність злому обох рейкових плітей на мосту одночасно – мізерна, тому

$$\Delta P = p_m \cdot l_m \leq 0,05K \cdot l_m. \quad (6.9)$$

З урахуванням позацентрового прикладання навантаження і розвантажувальної дії контррейок і сусідньої рейки можна прийняти

$$\frac{p_m \cdot l_m}{1,2} \leq 0,05K \cdot l_m,$$

звідки

$$p_m \leq 0,06K, \quad (6.10)$$

що складає 8,4 кН/м.

Отже, із усього вищесказаного випливає, що величина погонного опору при рівномірному закріпленні рейкових плітей на металевих мостах, як з умов міцності плітей, так і умов міцності та стійкості опор мостів, остаточно має бути не більше 8,4 кН/м.

6.3. Температурні умови улаштування та експлуатації безстикової колії на металевих мостах

6.3.1. Робота безстикової колії на металевих мостах при зломі рейкових плітей

Небезпека злому пліті полягає не тільки в можливій передачі на опорні частини моста великих сил, але й утворенні великого зазора, небезпечного для руху поїздів.

Допустима розрахункова величина зазора в місці злому пліті на земляному полотні, а тим більше на мосту, довгий час не була

регламентована нормативними документами. У рекомендаціях з укладання безстикової колії на мостах без баласту, прийнятих на нараді групи експертів ІХ комісії організації співдружності залізниць (ОСЗ), як допустиму величину прийнято зазор 50 мм. Згідно з діючими в Україні Технічними вказівками [1] допускається зазор не більше 50 мм.

Як відомо, величина зазора $\lambda_{зл}$, що утворюється у випадку злому рейкової пліті з погонним опором поздовжньому зсуву p_n , розраховується за формулою

$$\lambda_{зл} = \frac{\alpha^2 \cdot E \cdot \omega}{p_n} \Delta t_{зл}^2, \quad (6.11)$$

де $\Delta t_{зл}$ – різниця між температурою рейкової пліті при зломі і температурою її закріплення.

Як вже зазначалось, вимога забезпечення найбільшого погонного опору зсуву рейкових плітей на земляному полотні не може бути прийнята для мостів з безбаластовим мостовим полотном. Тут, щоб уникнути додаткових сил у рейкових плітях над рухомими опорами та сил, що діють на опорні частини в разі злому плітей, необхідно погонний опір звести до мінімуму.

За наявності незакріпленої ділянки в межах нерухомої частини пліті, що має місце на мосту з прогоною будовою l_m , величина розкриття зазора при зломі пліті в такому місці може бути розрахована за формулою

$$\lambda_{зл} = \alpha \cdot l_m \cdot \Delta t_{зл} + \frac{\alpha^2 \cdot E \cdot \omega}{p_n} \Delta t_{зл}^2, \quad (6.12)$$

де p_n – тут і в подальшому погонний опір поздовжньому зсуву рейок на підходах до моста.

Аналіз рівняння (6.12) показує, що зменшення розкриття зазора можна досягти шляхом зменшення довжини моста (безстикова колія може укладатися без обмежень на мостах довжиною до 33 м) або збільшення погонного опору на підходах до нього.

Результати, наведені вище, показують, що колія з рейками Р65 має достатні резерви міцності, які дають змогу застосовувати прикріплення рейок до мостового полотна з забезпеченням погонного опору близько 8 кН/м, визначеного з умов обмеження дії на опори мостів.

Існує декілька способів, що забезпечують необхідний погонний опір на мосту. Одним з таких способів є посилене прикріплення рейок до окремих мостових брусів (через 5–8 шт.) зі встановленням на інших брусах клем з вкороченими лапками. Закріплення таким способом зменшує розкриття зазора при зломі пліті приблизно в півтора разу, але дещо ускладнює незалежну роботу рейкових плітей і мостового полотна.

У зв'язку з цим більш доцільно застосовувати улаштування зосереджених сполучень між рейками і прогоновими будовами над нерухомими опорними частинами (рис. 6.3). У цьому випадку додаткові напруження в рейкових плітях від переміщення прогонових будов виникати не будуть, а з'єднання буде працювати на зсув лише у випадку злому пліті на мосту.

Епюри температурних напружень, що розрядилися в момент злому рейкової пліті з урахуванням роботи упорів, показані на рис. 6.4.

Складність виготовлення та улаштування таких упорів, а також ускладнене застосування на мостовому полотні з залізобетонними плитами робить їх не завжди ефективними.

Простіше аналогічного ефекту можна досягти, використовуючи замість упорів посилене прикріплення рейкових плітей до мостового полотна за допомогою роздільних скріплень у зоні нерухомої частини прогонової будови.

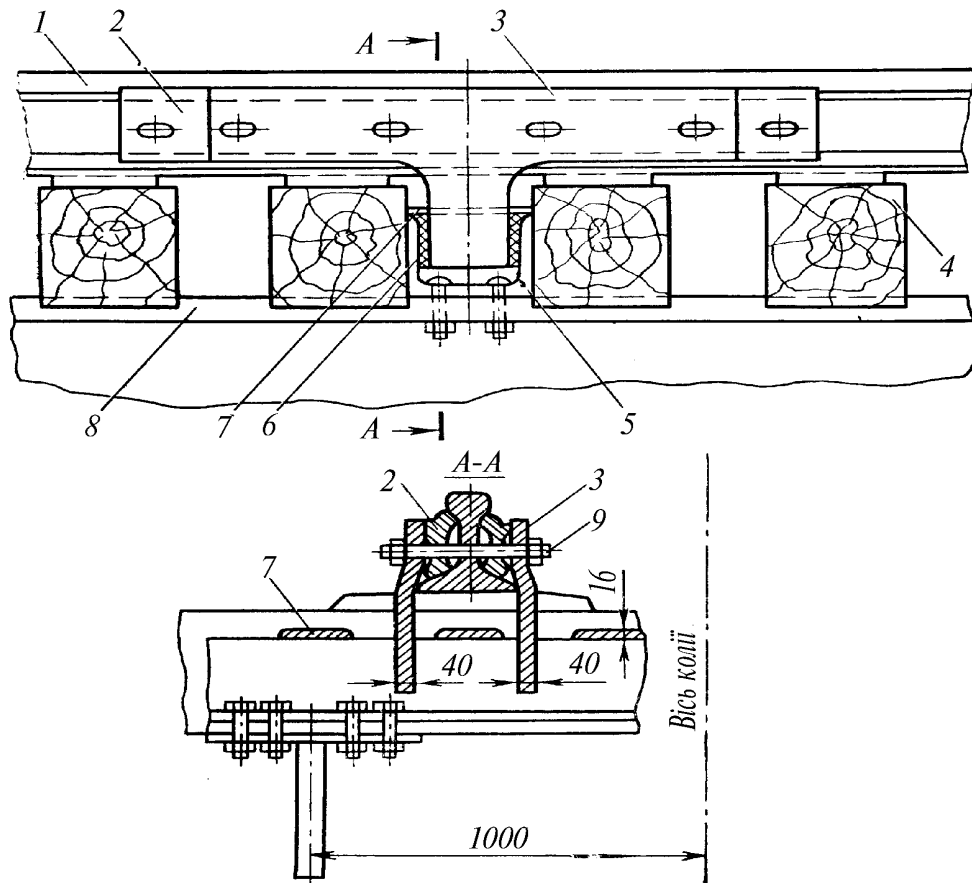


Рис. 6.3. Один із варіантів конструктивного рішення закріплення плітей упором на нерухомому кінці прогонової будови:

1 – рейкова пліть; 2 – стикові накладки; 3 – планки з фартухами;
 4 – мостові бруси; 5 – коритоподібний упор; 6 – ізоляція;
 7 – з’єднувальні планки; 8 – верхній пояс балки; 9 – болт підвищеної міцності (Ø 24 мм)

При закріпленні рейкових плітей на мостовому полотні на обмеженій ділянці в зоні нерухомих опорних частин зазор у зломі розкривається на меншу величину, що може бути розрахована за такими залежностями:

- для однопрогонових мостів

$$\lambda_{3л}^1 = \alpha l_{,м} \Delta t_{3л} + \frac{\alpha^2 E \omega}{2 p_n} \left(\Delta t_{3л} - \frac{R_n}{\alpha E \omega} \right)^2 + \frac{\alpha^2 E \omega}{2 p_n} \Delta t_{3л}^2; \quad (6.13)$$

- двопрогонових

$$\lambda_{3л}^2 = \alpha l_m \left(2\Delta t_{3л} - \frac{R_n}{\alpha E \omega} \right) + \frac{\alpha^2 E \omega}{2 p_n} \left(\Delta t_{3л} - \frac{2R_n}{\alpha E \omega} \right)^2 + \frac{\alpha^2 E \omega}{2 p_n} \Delta t_{3л}^2; \quad (6.14)$$

- трипрогонових

$$\lambda_{3л}^3 = \alpha l_m \left(3\Delta t_{3л} - \frac{2R_n}{\alpha E \omega} \right) + \frac{\alpha^2 E \omega}{2 p_n} \left(\Delta t_{3л} - \frac{3R_n}{\alpha E \omega} \right)^2 + \frac{\alpha^2 E \omega}{2 p_n} \Delta t_{3л}^2; \quad (6.15)$$

- чотирипрогонових

$$\lambda_{3л}^4 = \alpha l_m \left(4\Delta t_{3л} - \frac{3R_n}{\alpha E \omega} \right) + \frac{\alpha^2 E \omega}{2 p_n} \left(\Delta t_{3л} - \frac{4R_n}{\alpha E \omega} \right)^2 + \frac{\alpha^2 E \omega}{2 p_n} \Delta t_{3л}^2, \quad (6.16)$$

де l_m – довжина мостового прогону;

$\Delta t_{3л}$ – температурний перепад між температурою закріплення пліті на мосту і температурою, при якій відбувся її злом;

ω – площа поперечного перерізу рейки;

p_n – погонний опір поздовжньому зсуву рейок на підходах до моста;

R_n – сила опору, що діє на ділянці посиленого закріплення пліті на мосту біля нерухомих опорних частин, яка визначається залежно від довжини l_n ділянок посиленого закріплення (із досвіду встановлено $l_n \approx (0,2-0,25) l_m$) та опору p_m поздовжньому зсуву рейок на мосту, тобто $R_n = p_m \cdot l_n$ або $R_n = (0,2-0,25) p_m \cdot l_n$.

Як було зазначено вище, виходячи з міцності рейок та опорних частин моста величина погонного опору поздовжньому зсуву рейок при їхньому рівномірному закріпленні в межах моста не має бути більше 8,4 кН/м. Максимально допустиму величину погонного опору, враховуючи ці умови, на ділянці посиленого закріплення на мосту можна визначити з рівнянь $8,4 l_m = p_m \cdot l_n$ або $8,4 l_m = (0,2-0,25)[p_m] \cdot l_m$, звідки $[p_m] = 33,6-42$ кН/м.

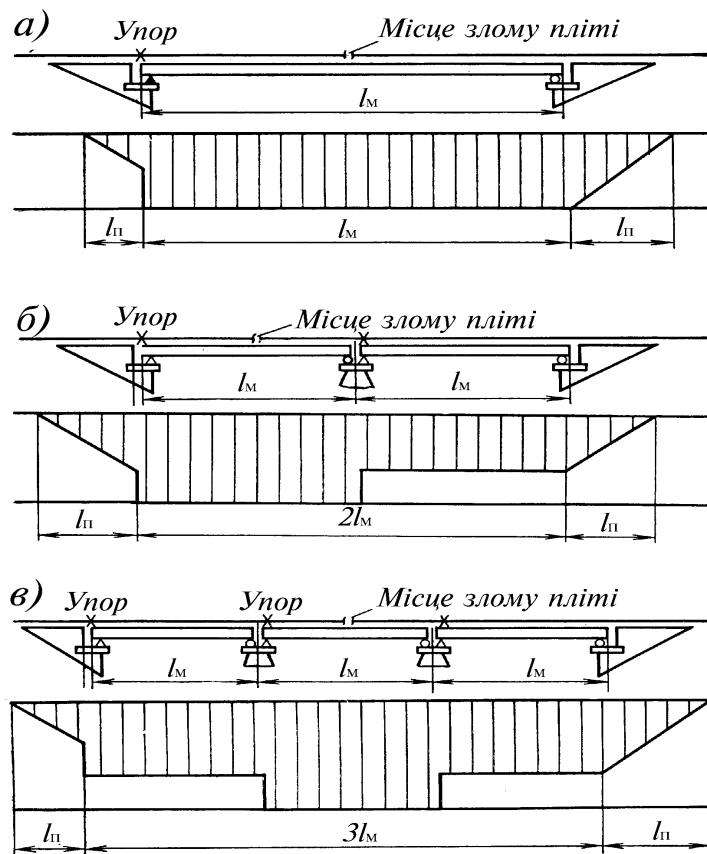


Рис. 6.4. Епюри температурних напружень при зломі рейкових плітей, закріплених упором на однопрогоновому мосту (а), двопрогоновому (б) і трипрогоновому мосту (в)

6.3.2. Визначення конструкції безстикової колії на металевих мостах з безбаластовим мостовим полотном і встановлення меж її застосування

З точки зору розширення сфер застосування безстикової колії, необхідно прагнути до збільшення допустимої різниці $[\Delta t_{зл}]$ між температурою закріплення пліти та можливою температурою злому, що в першу чергу залежить, як уже зазначалося, від умов закріплення плітей на мосту і його підходах, а також довжини мостових прогонів і їхньої кількості.

При розміщенні моста відносно положення рейкових плітей, коли міст знаходиться в межах їхньої нерухомої частини, має місце

температурно-напружена конструкція безстикової колії як на підходах, так і самому металевому мосту. Як відомо [1], необхідними умовами укладання температурно-напруженої конструкції безстикової колії є закріплення плітей у межах розрахункового температурного інтервалу. На підходах до моста

$$\left. \begin{aligned} \text{нижня межа } \min t_3 &= t_{\max\max} - [\Delta t_c] \\ \text{верхня межа } \max t_3 &= t_{\min\min} + [\Delta t_p] \end{aligned} \right\}, \quad (6.17)$$

де $[\Delta t_c]$ – допустимий інтервал змінювання температури в бік її підвищення, що визначається умовами стійкості безстикової колії;

$[\Delta t_p]$ – допустимий інтервал змінювання температури в бік її зниження, що визначається умовами міцності рейкових плітей.

На металевих мостах з безбаластовим мостовим полотном необхідно разом з умовами міцності та стійкості враховувати і обставини, при яких може відбутися наскрізний злом пліті з розкриттям зазора більше допустимих розмірів. Причому ці обставини на мостах є визначальними, оскільки пліті мають «неповноцінне» прикріплення до мостового полотна.

Тому, якщо нижня межа розрахункового інтервалу визначається так само, як і на підходах до моста (навіть забезпечується запас по стійкості), верхня межа розраховується за формулою

$$\max t_3 = t_{\min\min} + [\Delta t_{3л}], \quad (6.18)$$

де $[\Delta t_{3л}]$ – допустиме зниження температури за умовами розкриття зазора не більше допустимої величини у випадку наскрізного злomu пліті в межах моста.

Визначення інтервалу $[\Delta t_{3л}]$ зводиться до розв'язання рівнянь (6.13) – (6.16). Для зручності аналізу всіх умов роботи безстикової колії на металевих мостах з безбаластовим мостовим полотном і визначення

температурних умов закріплення плити краще користуватися рівняннями (6.13) – (6.16) узагальному вигляді [16]

$$\lambda_{3л}^n = \alpha l_m \left(n \Delta t_{3л} - \frac{(n-1)R_n}{\alpha E \omega} \right) + \frac{\alpha^2 E \omega}{2 p_n} \left[\left(\Delta t_{3л} - \frac{n R_n}{\alpha E \omega} \right)^2 + \Delta t_{3л}^2 \right]. \quad (6.19)$$

Після перетворень рівняння (6.19) відносно $\Delta t_{3л}$ приведено до вигляду квадратного рівняння

$$a \Delta t_{3л}^2 + b \Delta t_{3л} + c = 0, \quad (6.20)$$

де

$$\left. \begin{aligned} a &= \frac{\alpha E \omega}{p_n} \\ b &= \alpha n \left(l_m - \frac{R_n}{p_n} \right) \\ c &= \frac{n^2 R_n^2}{2 p_n E \omega} - \frac{l_m (n-1) R_n}{E \omega} - \lambda_{3л} \end{aligned} \right\}. \quad (6.21)$$

Після розв'язання рівняння (6.20) і наступних перетворень вираз для визначення $[\Delta t_{3л}]$ має вигляд

$$[\Delta t_{3л}] = \frac{\sqrt{n^2 l_m^2 p_n^2 - 2 n^2 l_m R_n p_n - n^2 R_n^2 + 4(n-1) l_m R_n p_n + 4[\lambda_{3л}] p_n E \omega}}{2 \alpha E \omega} - \frac{n(l_m p_n - R_n)}{2 \alpha E \omega}, \quad (6.22)$$

де $[\lambda_{3л}]$ – допустиме розкриття зазора при зломі плити на мосту ($[\lambda_{3л}] = 50$ мм).

Результати розрахунків наведені на графіках для мостів з прогонами з суцільних металевих балок (рис. 6.5 і 6.6) довжиною 18,2; 23; 27; 33,6 м і для мостів з прогонами з наскрізних балок-ферм (рис. 6.7 і 6.8) довжиною 33, 44, 55, 66, 77, 88 і 110 м.

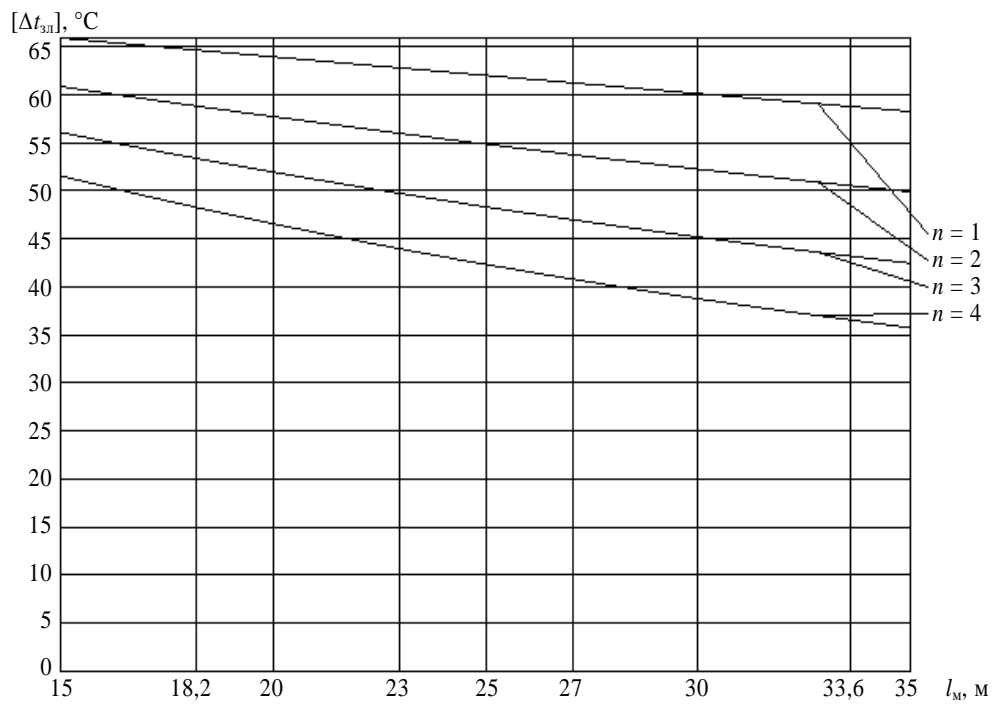


Рис. 6.5. Допустимі зниження температури за умовами допустимого розкриття зазора у випадку наскрізного злому пліті для мостів з прогонами з суцільних металевих балок при $p_m = 40$ кН/м, $p_n = 25$ кН/м

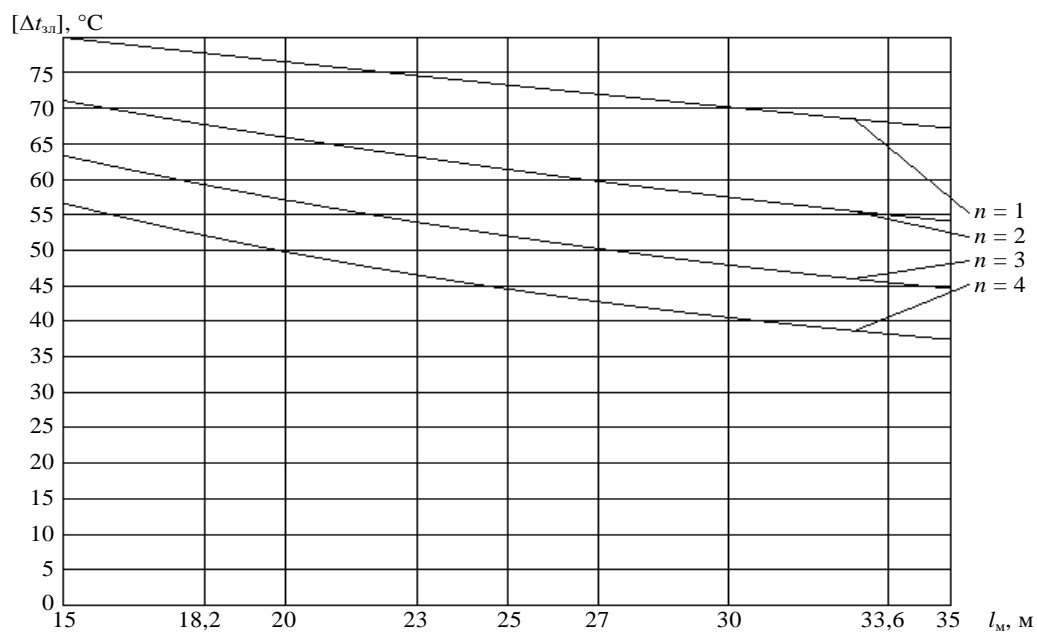


Рис. 6.6. Допустимі зниження температури за умовами допустимого розкриття зазора у випадку наскрізного злому пліті для мостів з прогонами з суцільних металевих балок при $p_m = 40$ кН/м, $p_n = 40$ кН/м

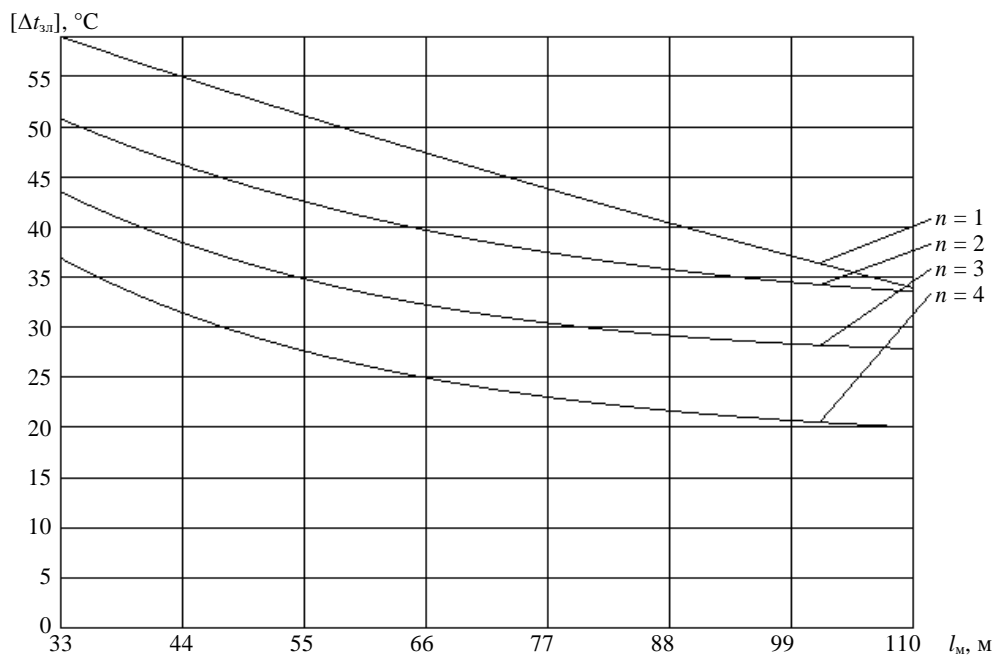


Рис. 6.7. Допустимі зниження температури за умовами допустимого розкриття зазора у випадку наскрізного злому пліті для мостів з прогонами з наскрізних балок-ферм при $p_m = 40$ кН/м, $p_n = 25$ кН/м

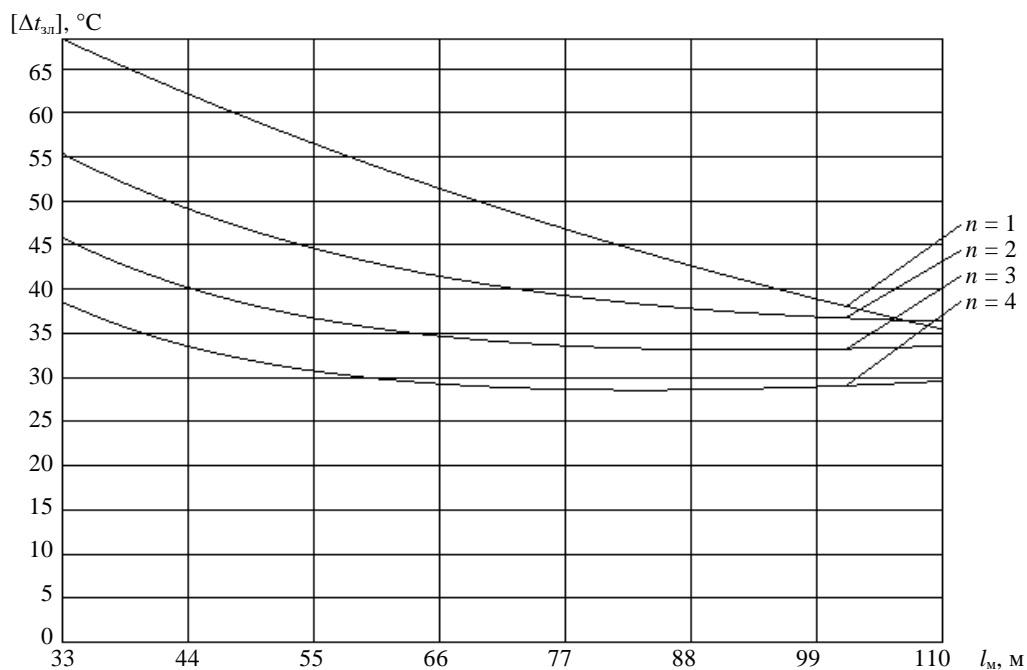


Рис. 6.8. Допустимі зниження температури за умовами допустимого розкриття зазора у випадку наскрізного злому пліті для мостів з прогонами з наскрізних балок-ферм при $p_m = 40$ кН/м, $p_n = 40$ кН/м

Із графіків видно, що на мостах з довжиною прогонів до 33 м величина $[\Delta t_{3л}]$ складає від 40 до 70 °С при $p_m = 40$ кН/м і $p_n = 40$ кН/м. При саме такому опорі на мостах з прогонами довжиною 66 м і більше $[\Delta t_{3л}]$ складає приблизно величину від 30 до 50 °С, чого залежно від кількості прогонів може бути замало. З графіків також видно, що суттєвий вплив на величину $[\Delta t_{3л}]$ має посилене закріплення рейкових плітей не тільки в межах нерухомих опорних частин, але й на підходах до моста.

Аналіз наведених вище результатів показує, що вибір конструкції безстикової колії і умов закріплення рейкових плітей при загальній довжині більше 66 м для багатопрогонних мостів і більше 55 м для однопрогонних мостів слід здійснювати з урахуванням конкретних експлуатаційних і конструктивних умов за індивідуальними проектами. При довжині менше вказаної вище і погонному опорі на мосту і його підходах не менше 40 кН/м $[\Delta t_{3л}]$ складає не менше 55 °С, що знаходиться на рівні значень, які мають місце при зламі рейкових плітей безстикової колії на земляному полотні [1].

Більш точно можна зробити висновки, якщо виходити з конкретних природно-кліматичних умов. Так, для одеського регіону, де $t_{min\ min} = 28$ °С, $t_{max\ max} = +57$ °С ($T_A = 85$ °С), можуть бути такі результати. Для конструкції колії з рейок Р65 із залізобетонними шпалами на щебеневому баласті при епюрі 2000 шт./км у прямій ділянці, що має місце на підходах до моста, допустимий інтервал змінювання температури в бік її підвищення за умов стійкості становитиме $[\Delta t_c] = 58$ °С [1]. Тоді нижня межа розрахункового інтервалу закріплення рейкових плітей буде

$$\min t_3 = t_{max\ max} - [\Delta t_c] = 57 - 58 = -1 \text{ °С.}$$

Виходячи з мінімально допустимої величини інтервалу закріплення $[\Delta t_3] = 10$ °С «найнижча» верхня межа інтервалу закріплення буде

$$\max t_3 = \min t_3 + [\Delta t_3] = -1 + 10 = +9 \text{ °С.}$$

Тоді максимально можливий розмір інтервалу змінювання температури в бік її зниження становитиме

$$\Delta t_p^{max} = \max t_s - t_{min\ min} = +9 - (-28) = 37^\circ\text{C}.$$

Керуючись умовою, що розміри фактично можливого змінювання температури рейкових плітей на металевому мосту не мають бути більшими від розмірів допустимого змінювання в бік зниження, визначених за умов максимального розкриття зазора при зламі пліті, тобто в цьому випадку

$$\Delta t_p^{max} \leq [\Delta t_{зл}],$$

і користуючись залежностями $[\Delta t_{зл}] = f(l_m, n)$, встановлено, що для таких температурних умов закріплення при забезпеченні погонного опору переміщенню плітей біля нерухомих опор моста на рівні $p_m = 40$ кН/м, а на підходах до нього не менше $p_n = 25$ кН/м можливе улаштування на металевих мостах з безбаластовим мостовим полотном безстикової колії температурно-напруженого типу при максимальній довжині прогону $l_m = 33$ м у чотирипрогоновому мосту, не більше $l_m = 44$ м у трипрогоновому мосту, не більше $l_m = 77$ м у двопрогоновому мосту і не більше $l_m = 99$ м в однопрогоновому мосту (рис. 6.7).

При забезпеченні погонного опору на рівні $p_m = 40$ кН/м і $p_n = 40$ кН/м за вказаними вище температурними умовами закріплення для певного регіону температурно-напружена конструкція безстикової колії може укладатися на металевих чотирипрогонових мостах при $l_m \leq 33$ м, трипрогонових мостах при $l_m \leq 55$ м, двопрогонових та однопрогонових мостах при існуючих типових прогонах практично без обмежень, тобто при $l_m = 99$ – 110 м (рис. 6.8).

З підвищенням верхньої межі інтервалу закріплення неминучими будуть обмеження за кількістю прогонів.

Наприклад, для регіону м. Києва, де $t_{min\ min} = 32\ ^\circ\text{C}$, $t_{max\ max} = +59\ ^\circ\text{C}$ ($T_A = 91\ ^\circ\text{C}$), згідно з розрахунками, аналогічними попереднім, $\Delta t_p^{max} = 43\ ^\circ\text{C}$. Користуючись попередніми умовами та залежностями (рис. 6.5-6.8), визначено сфери застосування конструкції безстикової колії температурно-напруженого типу на металевих мостах для регіону м. Києва, що для наочності порівняні з регіоном м. Одеси (табл. 6.1).

Таблиця 6.1

Результати розрахунку сфери застосування конструкції безстикової колії температурно-напруженого типу на металевих мостах

Територіальна належність за температурними умовами	Температурні умови	Гранична довжина типового прогону* l_m металевого моста при кількості прогонів n			
		$n = 1$	$n = 2$	$n = 3$	$n = 4$
м. Одеса	$t_{min\ min} = -28\ ^\circ\text{C}$ $t_{max\ max} = +57\ ^\circ\text{C}$ $T_A = 85\ ^\circ\text{C}$	$\frac{99}{110}$	$\frac{77}{110}$	$\frac{44}{55}$	$\frac{33}{33}$
м. Київ	$t_{min\ min} = -32\ ^\circ\text{C}$ $t_{max\ max} = +59\ ^\circ\text{C}$ $T_A = 91\ ^\circ\text{C}$	$\frac{77}{88}$	$\frac{44}{55}$	$\frac{33}{33}$	$\frac{23}{27}$

Примітка. * У чисельнику наведені значення довжини прогонів при погонному опорі $p_m = 40\ \text{кН/м}$, $p_n = 25\ \text{кН/м}$; знаменнику – при $p_m = 40\ \text{кН/м}$, $p_n = 40\ \text{кН/м}$.

Отже, як показують ці результати, індивідуальний підхід щодо визначення можливості укладання безстикової колії на металевих мостах може суттєво сприяти розширенню полігону укладання цієї конструкції саме на металевих мостах, у першу чергу загальною довжиною більше 66 м.

6.4. Практичні розрахунки щодо укладання та експлуатації безстикової колії на металевому мосту

Як приклад для розрахунків щодо укладання рейкових плітей безстикової колії на металевому мосту з безбаластовим мостовим полотном розглянуто міст через р. Тетерів на напрямку Київ–Коростень. Цей міст – чотирипрогоновий металевий з їздою низом з довжиною одного прогону 55,07 м і загальною довжиною 241,84 м. Мостове полотно являє собою конструкцію безбаластового типу на залізобетонних плитах БМП із закріпленням їх на головних поздовжніх балках прогонових будов. Конструкція колії на мосту ланкова з рейками Р65 довжиною 25 м і скріпленням типу КБ.

На підходах до мосту з боку станції Коростень укладена безстикова колія з рейковими плітьми довжиною до 800 м, з'єднаними з ланковою колією на мосту двома парами зрівнювальних рейок по 12,5 м кожна. На напрямку з боку станції Київ на ділянці між мостом і станцією Тетерів лежить пліть довжиною 160 м (рис. 6.9).

6.4.1. Визначення можливості улаштування на мосту безстикової колії температурно-напруженого типу

Для станції Тетерів Південно-Західної залізниці розрахункові температури рейок [1] становлять $t_{min\ min} = -37^{\circ}\text{C}$, $t_{max\ max} = +59^{\circ}\text{C}$, $T_A = 96^{\circ}\text{C}$.

Виходячи з цих температур і з урахуванням рухомого складу і потужності верхньої будови колії на підходах до моста не викликає сумніву можливість улаштування безстикової колії температурно-напруженого типу, тобто без сезонних розряджань. Але за умовами розкриття зазорів при зломі пліті в межах моста необхідна перевірка придатності такої конструкції саме на цьому чотирипрогоновому мосту з довжиною прогону $l_m = 55$ м.

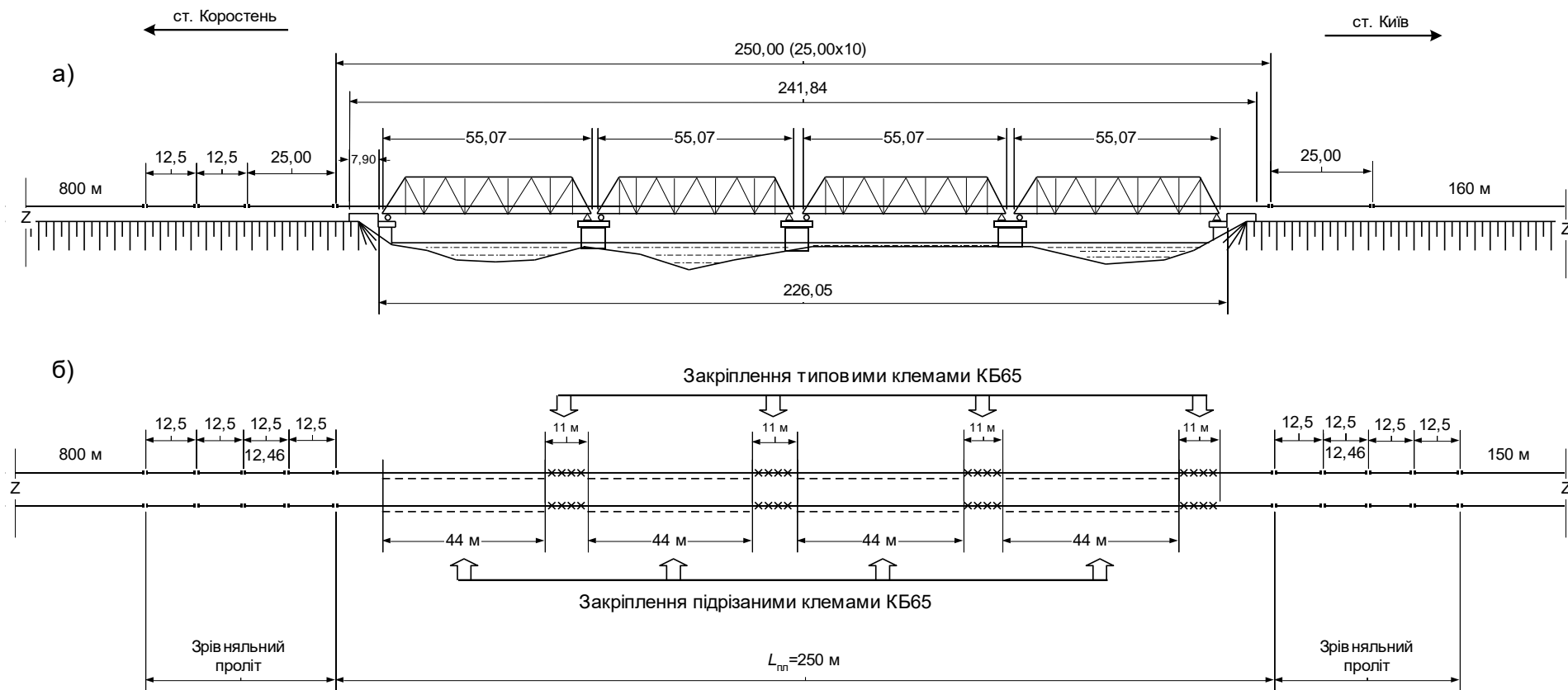


Рис. 6.9. Схема улаштування безстикової колії на мостовому переході через р. Тетерів на ділянці Київ–Коростень Південно-Західної залізниці: а – існуюча схема розкладання рейок; б – схема розкладання та закріплення рейкових плітей

За вищевказаною методикою, нижня межа розрахункового інтервалу

$$\min t_3 = t_{\max \max} - \Delta t_c = 59 - 54 = +5 \text{ }^\circ\text{C},$$

де Δt_c – допустимий інтервал підвищення температури за умовами стійкості (оскільки частина пліті, що знаходиться на мосту, не може бути закріплена при температурі, відмінній від температури закріплення за межами мосту, то прийнято $\Delta t_c = 54 \text{ }^\circ\text{C}$, що відповідає конструкції колії, де має місце пліть довжиною 800 м на підходах до моста).

Виходячи з технологічних вимог укладання рейкових плітей [1] мінімально допустимий розмір інтервалу закріплення становить $[\Delta t_3] = 10 \text{ }^\circ\text{C}$. Коли температура рейок у процесі закріплення змінюється повільно (наприклад восени, в похмуру погоду, ранкові або вечірні години), величину цього інтервалу можна зменшити до $[\Delta t_3] = 5 \text{ }^\circ\text{C}$. Тоді верхня межа розрахункового інтервалу буде

$$\max t_3 = \min t_3 + \Delta t_3 = 5 + 5 = +10 \text{ }^\circ\text{C}.$$

При закріпленні плітей у такому інтервалі, тобто від +5 до +10 $^\circ\text{C}$, максимально можливе змінювання температури рейок відносно $t_{\min \min}$ буде

$$\Delta t_p^{\max} = \max t_3 - t_{\min \min} = +10 - (-37) = 47^\circ\text{C}.$$

Орієнтуючись на $[\Delta t_{3l}] = \Delta t_p^{\max} = 47^\circ\text{C}$ за графіками рис. 6.5–6.8, видно, що укладання безстикової колії температурно-напруженого типу за таких умов можливе на чотирипрогоновому мосту тільки з довжиною прогонів не більше 23 м, і то за умови закріплення плітей на мосту і його підходах з погонним опором не менше 40 кН/м.

Отже, на підставі всього вищесказаного на цьому чотирипрогоновому мосту з довжиною прогонів 55 м, навіть за

екстремальних умов, улаштування безстикової колії температурно-напруженого типу неможливе. Тому виникає необхідність розглянути можливість і визначити параметри для укладання на цьому мосту безстикової колії з відокремленими плітьми, тобто зі зрівнювальними прогонами.

6.4.2. Визначення температурних умов улаштування та експлуатації зрівнювальних прогонів із сезонними рейками

Визначення температурних умов улаштування та експлуатації зрівнювальних прогонів із сезонними рейками зводиться до розрахунків зазорів у стиках і розмірів температурних інтервалів, у межах яких має здійснюватися заміна сезонних рейок у процесі експлуатації рейкових плітей безстикової колії на металевих мостах з безбаластовим мостовим полотном, обмежених саме такими зрівнювальними прогонами.

Розрахункові величини зазорів у стиках встановлюються залежно від максимально можливої ($t_{max\ max} = 59 - 10 = 49\text{ }^{\circ}\text{C}$) і мінімально можливої ($t_{min\ min} = -37\text{ }^{\circ}\text{C}$) температур рейок, що мають місце на мостовому переході в районі станції Тетерів Південно-Західної залізниці [1, 4], і від загальної довжини рейкових плітей разом зі зрівнювальними рейками, у тому числі і сезонні.

Розрахунок виконується в табличній формі (табл. 6.2), але насамперед визначаються необхідні для цього параметри.

1. Температурний перепад Δt_n , необхідний для подолання стикового опору, викликаного силами тертя рейок у накладках P_n ,

$$\Delta t_n = \frac{P_n}{\alpha E \omega}. \quad (6.23)$$

Для рейок Р50 $\Delta t_n = 12\text{ }^{\circ}\text{C}$, для рейок Р65 $\Delta t_n = 10\text{ }^{\circ}\text{C}$ і для рейок Р75 $\Delta t_n = 7\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Визначення температурних умов улаштування зрівнювальних прогонів
із сезонними рейками

Температура рейкових плітей, °С	Стикові зазори та їхня сума, мм, при сезонних зрівнювальних рейках, м			
	12,46		12,50	
	δ_i	$\sum\delta_i$	δ_i	$\sum\delta_i$
$t_{max} = +32$	2	6		
+30	3	9		
+28	4	12		
+26	5	15		
+24	6	18		
+22	8	24		
+20	9	27		
+18	10	30		
+16	11	33		
+14	12	36		
+12	14	42	1	3
+10	15	44	2	6
+8	16	48	3	9
+6	17	51	4	12
+4	18	54	5	15
+2	20	60	6	18
0	21	63	8	24
-2			9	27
-4			10	30
-6			11	33
-8			12	36
-10			14	42
-12			15	45
-14			16	48
-16			17	51
-18			18	54
$t_{min} = -20$			20	60

2. Температурний перепад Δt_n , необхідний для подолання погонного опору, у місцях посиленого закріплення рейкових плітей біля нерухомих опор l_n і за межами прогонів Δl (у цьому випадку прийнято $l_n = 0,2l_m$, а

вихід плітей за межі прогонових будов приймається за роботою [4] у межах $\Delta l = 5\text{--}10$ м)

$$\Delta t_n = \frac{l \cdot p}{\alpha E \omega}, \quad (6.24)$$

де l – половина пліті, що лежить на мосту;

p – погонний опір переміщуванню рейкової пліті, який мав би бути при її рівномірному закріпленні і забезпечував би еквівалентну дію погонного опору p_m , що має місце на ділянках посиленого закріплення рейкових плітей біля нерухомих опор (оскільки $p \cdot l_m = p_m \cdot 0,2l_m$, звідки $p = 0,2p_m$).

Відповідно до Технічних вказівок [1] і з урахуванням показників щодо посиленого закріплення рейкових плітей біля нерухомих опор затягування гайок клемних болтів має бути крутним моментом у межах 150–200 Н·м, що забезпечує погонний опір 30–40 кН/м, а це відповідає значенням $p = 6\text{--}8$ кН/м. Орієнтуючись на попередні результати, за якими рекомендується приймати $p_m = 40$ кН/м, слід прийняти $p = 8$ кН/м. Тоді, за формулою (6.24), $\Delta t_n = 48$ °С.

Відомо [3], що температурне змінювання довжини рейки за наявності погонного опору буде удвічі менше змінювання довжини рейки, вільної від погонного опору. Отже, повне змінювання довжини рейки при температурній амплітуді T_A буде

$$\lambda = \alpha l T_A - \frac{1}{2} \alpha l \Delta t_n \quad \text{або} \quad \lambda = \alpha l \left(T_A - \frac{1}{2} \Delta t_n \right). \quad (6.25)$$

Отже, при визначенні розрахункового температурного перепаду до уваги береться половина Δt_n , тобто в цьому випадку тільки 24 °С.

3. Річний розрахунковий температурний перепад і його межі найвищої і найнижчої розрахункових температур для визначення температурного інтервалу заміни сезонних рейок становлять

$$\Delta t = T_A - \Delta t_n - \frac{1}{2} \Delta t_n = 86 - 10 - 24 = 52^\circ\text{C};$$

$$t_{max} = t_{max\ max} - \frac{1}{2} \Delta t_n - \frac{1}{4} \Delta t_n = 49 - 5 - 12 = 32^\circ\text{C};$$

$$t_{min} = t_{min\ min} + \frac{1}{2} \Delta t_n + \frac{1}{4} \Delta t_n = -37 + 5 + 12 = -20^\circ\text{C}.$$

4. Для підвищення точності визначення температурного інтервалу заміни сезонних рейок, розкриття стикових зазорів при різній температурі визначено при її зниженні з кроком через кожні 2°C .

Розкриття стикових зазорів $\delta_{2^\circ\text{C}}$ у межах зрівнювального прогону за рахунок температурних деформацій рейкових плітей на мосту і рейок, що входять до зрівнювального прогону з боку рухомих опор із п'яти зрівнювальних рейок, розраховується як

$$\delta_{2^\circ\text{C}} = \frac{\alpha l_{nc}}{n_3} \Delta t_i, \quad (6.26)$$

де l_{nc} – довжина половини пліті разом із сумарною довжиною зрівнювальних рейок, що входять до зрівнювального прогону;

n_3 – кількість зазорів у зрівнювальному прогоні, за рахунок яких компенсуються температурні деформації половини пліті, що лежить на мосту;

Δt_i – крок змінювання температури (у цьому випадку $\Delta t_i = 2^\circ\text{C}$).

Незважаючи на те, що до зрівняльного прогону з боку рухомих опор входить чотири пари рейок, а це означає, що по кожній нитці мають місце п'ять робочих зазорів, у розрахунках береться до уваги три зазори і дві

зрівнювальні рейки, оскільки два зазори працюють на компенсацію температурних деформацій кінцевої частини 800-метрової плити, що межує з мостом з боку рухомих опор. Отже, у розрахунках прийнято $n_3 = 3$; $l_{nc} = 250/2 + 12,5 \cdot 2 = 150$ м.

За формулою (6.26), $\delta_{2^\circ\text{C}} = 1,18$ мм. Для зручності табличних розрахунків (табл. 6.2) прийнято $\delta_{2^\circ\text{C}} = 1$ мм з поправкою кожного п'ятого кроку в бік збільшення зазора на 1 мм.

5. Мінімальний зазор при t_{max} прийнято в розмірі 2 мм.

За результатами розрахунків побудовано графік температурної роботи рейок у зрівнювальному прогоні (рис. 6.10).

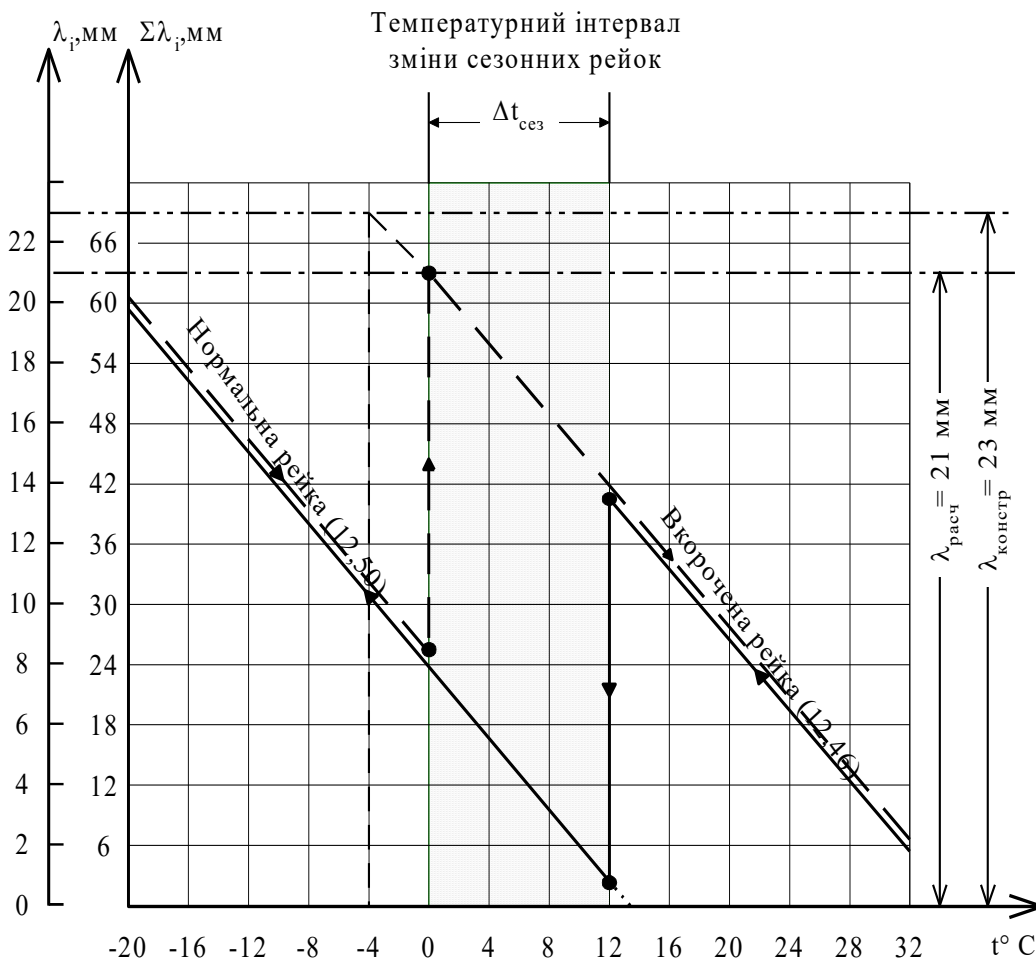


Рис. 6.10. Графік температурної роботи рейок у зрівнювальному прогоні на мосту через р. Тетерів

З цього графіка видно, що кожна пара зрівнювальних сезонних рейок (12,46 і 12,50 м) може забезпечувати нормальну роботу рейкових плітей на мосту тільки в певному температурному інтервалі. Для надійної роботи конструкції безстикової колії на металевому мосту необхідно виконувати своєчасно заміну нормальних рейок на вкорочені навесні і, навпаки, вкорочені рейки на рейки нормальної довжини – восени.

У цьому випадку в кожному зрівнювальному прогоні по кінцях рейкових плітей, що лежать на мосту через р. Тетерів, при температурах не вище +12 °С навесні має бути укладена пара вкорочених рейок (12,46 м), а при температурах не нижче 0 °С восени вона має бути замінена на пару рейок нормальної довжини (12,50 м).

7. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ЗБІЛЬШЕННЯ ДОВЖИНИ РЕЙКОВИХ ПЛІТЕЙ БЕЗСТИКОВОЇ КОЛІЇ

7.1. Головні недоліки безстикової колії з «короткими» рейковими плітями

Безстикова колія має ряд беззаперечних переваг перед ланковою конструкцією: зменшення коливань рухомого складу, що позначається на умовах взаємодії його з залізничною колією і робить його рух більш плавним; різке скорочення кількості стикових зломів рейок і утворення різних стикових дефектів, що підвищує надійність і працездатність залізничної колії; скорочення трудових витрат і матеріалів на ремонти і поточне утримання колії на 25–30 %; зниження опору руху рухомого складу та витрат на його ремонти і утримання; скорочення витрат на улаштування і утримання засобів системи автоблокування та подачі тягового струму.

Але разом із тим конструкція безстикової колії з «короткими» рейковими плітями має і суттєві недоліки. Спеціальними дослідженнями та з досвіду експлуатації безстикової колії встановлено, що зрівнювальні прогони – це зони підвищеної ударно-динамічної дії рухомого складу на колію та інтенсивного накопичення залишкових деформацій. Ліквідація цих деформацій являє собою складну і трудомістку роботу, пов'язану зі значними трудовими та матеріальними витратами. Так, приблизно 40 % робіт з виправлення безстикової колії припадає на зрівнювальні прогони. Крім того, зрівнювальні прогони – це зона підвищеного виходу матеріалів верхньої будови колії: рейок, шпал, елементів скріплення. Після пропускання по безстиковій колії 500–600 млн т вантажу пошкодження і вихід зрівнювальних рейок і кінців рейкових плітей у розрахунку на 1 км у п'ять-вісім разів більше, ніж у середній частині плітей. Елементи скріплень

типу КБ у зрівнювальному прогоні виходять з ладу в 1,5–10 разів швидше, ніж на решті колії (табл. 7.1). У цілому протягом терміну служби безстикової колії в процесі її поточного утримання зі зрівнювальних прогонів вилучаються залізобетонні шпали, що складає близько 40–50 % їхнього загального виходу.

Таблиця 7.1

Вихід з ладу елементів верхньої будови колії

Елемент верхньої будови колії	Вихід у межах пліті, шт./км	Вихід на зрівнювальних прогонах, шт./км
Рейки	1,25	9
Шпали	9	240
Підкладки	220	410
Прокладки	220	2400
Клемні болти	9	255
Закладні болти	18	230
Шайби клемних болтів	80	200
Шайби закладних болтів	70	200
Ізолюючі втулки	22	320

Значне збільшення виходу елементів верхньої будови колії в зрівнювальних прогонах, більші обсяги робіт з виправлення нерівностей колії в профілі і плані та ряд додаткових робіт призводять до суттєвого збільшення трудових витрат. Це збільшення має місце переважно в межах зрівнювальних прогонів і рухомих кінців рейкових плітей. Як показують дослідження [2, 5], до 70 % усіх витрат при поточному утриманні безстикової колії становлять витрати на утримання зрівнювальних прогонів і температурно-рухомих кінцевих ділянок рейкових плітей. Іншими словами, питомі витрати у зрівнювальних прогонах у шість-вісім разів більші, ніж на пліті.

7.2. Основні напрями підвищення ефективності безстикової колії

У сучасних умовах, коли колійне господарство залізниць відчуває великий дефіцит у матеріалах верхньої будови, перш за все в дерев'яних шпалах, неминуче безстикова колія стала основною конструкцією колії залізниць України. А це означає, що удосконалення конструкції колії в цілому має бути переважно за рахунок удосконалення та підвищення ефективності безстикової колії. Серед організаційно-технічних заходів слід виділити такі, як розроблення нових та удосконалення існуючих рейкових скріплень і їхніх окремих елементів, укладання у зрівнювальних прогонах рейок підвищеної міцності, поліпшення системи утримання і ремонтів безстикової колії. Але разом із цими заходами техніко-економічна ефективність та експлуатаційна надійність безстикової колії значною мірою підвищується при скороченні кількості зрівнювальних прогонів за рахунок укладання «довгих» рейкових плітей.

Як уже зазначалося, виходячи з температурної роботи рейкові пліті можуть бути необмеженої довжини. У реальних умовах цьому перешкоджають цілий ряд обмежень (наявність штучних споруд, системи автоблокування, кривих з радіусом менше 300 м, стрілочних переводів). Аналіз виходу рейок у конструкції безстикової колії показує (рис. 7.1), що зі збільшенням довжини рейкових плітей кількість дефектних рейок зменшується, але починаючи з довжини плітей близько 2000 м вихід рейок практично не змінюється. Тому при улаштуванні безстикової колії з «довгими» рейковими плітями довжина їхня назначається не менше довжини блок-ділянки.

Остаточне рішення про довжину рейкових плітей приймається на підставі техніко-економічних розрахунків з урахуванням конкретних умов експлуатації безстикової колії.

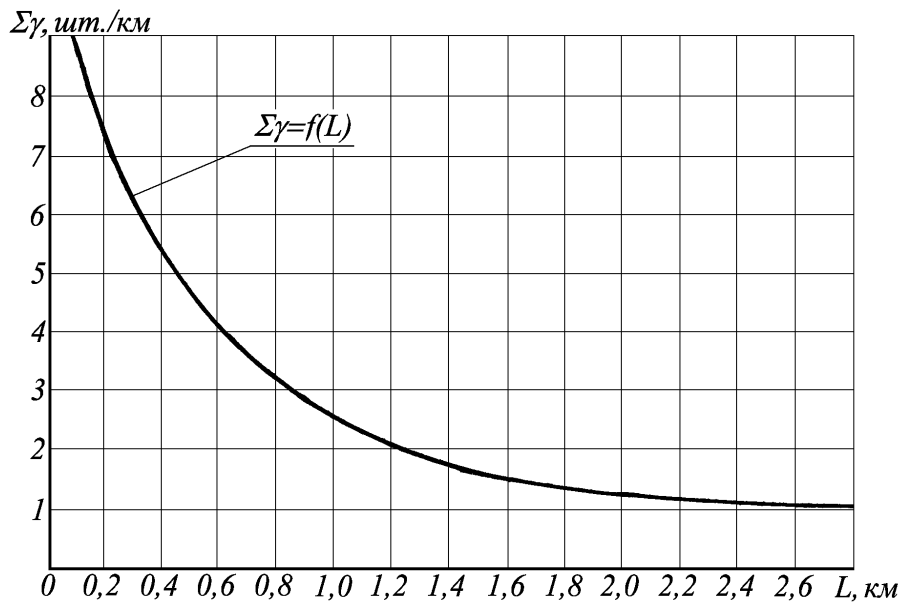


Рис. 7.1. Середній сумарний вихід рейок у конструкції безстикової колії залежно від довжини рейкових плітей

7.3. Техніко-економічні розрахунки щодо застосування безстикової колії з «довгими» рейковими плітями

Загальний річний економічний ефект від впровадження безстикової колії з «довгими» рейковими плітями в розрахунку на один кілометр колії може бути розрахований за формулою

$$E = E_{ny} + E_{cp} + E_m - B_d - B_{zv} - B_{zn} , \quad (7.1)$$

де E_{ny} – річна економія за рахунок зменшення витрат на поточне утримання колії;

E_{cp} – річна економія за рахунок зменшення витрат при середньому ремонті колії;

E_m – річна економія за рахунок повернення матеріалів верхньої будови колії при капітальному ремонті;

B_{∂} – додаткові витрати, пов’язані з улаштуванням та утриманням безстикової колії з «довгими» рейковими плітями;

$B_{зв}$ – витрати на зварювання «коротких» рейкових плітей у «довгі»;

B_{zn} – витрати, пов’язані з затримкою руху поїздів.

Витрати на поточне утримання 1 км колії розраховуються за формулою

$$B_{ny} = 12P_{ny} \cdot K_n \cdot H_{ny}, \quad (7.2)$$

де 12 – кількість місяців у році;

P_{ny} – середньомісячна ставка для однієї штатної одиниці;

K_n – коефіцієнт додаткових нарахувань до фонду заробітної плати

($K_n = 1,2-1,3$);

H_{ny} – норма витрат робочої сили на утримання 1 км колії.

Для визначення витрат на 1 км безстикової колії зі зрівнювальними прогонами залежно від довжини плітей від загальних витрат на 1 км безстикової колії необхідно перейти до витрат на один зрівнювальний прогін і 1 км плітей.

Одна пара плітей і один зрівнювальний прогін мають довжину

$$L = L_{пл} + l_{zn}, \quad (7.3)$$

де $L_{пл}$ – довжина пліті;

l_{zn} – довжина зрівнювального прогону.

Кількість зрівнювальних рейок визначається з умови забезпечення міцності стикових болтів і не може перевищувати чотирьох пар [1]. У більшості випадків це три пари рейок. Отже, $l_{zn} = 37,5$ м.

Довжина рухомих кінців плітей $l_{рух}$ становить 60–70 м, тобто середня величина – 65 м. Отже, довжина зрівнювального прогону з двома рухомими кінцями плітей становитиме $L_{zn} = l_{zn} + 2l_{рух} \approx 170$ м. При існуючій середній довжині плітей 540 м вздовж зрівнювального прогону і двох рухомих кінців плітей витрачається 70 % трудових витрат, а в межах пліті без рухомих кінців ($540 - 130 = 410$ м) – 30 %. Отже, витрати на поточне утримання ділянки колії довжиною L становитимуть

$$B_{ny-L} = B_{ny} (0,54 + 0,0375) = 0,5775B_{ny}, \quad (7.4)$$

у тому числі на довжині L_{zn} витрати

$$B_{zn} = 0,7 \cdot 0,5775B_{ny} = 0,404B_{ny}, \quad (7.5)$$

а на частині пліті без рухомих кінців –

$$B_{nl} = 0,3 \cdot 0,5775B_{ny} = 0,173B_{ny}. \quad (7.6)$$

Питомі витрати a_{nl} на поточне утримання 1 км пліті без рухомих кінців

$$a_{nl} = \frac{0,173B_{ny}}{0,54 - 2 \cdot 0,065} = 0,421B_{ny}, \quad (7.7)$$

а загальні витрати на 1 км безстикової колії разом із зрівнювальними прогонами залежно від довжини плітей

$$A_{ny} = \frac{a_{nl} (L_{nl} - 2l_{рух}) + B_{zn}}{L_{nl} + l_{zn}}. \quad (7.8)$$

Після відповідних підстановок і перетворень, а також спрощень з урахуванням того, що довжина «довгих» плітей непомірно більша, ніж довжина зрівнювальних прогонів, формула (7.8) матиме вигляд

$$A_{ny} = B_{ny} \left(0,421 + \frac{0,348}{L_{nl}} \right), \quad (7.9)$$

де L_{nl} – довжина рейкової пліти, км.

Тоді економія за рахунок зменшення витрат на поточне утримання колії при впровадженні «довгих» рейкових плітей дорівнюватиме

$$E_{ny} = B_{ny} - A_{ny}, \quad (7.10)$$

або після відповідних підстановок і перетворень

$$E_{ny} = B_{ny} \left[1 - \left(0,421 + \frac{0,348}{L_{nl}} \right) \right]. \quad (7.11)$$

При середньому ремонті колії в межах зрівнювальних прогонів обсяг робіт більший, ніж у середній частині пліти. Оскільки калькуляції на середній ремонт складаються та затверджуються в цілому на безстикову колію, то для визначення економії, пов'язаної з подовженням плітей, необхідно виділити роботи, що виконуються в межах зрівнювального прогону разом з кінцевими частинами плітей по 12,5 м з кожного його боку та в межах самої пліти. Порівнюючи середній вихід елементів верхньої будови в межах зрівнювального прогону і плітей із значеннями, прийнятими в калькуляціях, розраховується деякий коефіцієнт, за допомогою якого за табл. 7.1 і враховується заміна елементів колії. Для

цього складаються окремі калькуляції на середній ремонт плітей b_{nl} (спочатку на довжину $540 - 25 = 515$ м з подальшим перерахуванням на 1 км довжини у співвідношенні $1000/515 = 1,94$) і на один зрівнювальний прогін b_{zn} довжиною $37,5 + 25 = 62,5$ м. Отже, вартість 1 км середнього ремонту колії залежно від довжини пліті разом із зрівнювальним прогоном може бути розрахована за формулою

$$B_{cp} = \frac{b_{nl}(L_{nl} - 0,025) + b_{zn}}{L_{nl} + L_{zn}}. \quad (7.12)$$

Для одержання витрат у розрахунку на один рік B_{cp} необхідно поділити на періодичність середнього ремонту n_{cp} в роках, тобто

$$B_{1-cp} = \frac{B_{cp}}{n_{cp}}. \quad (7.13)$$

Річна економія за рахунок зменшення витрат на середньому ремонті безстикової колії з «довгими» рейковими плітями розраховується як різниця між вартістю середнього ремонту 1 км колії у відповідності з місцевими калькуляціями в розрахунку на один рік і вартістю, визначеною за формулами (7.12) і (7.13).

При впровадженні безстикової колії з «довгими» рейковими плітями за рахунок ліквідації зрівнювальних прогонів відбувається часткове повернення матеріалів верхньої будови: стикових накладок (16 шт.), стикових болтів і шайб (48 шт.).

Виходячи з середньої довжини «коротких» рейкових плітей 540 м зменшення зрівнювальних прогонів при виготовленні «довгих» може бути розраховано як

$$n_{zn} = \frac{1000}{540 + l_{zn}} - \frac{1000}{L_{nl} + l_{zn}}. \quad (7.14)$$

Тоді економія на 1 км на рік за рахунок повернення рейкових скріплень становитиме

$$E_m = \frac{B_{ск}}{n_{кр}} n_{зн}, \quad (7.15)$$

де $B_{ск}$ – вартість стикових рейкових скріплень у розрахунку на один зрівнювальний прогін;

$n_{кр}$ – періодичність капітального ремонту колії.

Додаткові витрати при улаштуванні та експлуатації безстикової колії з «довгими» рейковими плітями пов'язані переважно з виконанням робіт з розряджання та перерозподілу напружень, що інколи мають місце. Це буває у випадках:

– коли при виконанні робіт із застосуванням важких колійних машин відбувається опускання колійної решітки поза зрівнювальним прогоном;

– коли температура закріплення суміжних плітей, що зварюються між собою, відрізняється більш ніж на 5 °С або максимальна різниця температур закріплення несуміжних плітей перевищує 10 °С;

– коли після зварювання «коротких» рейкових плітей у «довгі» необхідно проводити перерозподіл напружень по 150 м в обидва боки від зварного стику та ін.

Вартість додаткових колійних робіт, приведена до 1 км/р., розраховується за формулою

$$B_o = \frac{B_p (0,100n_m + L_{пл} n_{пз} + 2 \cdot 0,150)}{L_{пл} n_{кр}}, \quad (7.16)$$

де B_p – вартість розряджання в розрахунку на 1 км (приймається за калькуляцією);

n_m – кількість випадків застосування важких колійних машин з підйманням колії за період між капітальними ремонтами;

$n_{пз}$ – частка від довжини пліти, що підлягає перезакріпленню перед зварюванням. Інші позначення такі, як і раніше.

Витрати на зварювання плітей включають вартість машинного часу ПРЗМ за калькуляцією на зварювальні роботи і вартість трудових витрат.

Оскільки виготовлення «довгих» рейкових плітей проводиться у «вікно» тривалістю 2–3 год, то мають місце затримки поїздів, вартість яких залежить від розмірів руху поїздів та інших місцевих умов і можуть бути визначені за відомою методикою [17, 18].

Бібліографічний список

1. Технічні вказівки по улаштуванню, укладанню, ремонту і утриманню безстикової колії на залізницях України (ЦП-0266) / В. В. Рибкін, О. М. Патласов, О. І. Белорусов та ін. Київ: ТОВ «МВП Поліграфсервіс», 2012. 151 с.
2. Проектування і розрахунки конструкцій залізничної колії. Академічний курс в 2-х томах: підручник / за заг. ред. Е. І. Даніленка. Київ: «Хай-Тек Прес», 2020. Т. 2. 552 с.
3. Даніленко Е. І., Рибкін В. В. Правила розрахунків залізничної колії на міцність і стійкість: ЦП-0117. Київ: Транспорт України, 2006. 69 с.
4. Говоруха В. В., Піскунов В. Л., Саєнко О. В. Інструкція щодо улаштування й конструкції мостового полотна на залізничних мостах. Київ: ПП «Алькор», 2002. 155 с.
5. Даніленко Е. І. Залізнична колія. Улаштування, проектування і розрахунки, взаємодія з рухомим складом: підруч. для студ. вищ. навч. закл.: у 2 т. Київ: Інпрес, 2010. Т. 2. 456 с.
6. НПАОП 63.21-1.25-07. Правила безпеки праці під час виконання робіт у колійному господарстві. Київ, 2007. 72 с.
7. Інструкція з руху поїздів і маневрової роботи на залізницях України (ЦД 0058). Київ: Видавництво ТОВ «Імпрес», 2005. 463 с.
8. Чихладзе Е. Д., Кітов Ю. П. Вибрані задачі з опору матеріалів з розв'язаннями: навч. посіб. Харків: УкрДАЗТ, 2011. С. 129–135.
9. Volodymyr Shramenko, Nataliia Bielikova, Olexandr Ovchinnikov, Dmytro Onopreichuk and Stanislav Horielyshe. Formation of the stress-strain state of rail bars during welding with preliminary vertical bending / 7th International Scientific Conference «Reliability and Durability of Railway Transport Engineering Structures and Buildings» (Transbud-2018) MATEC Web of Conferences. Vol. 230, 01015 (2018).

10. Шраменко В. П. Відновлення рейкових плітей у колії за технологією контактного зварювання з їх натягом. *Збірник наукових праць Української державної академії залізничного транспорту* : тези доповідей 75-ї Міжнар. наук.-техн. конф. «Розвиток наукової та інноваційної діяльності на транспорті». 2013. Вип. 136. С. 362.

11. Інструкція з забезпечення безпеки руху поїздів при виконанні колійних робіт на залізницях України (ЦП-0273) / А. П. Татуревич, В. В. Рибкін, О. В. Губар та ін. Київ: НВП Поліграфсервіс, 2012. 108 с.

12. Шраменко В. П., Белікова Н. В. Формування напружено-деформованого стану рейкових плітей при їх зварюванні в колії. *Проблеми надійності та довговічності інженерних споруд і будівель на залізничному транспорті*: тези доповідей 7-ї Міжнар. наук.-техн. конф. Харків: УкрДУЗТ, 2018. С. 72-73.

13. Карпінський С. Л. Аналіз технологій і способів розрядки температурних напружень у рейкових плітях безстикової колії. *Збірник наукових праць Державного економіко-технологічного університету транспорту. Сер.: Транспортні системи і технології*. 2013. Вип. 22. С. 29-37. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Znpdetut_tsit_2013_22_6.

14. Шраменко В. П., Кукота О. І. Визначення розрахункових параметрів для процесу зварювання рейкових плітей методом їх натягування. *Збірник наукових праць УкрДУЗТ*. Харків: УкрДУЗТ, 2015. Вип. 158. Т. 1. С. 158-166.

15. Інструкція з улаштування та утримання колії залізниць України / Е. І. Даніленко, А. М. Орловський, М. Б. Курган та ін. Київ: ТОВ «МВП Поліграфсервіс», 2012. 456 с.

16. Возненко І. Я., Шраменко В. П., Штомпель А. М. Безстикова колія температурно-напруженого типу на мостах з безбаластовим мостовим полотном. *Зб. наук. праць ХарДАЗТ*. 2000. Вип. 44. С. 84–92.

17. Карпінський С. Л., Йосифович Р. М., Даніленко Е. І. Нові методи виготовлення довгих рейкових плітей для безстыкової колії із застосуванням сучасних рейкозварювальних машин. *Збірник наукових праць ДЕГУТ. Серія «Транспортні системи і технології»*. Київ: ДЕГУТ, 2012. Вип. 20. С. 63-70.

18. Лященко В. Н. Длинные рельсы и бесстыковой путь: учеб. пособ. Харьков: ХИИТ, 1961. 112 с.

19. Дикань В. Л., Єлагін Ю. В., Сухорукова Т. Г. Економіка праці на підприємствах залізничного транспорту: підручник. Харків: УкрДАЗТ, 2012. 281 с.

ПРЕДМЕТНИЙ ПОКАЖЧИК

А

Амплітуда температурна 9, 31

Б

Баластна призма 15

Безстикова колія 8

- на мостах 17

- стрілочних переводах 16

В

Відновлення цілісності пліті

- попереднього вигину 72-73

- спосіб поздовжнього насування 69

Вигин пліті 81-83, 88

Викид колії 10, 20, 22

Г

Графік робіт з відновлення цілісності пліті 78-80

Графік робіт з заміни інвентарних рейок 59

Графік робіт з укладання плітей 56-58

Д

Дефекти рейкових плітей 63

Деформації рейки 19

Довжина пліті 11, 12

Е

- Електроконтактне зварювання 93
- Енергетичний метод 20, 21
- Епюри дотичних сил 146
- Епюри температурних напружень 156

З

- Забіги кінців плітей 42
- Закріплення пліті 34, 154
- Закритична сила 24, 26
- Залишкова кривизна 83-85, 87
- Зварювальні роботи 87, 88, 90
- Злом пліті 10, 34, 152
- Зрівнювальні пристрої 14
- Зрівнювальні рейки 28, 53-54
- Зрівнювальний прогін 13-14, 16, 128, 170, 180
- Зрівнювальний прилад 14

І

- Інтервал
 - закріплення пліті 34
 - розрахунковий 33

М

- Маркування плітей 37
- «Маячні» шпали 134
- Метод диференціальних рівнянь 21
- Метод Є. М. Бромберга 26
- Міцність колії 31

Н

Напруження в рейковій пліті 10, 19

- додаткові 147

- допустимі 29, 160

- кромкові 29

- нормальні 30

- розтягувальні 10, 19

- стискальні 19, 29

- температурні 19, 136, 142

Недоліки безстикової колії 173

Нейтральна температура 19

Т

Температура

- допустима 31

- закріплення 30

- рейки 18

Температурна сила 25-27, 29

Технологія укладання плітей 58-59

Технологічна схема зварювальних робіт 74, 91

О

Опір

- погонний, стиковий 11

- зсуву шпал 24

П

Поздовжні стискальні сили 10

Поздовжня температурна сила 20, 23, 25

Пристрій для насування плітей 48-49, 55

Пристрій саночного типу 56

Проміжні рейкові скріплення 15

Р

Рейкова вставка 101

Рейкові пліті 10

- вивантаження 40-41

- довгі 126

- довжина 144

- зварні 36, 61, 102, 108

- зміна температури закріплення рейкової пліті 9

- конструктивні особливості 10

- на мостах, тунелях 16-18, 144

- навантаження 42-44

- перевезення 38

- порядок виготовлення 11

- температурна робота 9, 11, 18

- транспортування 12

Рейковозний поїзд 12, 38-40, 43, 48, 53

Рейки інвентарні 28, 46, 53-54, 57

Розряджання 134, 138

Ролики підвісні 133

С

Стійкість безстикової колії 20, 23, 26, 31

- у кривих 22

Старопридатні пліті 48

Струбцина 64

Стик зварений 36

Стискальні сили 20

У

Укладання колії 28, 52

Укладання плітей 60-61

Навчальний посібник

Шраменко Володимир Павлович,
Фаст Денис Андрійович,
Бугаєць Наталія Володимирівна
та ін.

УЛАШТУВАННЯ ТА ЕКСПЛУАТАЦІЯ БЕЗСТИКОВОЇ КОЛІЇ З
РЕЙКОВИМИ ПЛІТЯМИ НЕОБМЕЖЕНОЇ ДОВЖИНИ

Відповідальний за випуск Фаст Д. А.

Редактор Ібрагімова Н. В.

Підписано до друку 02.06.2023 р.

Умовн. друк. арк. 11,75. Тираж . Замовлення № .

Видавець та виготовлювач Український державний університет
залізничного транспорту,
61050, Харків-50, майдан Фейєрбаха, 7.
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 6100 від 21.03.2018 р.