

ДОНЕЦЬКИЙ ІНСТИТУТ ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ

**Української державної академії
залізничного транспорту**

**Кафедра „Будівництво і експлуатація
колії та споруд”**

В.І. Білий

ЗАЛІЗНИЧНА КОЛІЯ

НАВЧАЛЬНИЙ ПОСІБНИК

**для студентів IV курсу
спеціальності 7.100502**

"Залізничні споруди та колійне господарство"

Донецьк – 2007

Навчальний посібник розглянуто і рекомендовано до друку на засіданні кафедри "Будівництво і експлуатація колії та споруд" 16 червня 2007 р. , протокол № 11.

Розглянуто на засіданні методичної комісії факультету "Інфраструктура залізничного транспорту". Протокол № 5 від 26.06.2007 р.

Укладач:

доцент

Білий В.І. (ДонІЗТ)

Рецензенти:

Начальник служби
колійного господарства

Козар І.В.
(Донецька залізниця)

доцент

Жадан Г.І. (ДонІЗТ)

ЗМІСТ

ВСТУП	4
1 Устрій верхньої будови колії	5
1.1 Рейки	5
1.2 Рейкові скріплення	17
1.2.1 Проміжні скріплення	17
1.2.2 Стики і стикові рейкові скріплення	34
1.2.3 Особливості улаштування рейкової колії на ділянках з автоблокуванням та електричною тягою поїздів	37
1.3 Рейкові опори	40
1.4 Баластний шар	48
1.5 Безстикова колія	55
1.6 З'єднання та перехрещення рейкових колій	59
2 Рейкова колія	81
2.1 Норми утримання рейкової колії на прямих ділянках	81
2.2 Рейкова колія у кривих ділянках колії	82
2.2.1 Уширення рейкової колії	82
2.2.2 Підвищення зовнішньої рейки у кривих ділянках	84
2.2.3 Перехідні криві	91
2.2.4 Укладка укорочених рейок у кривих ділянках колії	97
2.2.5 Міжколійні відстані	99
2.2.6 Підсилення конструкції колії у кривих ділянках	104
2.3 Проектування і розрахунки рейкової колії	105
2.3.1 Основні відомості про ходові частини рухомого складу	105
2.3.2 Основні поняття про вписування рухомого складу в криві ділянки	108
2.3.3 Визначення ширини колії	113
2.3.4 Розрахунок основних елементів для розбивки перехідної кривої	120
2.4 Умови роботи залізничної колії під поїздами	128
3 Габарити	137
4 Організація снігоборотьби на залізниці	144
4.1 Загальні положення	144
4.2 Організація снігоборотьби	147
4.3 Оперативний план снігоборотьби	151
4.4 Технологія очищення колій і прибирання снігу на станції	152
Додаток А. Розрахунки кутів	154
Додаток Б. Лубрикація рейок	155
Додаток В. Приклади застосування габаритів	156

ВСТУП

Колійне господарство є важливою частиною залізничного транспорту.

На колійне господарство припадає:

а) більше 50% (п'ятдесяти відсотків) основних засобів залізничного транспорту;

б) більше 20% (двадцяти відсотків) загальної кількості працівників залізничного транспорту;

в) експлуатаційні витрати на підтримування колії в справному стані складають більше 22% (двадцяти двох відсотків) загальної вартості перевезень вантажів та пасажирів.

До колійного господарства відносяться:

1) Власне залізнична колія, яка складається із:

- верхньої будови колії
- нижньої будови колії.

2) Господарчі підприємства та виробничі формування, які забезпечують поточне утримання і ремонт колії.

Для чого вони оснащені потрібними машинами, механізмами та інструментом. На Донецькій залізниці функціонують:

- а) ПЧ – дистанції колії – 22 (двадцять дві);
- б) КМС – колійні машинні станції – 7 (сім);
- в) ПЧЛ – дистанції захисних насаджень – 5 (п'ять);
- г) КДМ – колійні дорожні майстерні – 1 (одна);
- д) РЗП – рейкозварювальний поїзд – 1 (один);
- е) РПЗ – щебеневі заводи – 2 (два), але з січня 2007р. передані Управлінню промислових підприємств Укрзалізниці;
- ж) ШРМ – шпалоремонтні майстерні – 2 (дві):
 - 1 – Дебальцеве;
 - 2 – Красний Лиман;
- з) ДонЦМКР – Донецький центр механізації колійних робіт – 1 (один).

Крім того існують ПШ – шпалопросочувальні заводи. На Донецькій залізниці їх немає.

1 Устрій верхньої будови колії

Залізнична колія – це один із технічних засобів залізничного транспорту. Вона складається із верхньої та нижньої будови колії.

До верхньої будови колії відносяться:

- 1- рейки;
- 2- рейкові скріплення;
- 3- протиугінні засоби;
- 4- підрейкова основа;
- 5- баластовий шар;
- 6- з'єднання і пересічення рейкових колій.

Призначення:

Верхня будова колії повинна:

- а) сприймати тиск від коліс рухомого складу і передавати цей тиск нижній будові колії;
- б) направляти колеса рухомого складу рейковою колією.

Ці функції виконуються верхньою будовою колії як єдиною конструкцією, в якій всі елементи під навантаженням рухомого складу повинні працювати сумісно.

До нижньої будови колії відносяться:

- а) земляне полотно;
- б) штучні споруди (мости, труби, тунелі, підпірні стінки, тощо).

1.1 Рейки

Призначення:

- а) безпосередньо сприймати тиск від коліс рухомого складу і передавати цей тиск елементам верхньої будови колії, що знаходяться нижче підрейкової основи – шпалам та баласту;
- б) направляти колеса рухомого складу підчас руху;
- в) на ділянках з автоблокуванням служити провідником сигнального струму автоблокування, а при електричній тязі поїздів – зворотного силового струму.

Вимоги, що пред'являються до рейок.

Вимоги, котрим повинні задовольняти рейки, є винятково важливими, необхідними, а разом з тим суперечливими.

1. Для забезпечення безпеки руху поїздів, що мають великі осьові навантаження з максимальними швидкостями, рейки повинні бути важкими, а за умов економії металу ці ж рейки повинні мати раціоналізовану, а за можливістю найменшу вагу – бути легкими.
2. Для кращого опору вигину під поїзним навантаженням рейки повинні бути достатньо жорсткими. У той же час для уникнення жорстких ударів коліс по рейках, що можуть викликати злам окремих деталей рухомого складу і рейок, необхідно, щоб рейки були достатньо гнучкими.
3. Матеріал рейок повинен бути достатньо в'язким, щоб не було зломів від ударно-динамічних дій коліс рухомого складу. І в той же час матеріал рейок повинен бути достатньо твердим, щоб він не зминався, не стирався та довше послугував.
4. Поверхня кочення рейок повинна бути шершавою для забезпечення достатньої сили зчеплення між рейками та рухомими колесами локомотивів. В той же час поверхня кочення рейок повинна бути гладкою для зменшення опору руху інших коліс вагонів та коліс локомотивів, що їх підтримують.
5. Кількість типів рейок за умов стандартизації елементів верхньої будови колії, що призводять до простоти та здешевлення їх утримання, повинна бути мінімальною, але розумною.

У всіх випадках рейки повинні бути достатньо міцними та довговічними, мати високу контактно-втомливу міцність.

Матеріал рейок.

Якість рейкової сталі визначається хімічним складом, а також мікроструктурою і макроструктурою будови, які видно, відповідно, під мікроскопом або неозброєним оком.

Хімічний склад рейкової сталі характеризується добавками до заліза, основними з яких є:

- вуглець;
- марганець;

- кремній;
- миш'як;
- ванадій;
- титан;
- цирконій та ін.

Вихідним матеріалом для виплавки сталі є *чавун* та *сталеий лом* – у мартенівському процесі і *чавун* – при киснево-конверторному способі. Утримання *вуглецю* у сталі повинно бути в межах 0,71-0,82 % (відсотка). Це установлена межа, збільшення в сталі вуглецю понад яку збільшує хрупкість сталі.

Марганець (Mn) збільшує твердість, зносостійкість.

Фосфор та *сірка* є шкідливими домішками, що надають сталі ломкості. При великому вмісті *фосфору* рейки стають холодноламкими, тобто крихкими. При великому вмісті *сірки* рейки стають червоноламкими, тобто у них виникають тріщини внаслідок прокату.

Сталь для рейок Р75 (сімдесят п'ять), та Р65 (шістдесят п'ять) виплавляється як у мартенівських печах, так і киснево-конверторним методом.

Мартенівську сталь варять у печах місткістю 180-500 (сто вісімдесят – п'ятсот) тонн протягом кількох годин.

Киснево-конверторну сталь варять у конверторах місткістю 100-300 (сто – триста) тонн на протязі всього кількох десятків хвилин. Киснево-конверторна сталь має більше шкідливих домішок.

Приготовлену сталь розливають у форми, у яких вона застигає у вигляді злитків вагою від 7,3 (сім і трьох десятих) тонн до 9,9 (дев'ять і дев'ять) тонн. Злитки до прокату розміщують у нагрівних колодязях для підігріву до потрібної температури.

Розігрітий злиток сталі оброблюють на блюмінгу, надаючи йому форму болванки прямокутного січення названого блюмсом. Блумс передається у рейкопрокатний стан в якому він проходить через валки із струмка в струмок. При цьому він витягується в довжину і поступово змінює форму, приймаючи форму рейок заданих розмірів. Одержану таким чином смугу розрізають на рейки стандартної довжини. Потім виправляють окремі скривлення та висвердлюють болтові отвори.

Державний стандарт 24182-80 передбачав поділ рейок на 2 (дві) групи.

Перша група виготовляється із спокійної мартенівської сталі, розкисленої комплексними розкислювачами, за винятком алюмінію.

Друга група виробляється із сталі розкисленої алюмінієм чи марганцево-алюмінієвим сплавом.

На Україні в 2005 р. введений національний стандарт України ДСТУ 4344:2004 "Рейки звичайні для залізниць широкої колії. Загальні технічні умови", який передбачає також, що рейки виготовляються із мартенівської вуглецевої та вуглецевої мікролегованої сталі. У зв'язку з цим металурги розділили якість рейкового металу на чотири категорії: вищу |В|, I, II і III. При цьому спосіб виробництва сталі залишився без змін.

У процесі варіння сталі відбувається деяке окислення заліза. Для його відновлення в сталь додають алюміній. Але з'єднуючись з киснем, алюміній утворює неметалеві включення, які забруднюють сталь та зменшують стійкість рейок проти виникнення тріщин.

Кращими розкислювачами є комплексні феросплави, які включають кремній і ванадій або магній і титан. Застосування цих розкислювачів збільшує стійкість рейок проти виникнення тріщин контактно-втомленого характеру на 20-25 (двадцять – двадцять п'ять) відсотків.

Рейки постачаються нетермообробленими і термообробленими. Термічна обробка при виробництві рейок може бути здійснена різними способами:

а) об'ємним загартуванням в маслі по всій довжині і всьому периметру;

б) поверхневим загартуванням головки рейки по всій довжині водоповітряною сумішшю після нагрівання струмом високої частоти;

в) поверхневим загартуванням головки рейки водою після пічного нагрівання.

Загартовані і незагартовані рейки, що постачаються дорогам випускаються 1-го і 2-го сортів, залежно від якості продукції.

Причому рейки першого сорту виготовляються І або ІІ групи, що залежить від технологічних особливостей виплавляння сталі.

Загартовані рейки, крім того, поділяються на 2 класи. Рейки 1 класу повністю відповідають технічним вимогам, мають твердість поверхні кочення головки в межах НВ 341–388. Рейки 2 класу мають дещо знижені механічні характеристики поверхні кочення.

Рейки 1^{го} сорту цілком задовольняють вимогам стандарту. До 2^{го} сорту відносяться рейки, що мають відхилення за хімічним складом, геометричними розмірами, технологічними дефектами і знижені механічні властивості.

Геометричні параметри рейок.

Профіль рейок визначений їх взаємодією з колесом рухомого складу і конструктивним оформленням елементів верхньої будови колії. Загальний характер профілю рейок визначається тим, що кращою формою балки, яка працює на вигин є двотавр. Верхній полиці двотавра придана форма головки.

Рейки у поперечному профілі мають плавні контури для запобігання концентрації напружень. Рейка складається з 3^x (трьох) основних частин: головки, підшви та шийки, яка з'єднує головку з підшвою рейки.

Основними розмірами рейок є: висота головки, шийки, підшви та загальна висота, а також ширина головки і підшви. Геометричні розміри рейок типів Р65, UIC60, Р50 показані на рис. 1.1-1.3.

Довжина рейок.

Стандартна довжина рейок є 12,5 (дванадцять з половиною) метрів та 25 (двадцять п'ять) метрів.

Крім рейок стандартної довжини, для укладання в кривих ділянках колії застосовуються укорочені рейки.

При довжині рейок $l=12,5$ метрів стандартне укорочення рейок $\Delta l=40, 80, 120$ міліметрів.

При цьому рейки зі стандартним укороченням матимуть таку довжину: $l=12,46; l=12,42; l=12,38$ (дванадцять і сорок шість

При довжині рейок $l=25$ метрів стандартне укорочення рейок $\Delta l=80$, або $\Delta l=160$ (вісімдесят або сто шістдесят) міліметрів. Стандартна довжина укорочених рейок: $l=24,92$ або $l=24,84$ (двадцять чотири і дев'яносто дві сотих, або двадцять чотири і вісімдесят чотири сотих) метра.



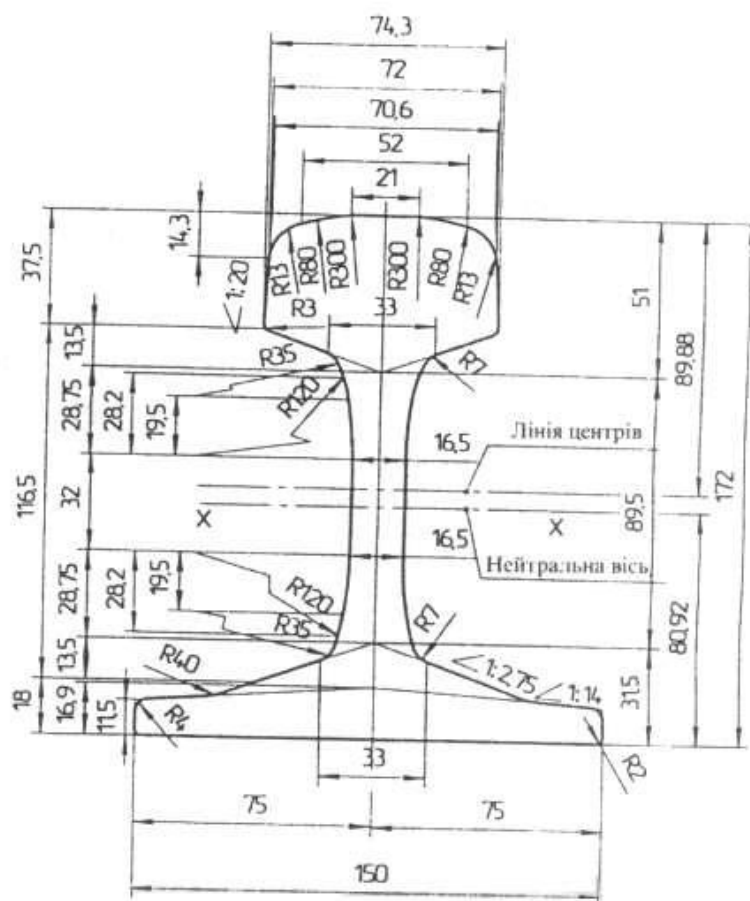


Рисунок 1.2 – Поперечний профіль рейки типу UIC 60

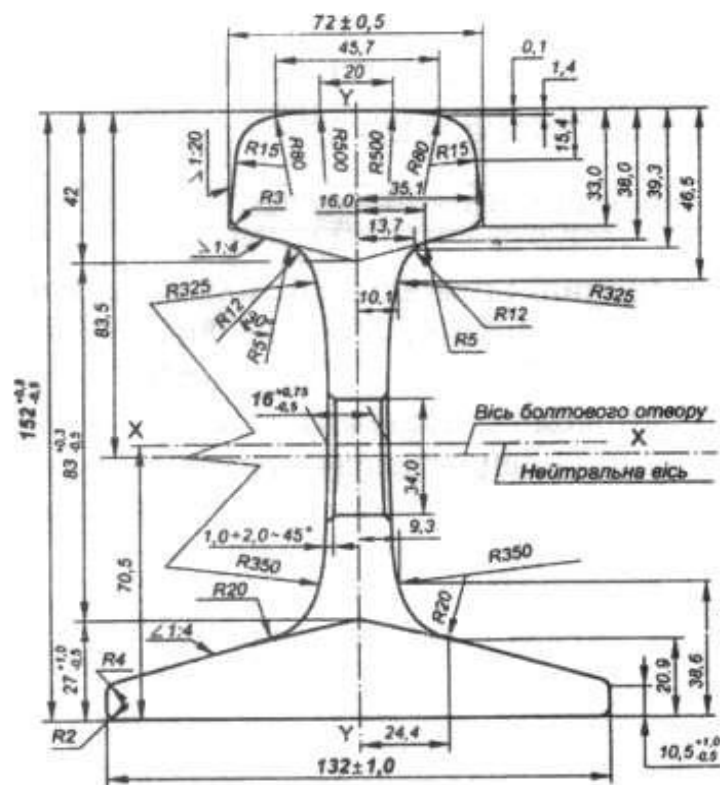


Рисунок 1.3 – Поперечний профіль рейки типу P50

Маса рейок визначається в залежності від:

- вантажонапруженості лінії (Γ);
- швидкості руху поїздів (V);
- осьового навантаження (P).

Чим більше ці показники, тим більшою повинна бути маса рейок, тим менші експлуатаційні витрати.

Вага рейок та їх типи.

Основною характеристикою, яка дає загальне уявлення про потужності рейок, є їх вага, виражена в кілограмах на 1 (один) погонний метр.

Існують такі типи рейок: Р50 (п'ятдесят), Р65 (шістдесят п'ять), Р75 (сімдесят п'ять).

Р50 – це рейка, 1 метр якої важить п'ятдесят кілограмів;

Р65 – це рейка, 1 метр якої важить шістдесят п'ять кілограмів;

Р75 – це рейка, 1 метр якої важить сімдесят п'ять кілограмів.

Це приблизно:

- для Р50 – 51,67 (п'ятдесят один і шістдесят сім сотих) кілограма;
- для Р65 – 64,72 (шістдесят чотири і сімдесят дві сотих) кілограма;
- для Р75 – 74,41 (сімдесят чотири і сорок одна сота) кілограма.

В останні роки на залізницях України почали використовувати рейки UIC 60, у яких вага 1 пог. м. 60 кг.

Із збільшенням ваги рейок збільшуються розміри їх поперечного перерізу. При цьому зменшується їх пружний прогин і росте їх жорсткість, як балки, яка працює на вигин. Разом із зменшенням пружного прогину рейок, зменшується просідання шпал під рухомим навантаженням. Це приводить до збільшення міжремонтних циклів і зменшення витрат праці та коштів на поточне утримання колії.

В залежності від температурної роботи розрізняють: рейки звичайної довжини, довгі рейки і рейкові пліті безстикової колії.

Строк служби рейок. Залежить від:

Γ – вантажонапруженості Γ , $\frac{\text{мільйонно-кілометрів}}{\text{км}}$ брутто за рік;

V – швидкості руху поїздів, км/годину;

P – навантаження на вісь, тонн;

а також якості рейкової сталі, типу рейок, плану в профілю колії та інших факторів.

Рейки виходять з ладу за:

- зносом головок рейок, котрий залежить від пропущеного тоннажу, та якості рейкової сталі;
- за одиночним виходом рейок через дефектність.

Суцільна заміна рейок планується за суцільним зносом рейок вище нормативної величини, або за поодиноким виходом рейок, в т.ч. на безстиковій колії 3 шт/км на ділянках I-III категорії, 4 та більше на ділянках IV-V категорій; на ділянках ланкової колій 5 і 6 шт/км і більше відповідно до указаних категорій ділянок колії.

Знос рейок буває: вертикальний, боковий та приведений.

Приведений знос складається з вертикального + (плюс) 50% (п'ятдесят відсотків) бокового.

$$h_{\text{прив}} = h_{\text{верт}} + 0,5 \cdot h_{\text{бок}}$$

На ділянках колії де швидкість пасажирських поїздів до 120 (ста двадцяти) км/год, для рейок Р65 і важчих приведений знос на головних коліях повинен бути не більше 12 (дванадцяти) міліметрів, а боковий – 15 (п'ятнадцяти) міліметрів.

Середній строк служби рейок в роках визначається як

$$t = \frac{T}{T_r},$$

де T – пропущений тоннаж, мільйон тонн брутто;

T_r – середня річна вантажонапруженість,

$\frac{\text{мільйон тонно-кілометрів}}{\text{км}}$ брутто за рік.

Загальний строк служби рейок, що виражається у тоннажі брутто, після якого рейки треба змінити згідно зносу визначається як:

$$T = \frac{W}{\beta_{\text{ср}}}$$

де T – загальний строк служби рейок, виражений в тоннажі брутто;

W – площа зносу поперечного перерізу головки рейки, що допускається, мм^2 ;

$\beta_{\text{ср}}$ – параметр зносу головки рейки, який представляє знос головки у мм після проходу 1 млн. тонн брутто вантажу. Для Р65 $\beta_{\text{ср}} = 0,7 \text{ мм}$ – для незагартованих рейок у прямих і $1,58 \text{ мм}$ – у кривих.

$$W = b \cdot h - \Delta,$$

де b – ширина зносу головки рейки, мм ;

h – глибина зносу головки рейки, мм ;

Δ – різниця в площах прямокутника шириною ” b ”, та висотою ” h ” і фактичним зносом головки рейки ($\Delta=70 \text{ мм}^2$ при $h>6 \text{ мм}$).

Основні шляхи збільшення надійності, експлуатаційної стійкості та довговічності рейок.

1 Удосконалення профілю рейок за рахунок:

- збільшення R – радіусів сполучення нижньої грані головки рейки з шийкою і шийки з підшвою рейки;
- більш рівномірного розподілу металу по площі поперечного перетину рейок, що зменшує скривлення при охолодженні після прокату і зводить до мінімуму холодну правку рейок, особливо шкідливу при великому вмісті вуглецю.

2 Поліпшення якості рейкової сталі за рахунок підвищення її чистоти:

- за рахунок вакуумування;
- за рахунок безперервного розливу рейкової сталі.

3 Поліпшення якості металу рейок за рахунок термообробки:

- об’ємне загартування рейок з охолодженням у маслі;
- поверхневе загартування струмами високої частоти, з охолодженням повітряною сумішшю;
- технологія загартування рейок у розплавах солей;

- поліпшення структури та якості сталі доданням комплексних розкислювачів: кремнію, ванадію, титану, магнію, калію, цирконію.

4 Застосування безстикової колії .

5 Наплавлення зношених кінців рейок.

6 Застосування лубрикації рейок у кривих ділянках колії.

7 Шліфування головки рейок на початковій стадії появи хвилеподібного зносу рейок.

8 Поліпшення поточного утримання колії в цілому.

9 Поліпшення утримання рухомого складу.

10 Ремонт старопридатних рейок у рейкозварювальних поїздах.

11 Повторне укладання старопридатних рейок у малодіяльні ділянки.

12 Відповідність конструкції колії вантажонапруженості, швидкостям руху та навантаженням на вісь.

Технологічні заходи для підвищення якості рейкової сталі (питання та відповіді).

1 У чому суть термічного загартування рейок?

Це збільшення експлуатаційної стійкості рейок за допомогою термічного зміцнення рейкової сталі.

При цьому збільшується міцність і твердість рейкової сталі.

Застосовуються такі засоби термічної обробки рейок по всій їх довжині:

а) об'ємне загартування в маслі по всій довжині і периметру (НТМК і КМК)

б) поверхневе загартування головки рейки при нагріванні струмом високої частоти (СВЧ) із подальшим охолодженням водоповітряною сумішшю (Азовсталь);

в) поверхневе загартування головок рейок після пічного нагрівання.

Твердість і міцність сталі після термічної обробки збільшується в 3-5 разів.

Однак до сталі після термічної обробки ставляться підвищені вимоги.

Наприклад: більш вузькі границі по утриманню вуглецю.

2 В яких границях повинен бути вміст вуглецю в рейковій сталі

До чого приводить збільшення його вмісту?

Вуглець міститься у границях від 0,71 до 0,82 відсотку.

Вуглець надає рейковій сталі твердість і міцність.

Верхня межа вмісту вуглецю встановлена для уникання збільшення крихкості сталі та виникнення поверхневих дефектів, раковин, плівок та ін.

3 Що таке процес легування рейкової сталі?

Легована рейкова сталь – це сталь у складі якої, крім заліза, вуглецю, кремнію є леговані елементи, введені у сталь для поліпшення експлуатаційних та технологічних властивостей сталі.

Легованими елементами являються: ванадій, титан, цирконій, хром та інші.

Легування рейкової сталі здійснюється за рахунок:

1. Введення в сталь більших, чим потрібно по ТУ (технічним умовам) додатків, марганцю, кремнію, хрому;

2 Модифікування рейкової сталі невеликими кількостями соляних карбідоутворюючих елементів – ванадію і титану.

4 Що таке процес розкислення рейкової сталі?

Розкислення рейкової сталі – це процес виведення з розплавленої сталі розчиненого в ній кисню (у вигляді закису заліза), котрий являється шкідливою домішкою, яка погіршує механічні властивості металу.

Для розкислення сталі застосовуються комплексні феросплави, які забезпечують підвищену чистоту металу:

а) кремній + кальцій + ванадій (КМК)

строк служби збільшується до 30%;

б) кремній + титан + магній (Азовсталь)

строк служби збільшується до 20-25%;

в) кремній + кальцій + цирконій (НТМК)

строк служби збільшується до 15-20%.

Для ефективного розкислення сталі необхідно, щоб продукти розкислення не залишались у сталі у вигляді неметалевих включень.

Рейкова сталь, виготовлена у ковші і розкислена алюмінієм, має недопустимо велику забрудненість неметалевими включеннями.

1.2 Рейкові скріплення

Призначені для:

- прикріплення рейок до підрейкової основи;
- з'єднання рейок у стиках між собою.

Вони беруть участь разом з іншими елементами верхньої будови колії у роботі під поїздами.

Усі рейкові скріплення розподіляються на 2 (дві) групи.

1 (перша) група – проміжне рейкове скріплення, призначене для прикріплення рейок до опор: шпал дерев'яних чи залізобетонних, або залізобетонних плит.

2 (друга) група – стикові рейкові скріплення, призначені для з'єднання рейок в стиках між собою.

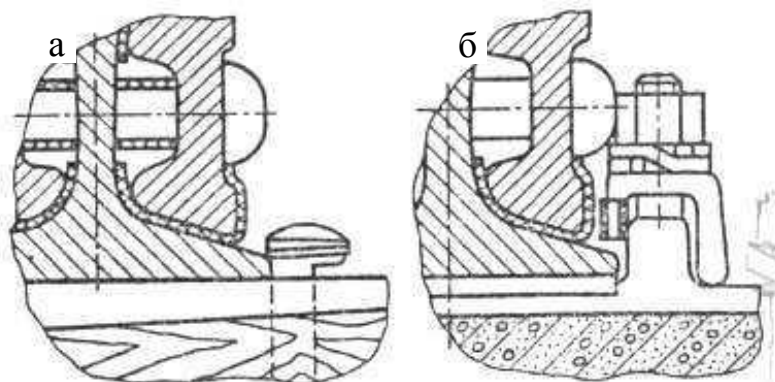
1.2.1 Проміжні скріплення.

За конструкцією проміжні скріплення розділяють 3-х типів: нероздільне, роздільне та змішане.

Роздільне, коли рейки до підкладок і підкладки до шпал прикріплюються різними прикріплювачами.

При *нероздільному* скріпленні рейки разом з підкладками прикріплюються до шпал одними прикріплювачами.

Змішане скріплення має елементи роздільного та нероздільного скріплення. На рис. 1.4 показано кріплення стику при костильному (змішане) і роздільному проміжному скріпленні.

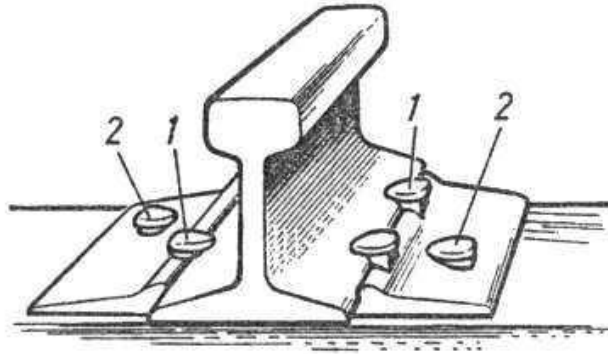


а – при костильному скріпленні; б – при роздільному скріпленні

Рисунок 1.4 – Кріплення стику до основи

Типовими проміжними скріпленнями для дерев'яних шпал являються:

1) костильне змішане скріплення ДО з 5 (п'ятьма) костиллями, з яких 3 (три) основні костилі прикріплюють до шпали і 2 (два) обшивних – прикріплюють до шпали підкладки;



1 – костиль основний; костиль обшивний

Рисунок 1.5 – Змішане скріплення ДО

2) роздільне шурупно-болтове Д2 з жорсткими клемами;

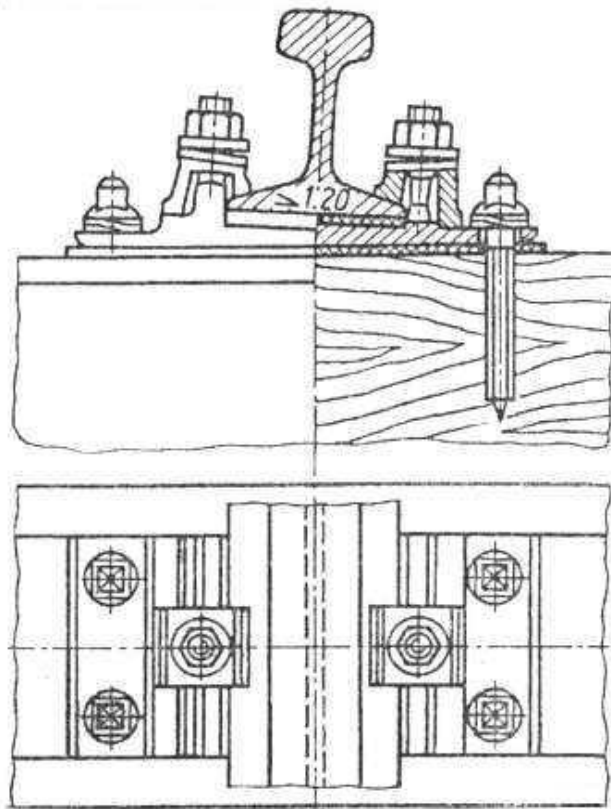


Рисунок 1.6 – Роздільне скріплення Д2

3) шурупно-болтове Д4 з пружинними клемами

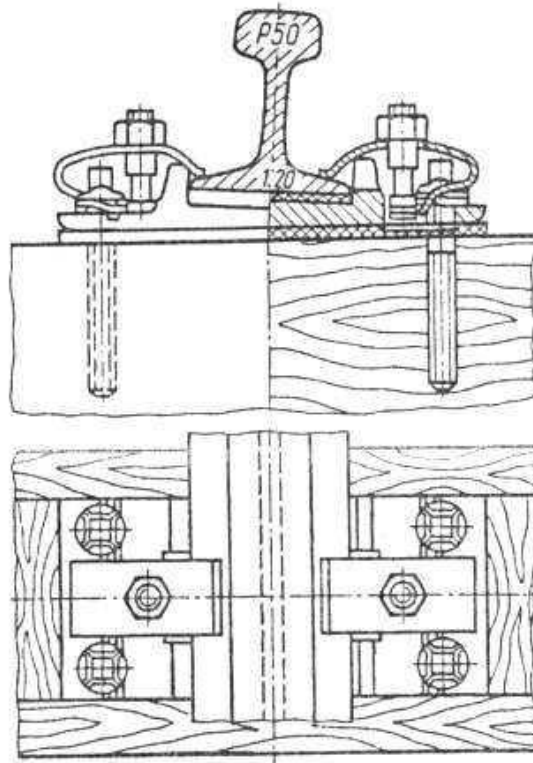


Рисунок 1.7 – Роздільне скріплення Д4

Проміжне рейкове скріплення для дерев'яних шпал складається з таких деталей: рейкова підкладка, гумова прокладка між підкладкою і шпалою, костилі або шурупи, а також клеми і клемові болти.

Проміжне скріплення ДО.

Складається з металевих підкладок і костилів.

Підкладки мають клиноподібну форму з ухилом 1:20 і 5 отворів, з яких 3 отвори – для забивання основних костилів і 2 – для забивання обшивних костилів.

На кривих ділянках колії радіусу 800 м і менше в плановому порядку вкладаються подовжені (несиметричні) підкладки. При цьому – на кривих радіусом 500 м і менше – під обома рейковими нитками, а на кривих радіусом від 501 до 800 м – тільки під зовнішньою рейковою ниткою. Це робиться для збільшення стабільності ширини колії.

Для зменшення інтенсивності зносу шпал під підкладку вкладаються прокладки з гуми, гомбеліту або іншого матеріалу.

Ці прокладки мають товщину від 6 мм до 10 мм і отвори діаметром 25 мм, розміщені так само, як і в підкладці.

Переваги скріплення ДО:

- малодетальність;
- простота у виготовленні та експлуатації.

Недоліки:

1 Неможливість щільного прилягання підкладок до шпал, так як під навантаженням рухомого складу відбувається надсмикування костилів.

2 Підвищений механічний знос шпал внаслідок вібрації підкладок.

3 Незадовільний опір угону колії.

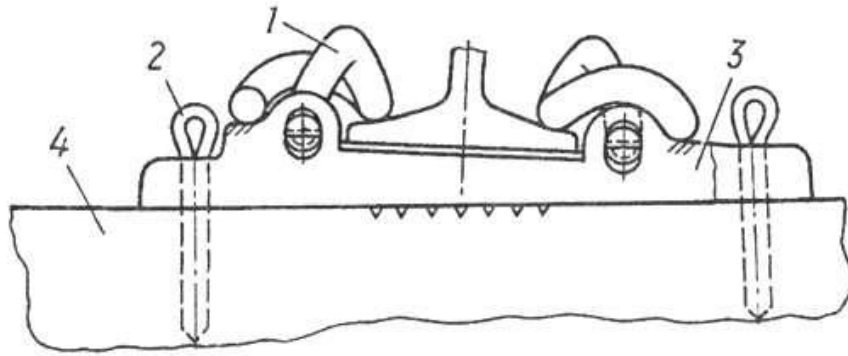
При застосуванні скріплення ДО рейки на прямих ділянках колії при швидкості руху до 100 км/год і на кривих радіусом понад 1200 м пришиваються на кожному кінці шпали крім стикових 4 (чотирма) костиллями, з яких 2 (два) основних – прикріплюють до шпали рейку і 2 (два) обшивних – прикріплюють до шпали підкладку.

На ділянках із швидкостями руху більше 100 км/год., а також на мостах, у тунелях, на кривих ділянках колії радіусом 1200 м і менше та на всіх стикових шпалах рейки прикріплюються на кожному кінці шпали 5 (п'ятьма) костиллями, з яких 3 (три) – основних і 2 (два) – обшивних.

Замість звичайних костилів для зменшення вібрації підкладок застосовуються в якості обшивних – пружинні двохшарові костилі. Для полегшення висмикування обшивних костилів по боках отворів є два буртики, на які спираються борідки обшивних костилів.

Типовими проміжними скріпленнями для дерев'яних шпал є також скріплення: Д2 – роздільне шурупно-болтове з жорсткими клемами та Д4 – роздільне шурупно-болтове з пружинними клемами.

При скріпленні “Пендрол”, яке на залізницях застосовується в дослідному порядку, рейка прикріплюється до підкладки із затискуванням її пружинними клемами. В даний час на залізницях України не застосовується.



1 – пруткова пружна клема; 2 – розпирний костиль;
3 – підкладка; 4 – дерев'яна шпала

Рисунок 1.8 – Роздільне скріплення з клемами “Пендрол”

Роздільне проміжне шурупно-болтове скріплення Д2 та Д4.

При цьому виді скріплення рейка прикріплюється до підкладки на кожному кінці шпали 2 (двома) жорсткими клемами і клеменними болтами при скріпленні Д2 і 2 (двома) пружними клемами і клеменними болтами при скріпленні Д4.

Підкладка прикріплюється до дерев'яної шпали 4 (чотирма) шурупами. Під головки шурупів ставляться двовиткові або тарілчасті пружинні шайби.

Під підшву рейки, а також між шпалою і підкладкою вкладаються амортизуючі й ізолюючі прокладки.

Типові проміжні скріплення для залізобетонних шпал
це:

- роздільне клемно-болтове скріплення з жорсткими клемами КБ;
- роздільне клемно-болтове скріплення з пружинними клемами типу КРАБ;
- роздільне скріплення типу К2;
- нероздільне пружинне скріплення типу БП;
- нероздільне скріплення типу ЖБ;
- нероздільне безпідкладочне пружинне скріплення типу ЖБР;
- нероздільне безпідкладочне безболтове пружне скріплення типу КПП-5;
- нероздільне безболтове скріплення типу СБУ-3 (дослідна партія);
- нероздільне безболтове скріплення типу “Пендрол” (дослідна партія).

Основним скріпленням для залізобетонних шпал є скріплення КБ, а в перспективі – повинне стати скріплення КПП.

Скріплення КБ.

Скріплення КБ з підкладкою забезпечує надійну сумісну роботу під рухомих навантаженням усіх елементів прикріплення і призначене для застосування на вантажонапружених та високошвидкісних ділянках колії.

Додаткові вимоги до скріплень для залізобетонних шпал:

- для зниження жорсткості залізобетонних шпал потрібно ввести амортизаційні елементи;
- для забезпечення електроізоляції – застосовуються деталі з ізолюючих матеріалів.

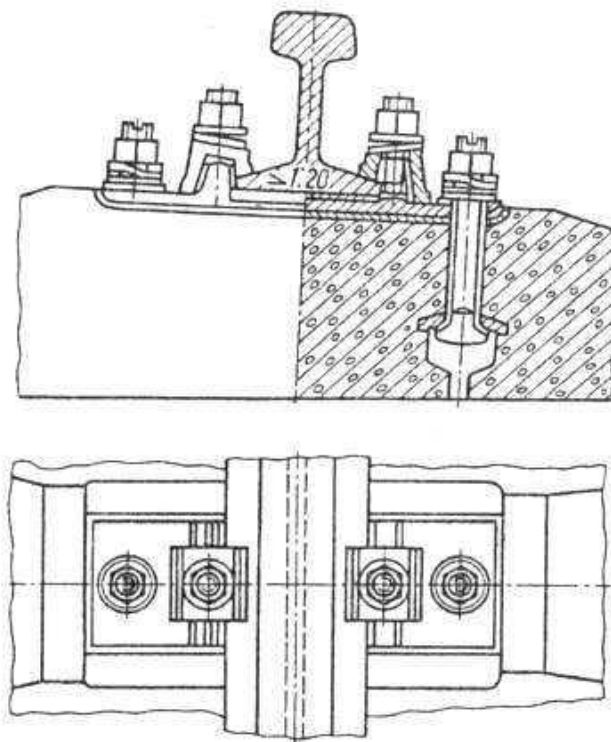


Рисунок 1.9 – Роздільне скріплення типу КБ

Деталі скріплення КБ. Скріплення типу КБ – багатодетальне. На одну шпалу приходиться близько 50 його елементів, а саме:

- підкладки – 2 шт.;
- клемні болти – 4 шт.;

- клеми – 4 шт.;
- шайби пружинні 2-виткові на клемні болти – 4 шт.;
- гайки для загвинчування клемних болтів – 4 шт.;
- закладні болти – 4 шт.;
- закладні анкерні шайби – 4 шт.;
- ізолюючі втулки – 4 шт.;
- плоскі шайби – 4 шт.;
- шайби пружинні 2-виткові на закладні болти – 4 шт.;
- гайки на закладні болти – 4 шт.;
- прокладки під рейки – 2 шт.;
- прокладки на шпалу 2 шт.

Разом – 48 елементів.

При цьому виді скріплення рейка прикріплюється до підкладки на кожному кінці шпали 2 (двома) жорсткими або 2 (двома) пружинними клемами і клемними болтами з двовитковими шайбами і гайками.

Підкладки прикріплюються до залізобетонних шпал на кожному кінці шпали 2 (двома) закладними болтами, на які одягнені ізолюючі втулки, плоскі і пружинні двовиткові шайби із гайками.

Електроізоляція рейкових ниток при залізобетонних шпалах забезпечується гумовими прокладками, що вкладаються під підкладки, та ізолюючими втулками, за допомогою яких закладні болти ізолюються від підкладок. Втулки виготовляються з текстоліту або іншого діелектричного матеріалу.

Підкладки для залізобетонних шпал виробляються плоскими без ухилу.

Роздільне скріплення типу К2.

Підкладка прикріплюється до залізобетонної шпали 2 (двома) шурупами, які угвинчуються у втулки, виготовлені з твердих порід деревини і які забетоновані у залізобетонні шпали.

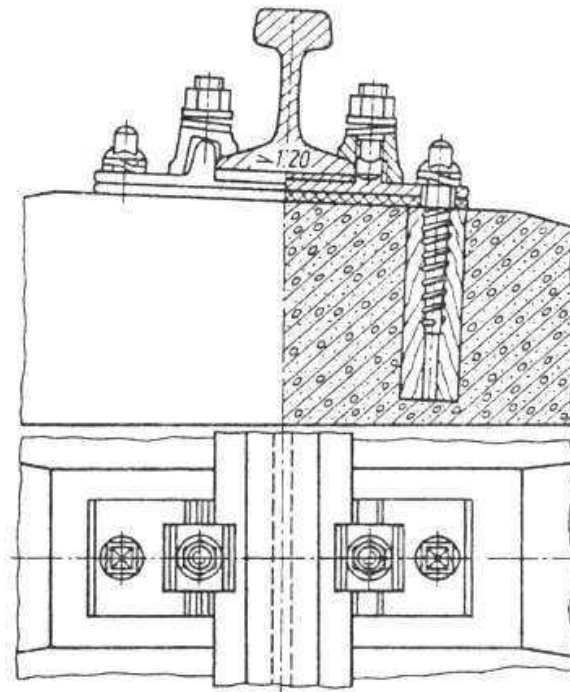


Рисунок 1.10 – Роздільне скріплення типу К2

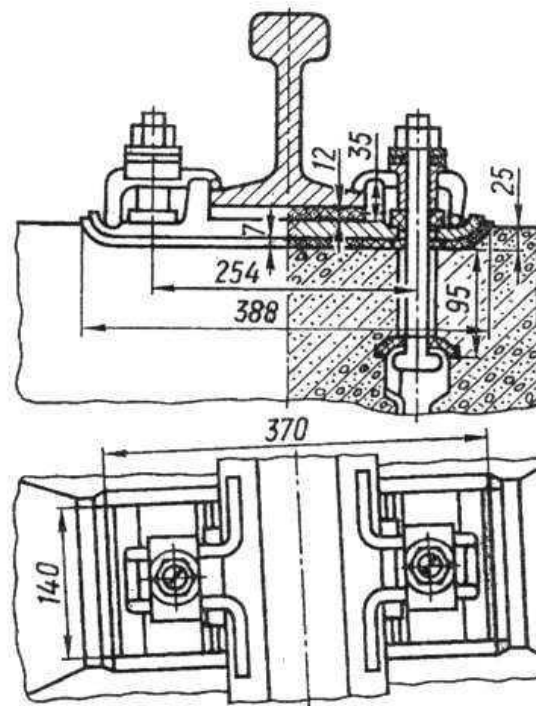


Рисунок 1.11 – Нероздільне пружинне скріплення БП

Нероздільне пружинне скріплення БП(див. рис. 1.11).

При цьому скріпленні підкладка прикріплюється до шпали двома закладними болтами, на яких також кріпляться прутки типу КРАБ або плоскі пружні клеми, що притискують рейки до підкладок.

Нероздільні безпідкладочні скріплення типу ЖБ і ЖБР.

Рейки прикріплюються до шпал пружними клемами і закладними болтами із гайками (див. рис. 1.12-1.13).

У цих скріпленнях під подошву рейки і під клеми вкладаються пружні прокладки, які одночасно є ізолюючими.

На закладні болти встановлюють ізолюючі втулки, плоскі шайби і гайки, які загвинчуються доти, поки верхня “гілка” клеми не доторкнеться до подошви рейки в двох місцях: на кінці і біля кромки подошви. Болти затягуються спочатку ззовні колії, після цього – всередині.

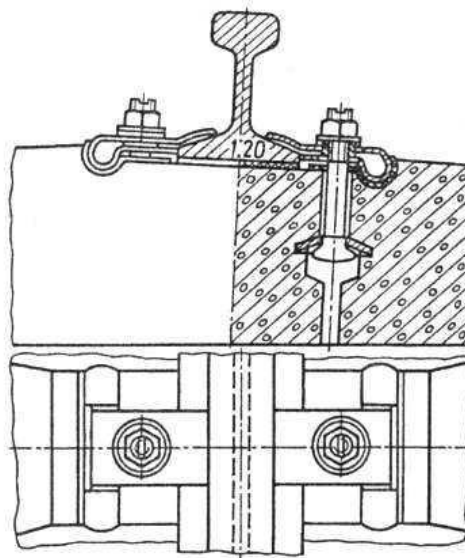


Рисунок 1.12 – Нероздільне скріплення типу ЖБ

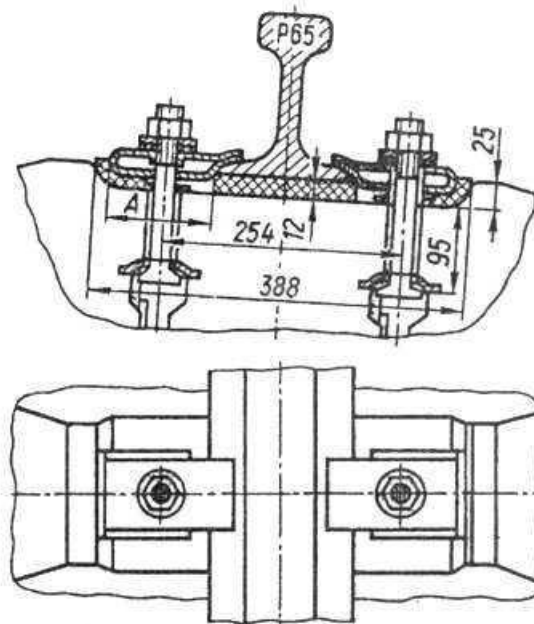


Рисунок 1.13 – Нероздільне безпідкладочне пружинне скріплення ЖБР

Під подошву рейок укладаються пружні підкладки, які одночасно є і ізолюючими. Для ізоляції анкера від рейки в скріпленні СБУ-3 (див. рис. 1.14) в головку анкера вставляється ізолююча вкладка з твердого полімеру, який спирається палицею на подошву рейки й притискається до неї пружною клемою.

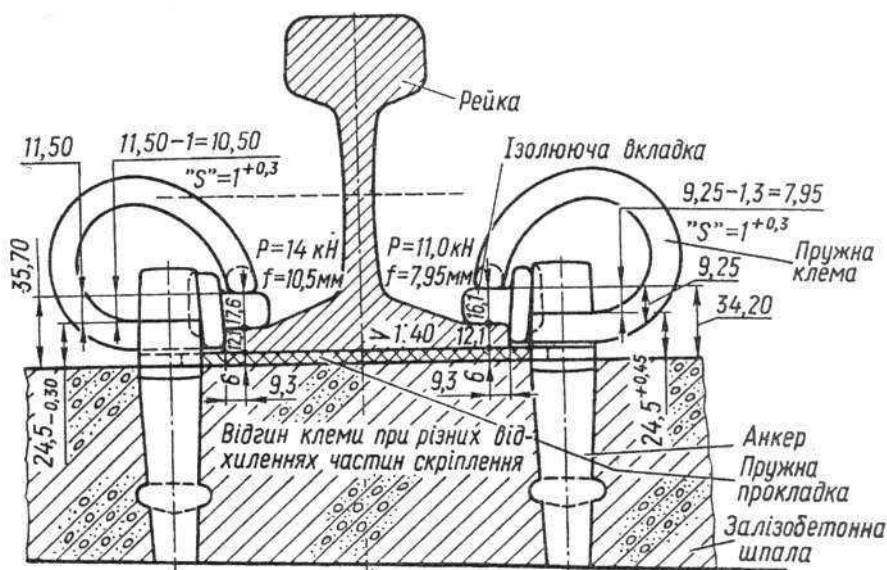
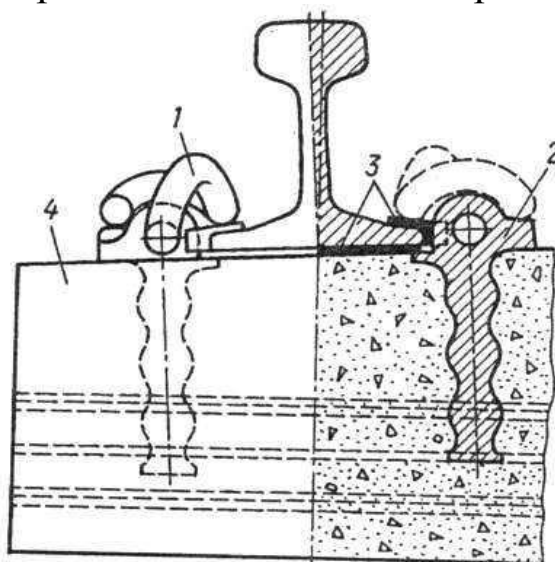


Рисунок 1.14 – Нероздільне безболтове скріплення типу СБУ-3



- 1 – пруткова пружна клема; 2 – анкер; 3 – ізолююча прокладка;
4 – залізобетонна шпала

Рисунок 1.15 – Нероздільне безболтове скріплення типу “Пендрол”

У скріпленні “Пендрол” (рис. 1.15) частини анкерів, що розміщені на верхній поверхні шпали утворюють реборди, між якими розміщується рейка із загнутими на її підшву закраїнами підрейкової ізолюючої прокладки.

Ці прокладки забезпечують як пружну передачу тиску від рейки на шпалу, так і ізоляцію рейки від шпали і клема.

Клеми своєю верхньою частиною спираються на закраїни прокладки, забезпечуючи притискання рейки до опори силою не менше 12 кН.

Скріплення СБУ-3 і типу “Пендрол” після експлуатаційних випробувань виявилися непридатними для застосування в експлуатаційних умовах залізниць України.

З реконструкцією вітчизняних магістралей особливо під швидкісний рух, виникла необхідність впровадження нових елементів конструкції верхньої будови колії, які б відповідали сучасним вимогам експлуатації.

Нове скріплення повинно забезпечувати:

- зменшення витрат на поточне утримання колії;
- зменшення металоємності та численності елементів;
- стабільність ширини колії;
- утримання рейок від угону;
- укладання плітей безстикової колії довжиною з перегін без сезонних температурних розрядок;
- використання високоміцних ізолюючих клеєболтових стиків;
- підвищення безпеки руху поїздів.

Для вирішення цього завдання було запропоновано впровадити пружні скріплення, що зменшують жорсткість колії на залізобетонних шпалах (брусах), витрати на поточне утримання колії. Науково-конструкторським технологічним бюро колійного господарства Укрзалізниці (НКТБ ЦП УЗ) були розроблені проміжні пружні скріплення типів КПП-5 (безпідкладочне пружне скріплення), КПП-12, КППД-2 та КПП-7.

Проміжні пружні скріплення почали використовуватися на залізницях України з 1993 р. на ділянках із шириною колії 1520 мм, суміщеної колії 1520 і 1435 мм, а також у нових конструкціях стрілочних переводів на залізобетонних брусах.

Проміжне пружне скріплення типу КПП-5.

Застосовується лише на безстиковій колії в прямих і кривих ділянках з радіусом кривої не менше 350 м і вантажонапруженістю до 40 млн.т·км бруто/км на рік, зі швидкістю руху пасажирських поїздів до 140 км/год.

Особливості конструкції.

Скріплення типу КПП-5 складається із двох пружних клем типу КП-5.2, підрейкової прокладки типу ПРП-2.1 та двох ізолюючих вкладишів типу ВІП-65, (ВІП-60) відповідно до типу рейок. Загальний вигляд і розміри елементів скріплення типу КПП-5 наведені на рис. 1.16.

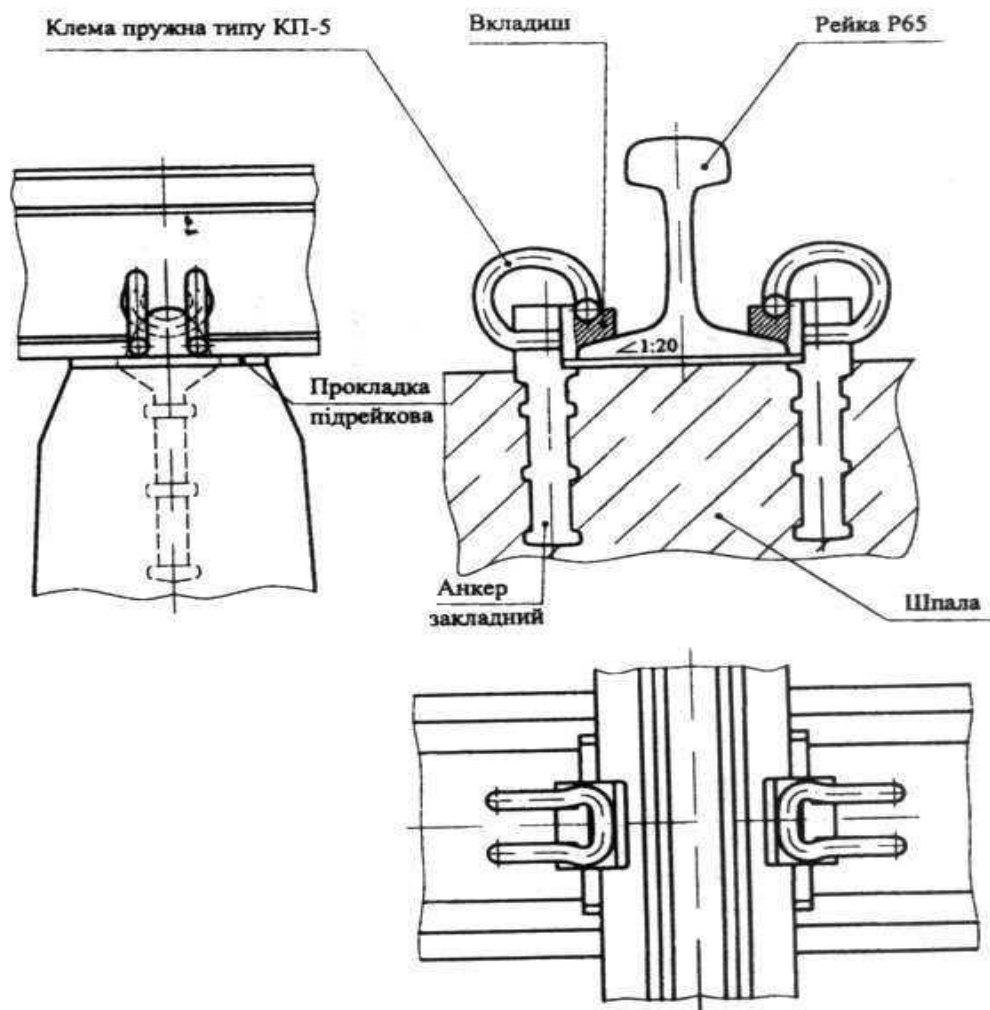


Рисунок 1.16 – Безпідкладочне проміжне пружне скріплення типу КПП-5 з клемами типу КП-5.2

Рейки прикріплюються до шпал пружними клемами, які установлюють в отвори анкерів шпал. Під подошву рейок

укладаються підрейкові ізолюючі прокладки. Для ізоляції анкера від рейки застосовують ізолюючий вкладиш із полімеру, що установлюється полицею на підшву рейки й притискується до неї пружною клемою.

Клема типу КП-5.2 забезпечує притиснення рейок до основи із зусиллям не менше 10 кН. Постійне притиснення підшви рейкової пліти до основи забезпечує зусилля (обох пружних клем) не менше 20 кН.

Пружне проміжне скріплення типу КППД-2.

Розроблене НКТБ ЦП УЗ скріплення проміжне пружне типу КППД-2 призначене для застосування його в кривих малого радіусу, на крутих ухилах, на мостах і тунелях із рейками типу Р65 на дерев'яних шпалах.

Особливості конструкції.

Скріплення типу КППД-2 представлене у двох виконаннях:

- із пружними клемами типу КП-2 та фіксуючими шайбами (рис. 1.17);
- з пружними клемами типу КП-12 та плоскими шайбами (рис. 1.18).

У скріпленні типу КППД-2 рейка прикріплюється до підкладки на кожному кінці шпали двома пружними клемами типу КП-2 або КП-12, фіксуючими або плоскими шайбами, відповідно, і клемними болтами з гайками. Розширена підкладка типу КД65-У прикріплюється до дерев'яної шпали чотирма колійними шурупами типу ШК-1, що мають змінну різьбу, за рахунок чого підвищується несуча здатність і надійність закріплення у дерев'яній шпалі. Під підшву рейки, а також між шпалою і підкладкою, укладаються амортизуючі гумові прокладки, що мають збільшену зносостійкість.

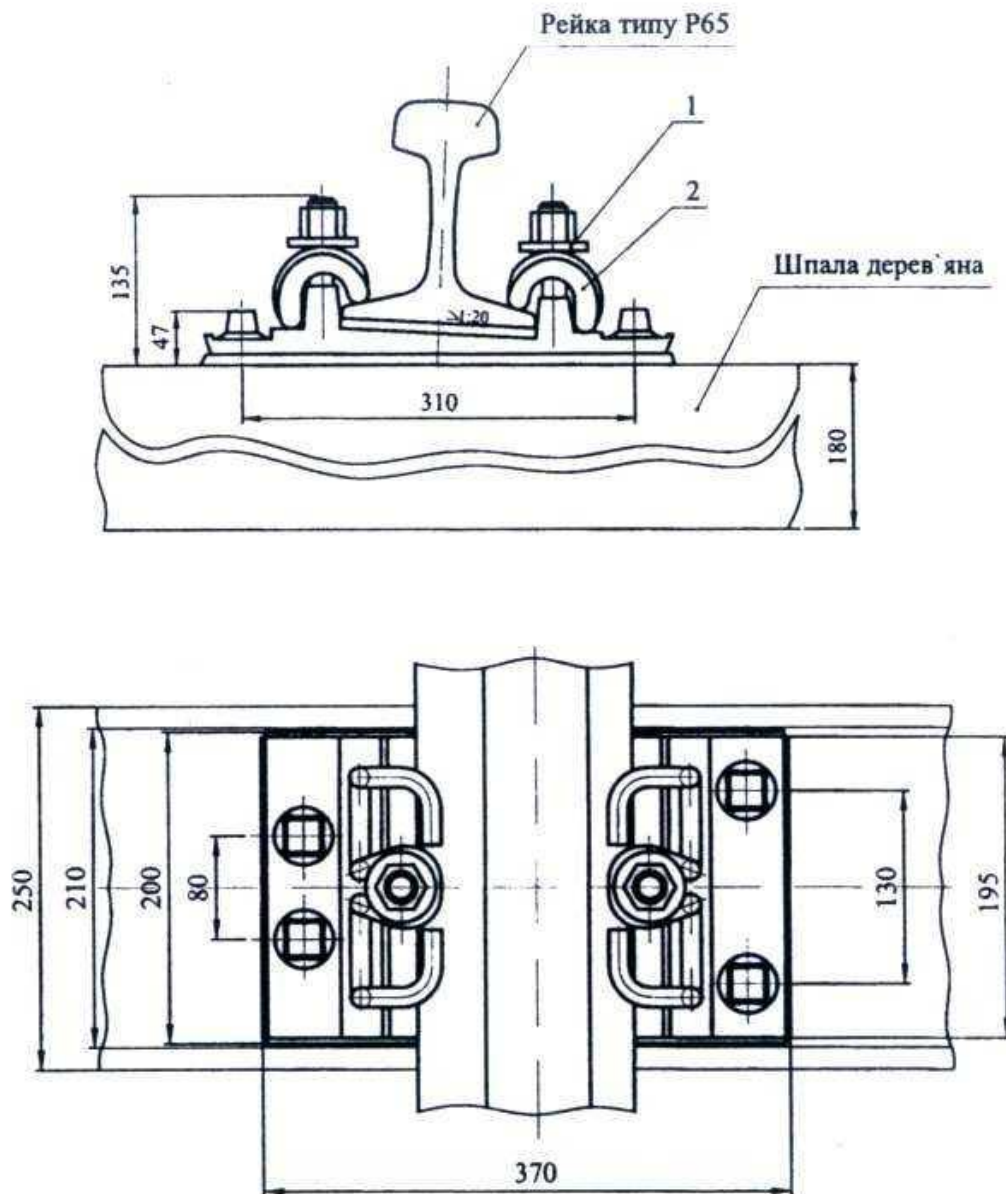
Конструкція скріплення типу КППД-2 включає:

- розширену підкладку типу КД65-У;
- шуруп колійний типу ШК-1, який відрізняється від звичайного колійного шурупа розміщенням на конічній частині шурупа гвинтової навивки різьби, ширина витка якої на зовнішньому діаметрі збільшується у бік головки,

за рахунок чого підвищується несуча здатність і надійність закріплення;

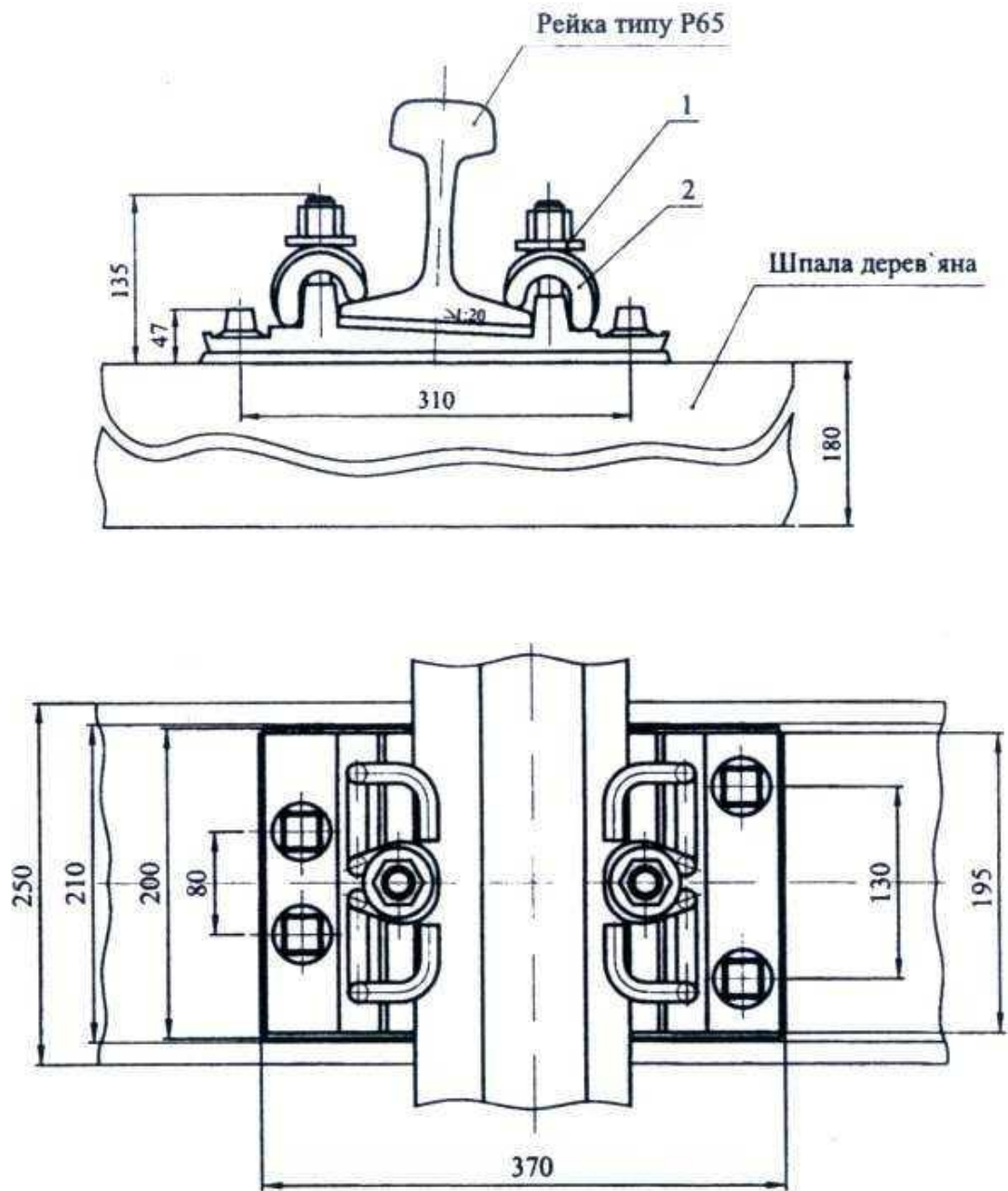
- гумову прокладку типу ПНД-3 та гумову підрейкову прокладку типу ПРЦП-5, що мають збільшену зносостійкість гуми;
- фіксуючу шайбу спеціального профілю, що утримує клемний болт від нахилу при закріпленні.

Особливості конструкції елементів скріплення типу КППД-2 наведені на рис. 1.17, 1.18.



1 – підкладка типу КД 65-У; 2 – прокладка типу ПНД-3; 3 – прокладка підрейкова типу ПРЦП-5; 4 – шуруп колійний; 5 – клема пружна типу КП-2; 6 – шайба фіксуюча; 7 – болт клемний; 8 – гайка М22

Рисунок – 1.17 – Скріплення пружне типу КППД-2 з пружними клемами типу КП-2 та фіксуючими шайбами



1 – шайба плоска; 2 – пружна клема типу КП-12

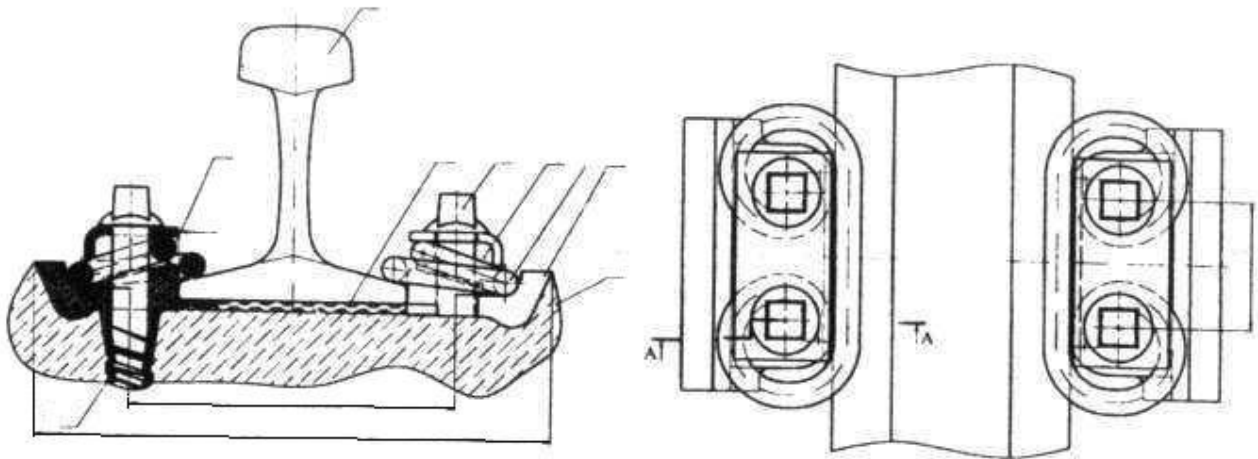
Рисунок 1.18 – Скріплення пружне типу КППД-2 з пружними клемами типу КП-12 та плоскими шайбами

Проміжне пружне скріплення типу КПП-7.

Поширення швидкісних ділянок колії на Україні при змішаному русі вимагало розробки зовсім нового типу скріплення, здатного забезпечити надійну роботу колії. Відповідно до цього було розроблене безпідкладочне шуруподюбельне проміжне пружне скріплення типу КПП-7. Пружне

скріплення типу КПП-7 призначене для застосування у безстиковій колії на залізобетонних шпалах типу Ш-7, із рейками типу Р65.

Скріплення типу КПП-7 складається з двох пружних клем типу КП-7, прокладки типу ПРП-7, двох шайб типу ШГ-7, двох шайб типу ШВ-7, двох вкладишів ізолюючих типу ВІП-7 та чотирьох колійних шурупів типу ШК-7. Загальний вигляд і розміри елементів скріплення типу КПП-7 наведені на рис. 1.19.



- 1 – клема пружна типу КП-7; 2 – прокладка типу ПРП-7; 3 – шайба типу ШГ-7;
4 – шайба типу ШВ-7; 5 – вкладиш ізолюючий типу ВІП-7; 6 – шуруп типу ШК-7; 7 – дюбель; 8 – шпала залізобетонна типу Ш-7

Рисунок 1.19 – Безпідкладочне проміжне пружне скріплення типу КПП-7 з клемою типу КП-7

Особливості конструкції.

Пружні клемки типу КП-7 призначені для прикріплення рейки до залізобетонних шпал типу Ш-7. кожна пружна клема типу КП-7 забезпечує притиснення рейок до основи із зусиллям не менше 12,5 кН. Постійне притиснення рейки до основи повинно бути із зусиллям (обох пружних клем типу КП-7) не менше 25 кН.

Вкладиші ізолюючі типу ВІП-7 призначені для утримання ширини колії та електричної ізоляції елементів скріплення.

Прокладки типу ПРП-7 призначені для забезпечення пружності підрейкової основи, що зменшує динамічні

навантаження від рухомого складу і захищає залізобетонні шпали від руйнування.

Шайби типу ШГ-7 (шайби Г-подібні) призначені для утримання у вертикальній площині шурупа.

Проміжне пружне скріплення типу КПП-12.

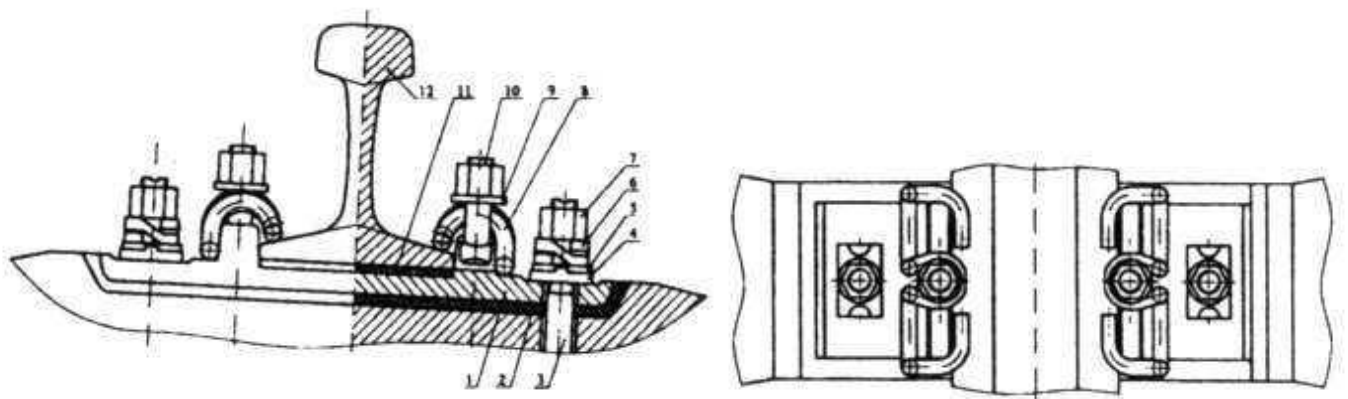
Проміжне пружне скріплення типу КПП-12 розроблене для зменшення витрат на поточне утримання колії і підвищення надійності прикріплення рейкових плітей від угону. Скріплення типу КПП-12 подібне до конструкції скріплення типу КБ, але жорстка клема ПК замінюється пружною типу КП-12. Проміжне пружне скріплення типу КПП-12 застосовується у безстиківій колії на залізобетонних шпалах із рейками типу Р65.

Особливості конструкції.

Особливості конструкції скріплення типу КПП-12 з пружними клемами типу КП-12 наведені на рис. 1.20.

Кожна пружна клема типу КП-12 забезпечує притиснення рейок до основи із зусиллям 12,5 кН. Постійне притиснення підшви рейки звареної пліті до основи повинно бути із зусиллям (обох пружних клем типу КП-12) не менше 25 кН.

Маркування наноситься на кінці одного з плечей клеми. **Клеми типу КП-12 без маркування в колію укладати заборонено.**



- 1 – рейкова підкладка КП-65; 2 – гумова прокладка під підкладку;
3 – болт закладний М22 довжиною 165 мм; 4 – втулка ізолююча;
5 – скоба для ізолюючої втулки; 6 – шайба пружна двовиткова; 7 – гайка колійна М22; 8 – клема пружна типу КП-12; 9 – шайба плоска; 10 – болт клемний; 11 – прокладка гумова під підшви рейки; 12 – рейка типу Р65

Рисунок 1.20 – Скріплення пружне типу КПП-12

1.2.2 Стики і стикові рейкові скріплення.

Місце з'єднання рейок між собою зветься стиком. Стик є найбільш напружене місце у колії. Близько 30-50 (тридцяти-п'ятдесяти) відсотків витрат праці пов'язані з наявністю стиків.

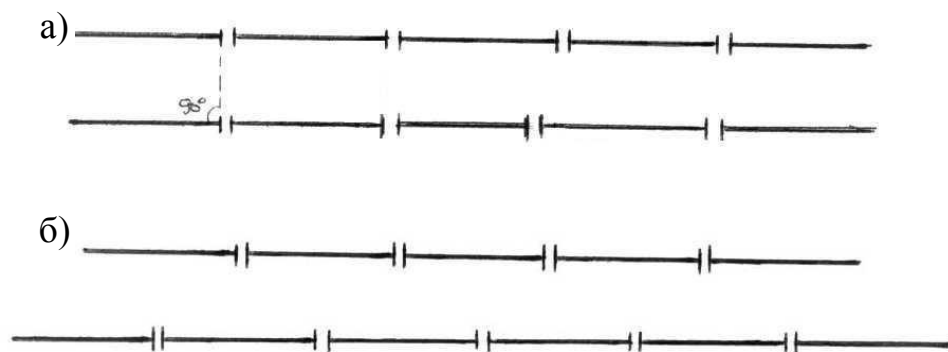
Стики обох рейкових ниток повинні утримуватись по накутнику.

Між рейками в стикі залишається зазор, що дозволяє рейці змінювати довжину при зміні температури. Максимальні стикові зазори, які допускаються, при рейках довжиною 12,5 метрів – 18 мм, а при рейках довжиною 25,0 метрів – 21 мм.

При наявності трьох і більше злитих, або максимально розтягнутих зазорів підряд на коліях з рейками довжиною 12,5 метрів, та двох і більше зазорів з рейками довжиною 25,0 метрів повинно призначатися регулювання зазорів за винятком тих випадків, коли такі зазори є нормальними.

Класифікація стиків згідно взаємного розташування.

За розміщенням стиків один відносно одного розрізняють стики: по накутнику, врозбрід, безсистемно.



а) по накутнику; б) врозбрід та безсистемно

Рисунок 1.21 – Варіанти схем розміщення стиків

При рейках $\ell=12,5$ м стандартне укорочення $\Delta\ell=40, 80, 120$ мм; при рейках $\ell=25,0$ м - $\Delta\ell=80, 160$ мм.

Стики по накутнику розташовують на нормалі до осі колії і контролюють спеціальними шаблонами-накутниками.

Забігання стиків повинно бути на прямих ділянках колії не більше ніж 8 (вісім) сантиметрів. На кривій ділянці колії забігання стиків повинно бути не більше половини укорочення.

Перевага укладання стиків по накутнику:

- Перевага укладання врозбід та безсистемно на кривій ділянці колії полягає у відсутності необхідності укладання укорочених рейок у криві ділянки колії. Недоліком – є неможливість механізованого укладання колієукладачами колійної решітки.

Розрізняють такі стики: металеві, зварені, клеєні, клеєболтові. Стандартні стики розміщуються між шпалами (рис. 1.22). Розміщення стиків на здвоєних шпалах і на зближених шпалах застосовували раніше, а в діючій Інструкції з улаштування та утримання колії такі конструкції стиків не передбачені.

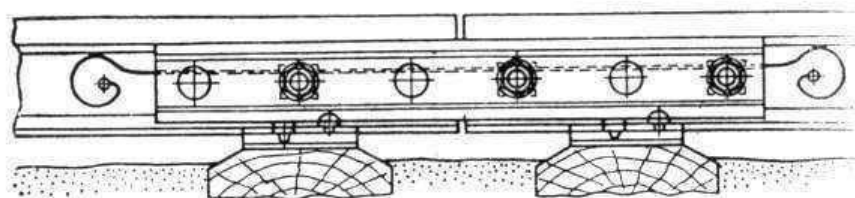
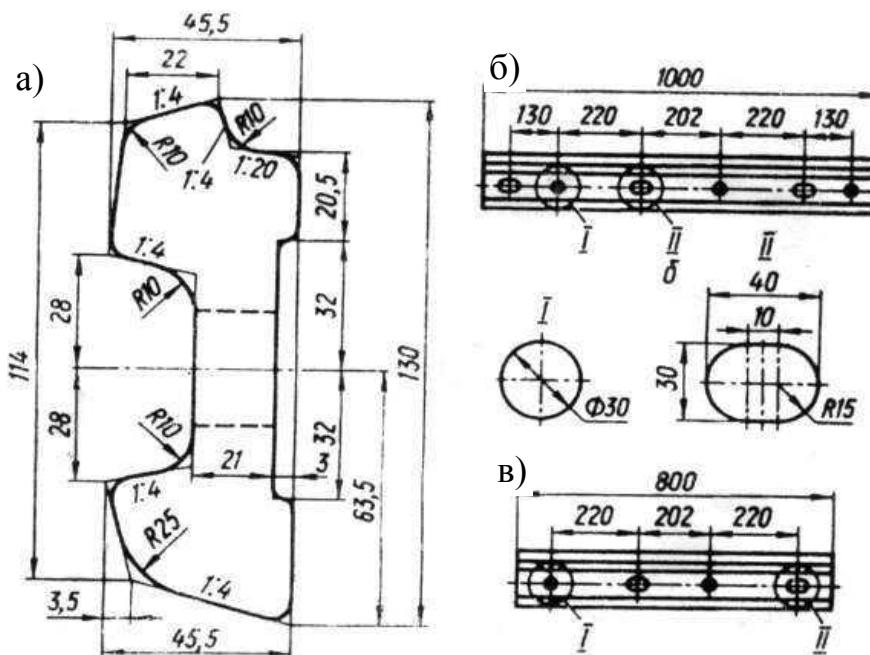


Рисунок 1.22 – Розміщення стиків між шпалами

Стикове скріплення складається з двохголових накладок, стикових болтів, гайок та пружинних шайб.



а) поперечний профіль; б) поздовжній профіль шестидірної накладки;
в) те ж чотиридірної накладки

Рисунок 1.23 – Накладка для рейок Р65 і Р75

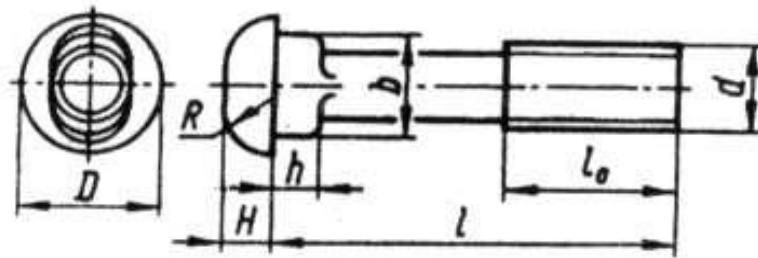


Рисунок 1.24 – Колійний болт з круглою голівкою

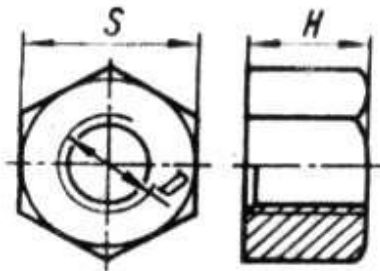
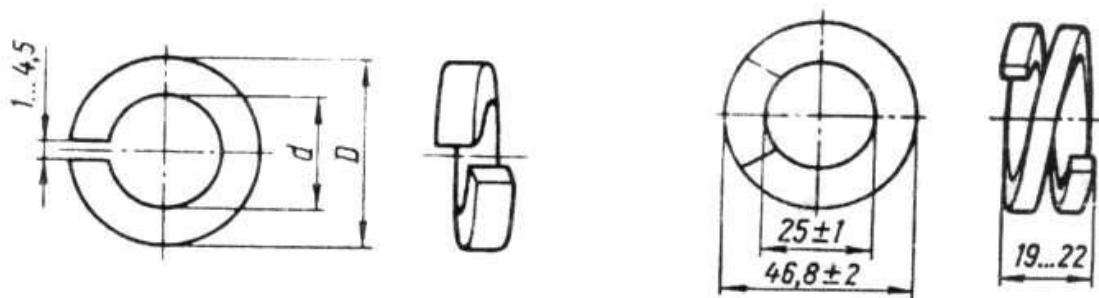


Рисунок 1.25 – Гайка для колійного болта



а) одновиткова; б) двовиткова

Рисунок 1.26 – Шайба пружинна для стикових болтів

Двоголові накладки бувають: 4-х (чотирьох) та 6-ти (шести)отворні. Болтові отвори у накладках мають по черзі круглу та овальну форму. Накладки для рейок типів Р75 і Р65 – уніфіковані.

З рейками типів Р75, UIC60 і Р65 можуть застосовуватися як шестиотворні, так і чотириотворні накладки. В стиках зрівнювальних рейок безстикової колії, а також у стиках рейок на великих і середніх мостах і в тунелях застосовуються тільки шестиотворні накладки. Закріплення чотириотворних і шестиотворних накладок виконується стандартними стиковими болтами.

Для рейок Р75 та Р65 (сімдесят п'ять) та Р65 (шістдесят п'ять) застосовуються перехідні накладки, котрі забезпечують сумісність поверхні кочення колеса та бокових робочих граней

головок рейок, що стикуються. Вигин виконується в горизонтальній та боковій поверхні накладок.

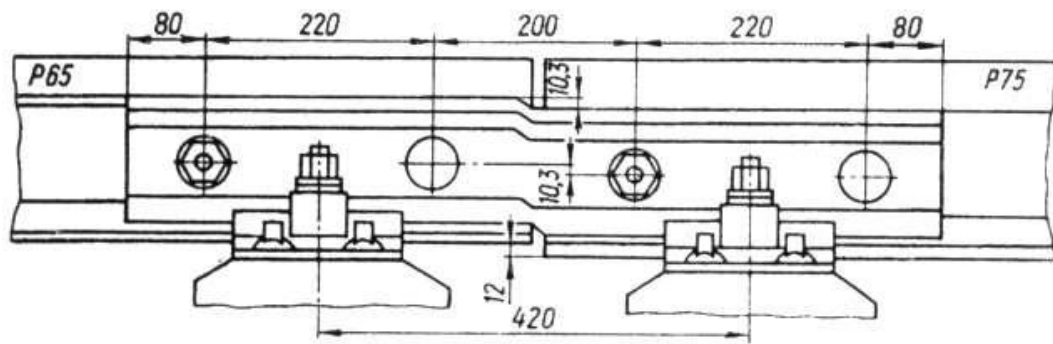


Рисунок 1.27 – Перехідний стик рейок типів Р75 і Р65

Замість перехідних накладок можуть застосовуватись перехідні рейки, зварені з 2 (двох) відрізків різнотипних рейок.

Перехідні рейки є більш ефективним засобом з'єднання рейок різних типів.

1.2.3 Особливості улаштування рейкової колії на ділянках з автоблокуванням та електричною тягою поїздів.

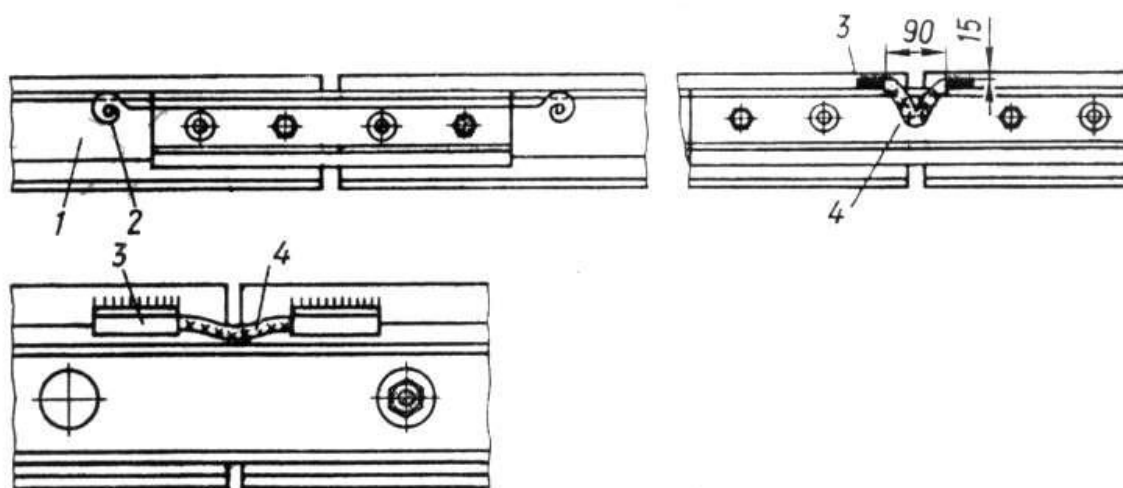
Рейкові нитки на ділянках, обладнаних автоблокуванням та електричною тягою поїздів є одночасно струмопровідними колами сигнального струму автоблокування та зворотного тягового струму.

Усі стики на цих ділянках підрозділяються на струмопровідні та ізолюючі.

Струмопровідні стики – влаштовуються підряд на всю довжину ділянки автоблокування між 2 (двома) ізолюючими стиками, які встановлюються перед світлофорами.

Струмопровідність стиків забезпечується:

- установленням штепсельних стикових з'єднувачів;
- використанням тарілчастих шайб;
- застосуванням графітових мастил;
- приваркою мідних з'єднувачів;
- приваркою короткого сталевго тросу Ø6 мм, довжиною 200 мм, закріпленого у сталій обоймі, яка і приварюється до неробочих граней головок рейок;
- щільним затягуванням стикових болтів;
- установленням пружних рейкових з'єднувачів ПРЗ-65.



а – штепсельний; б – приварний сталевий; в – приварний мідний; 1 – дріт;
2 – штепсель; 3 – манжета; 4 – трос

Рисунок 1.28 – Рейкові з'єднувачі

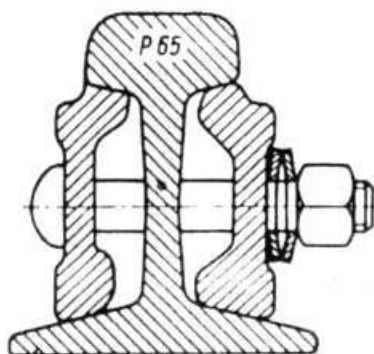


Рисунок 1.29 – Тарілчасті пружини в стику, установлені послідовно (пружини не затягнуті)

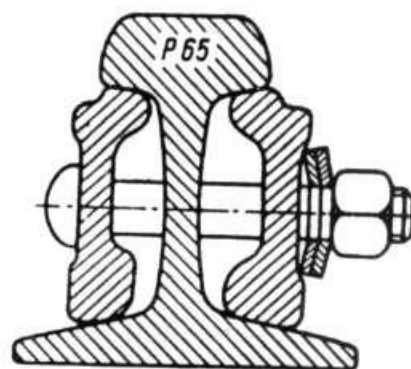


Рисунок 1.30 – Тарілчасті пружини в стику, установлені паралельно (пружини не затягнуті)

Штепсельні стикові з'єднувачі виготовляються з 2 (двох) сталевих оцинкованих дротин $\varnothing 5$ (п'ять) міліметрів, на кінцях яких є конусні штепселі, які забиваються в отвори, просвердлені в шийках рейок за кінцями накладок.

Ці з'єднувачі знаходяться в пазах накладок. Є також з'єднувачі, виготовлені для пропускання зворотного тягового струму. Вони виготовляються з мідного тросу поперечного перерізу не менше 70 (сімдесяти) мм^2 для змінного струму.

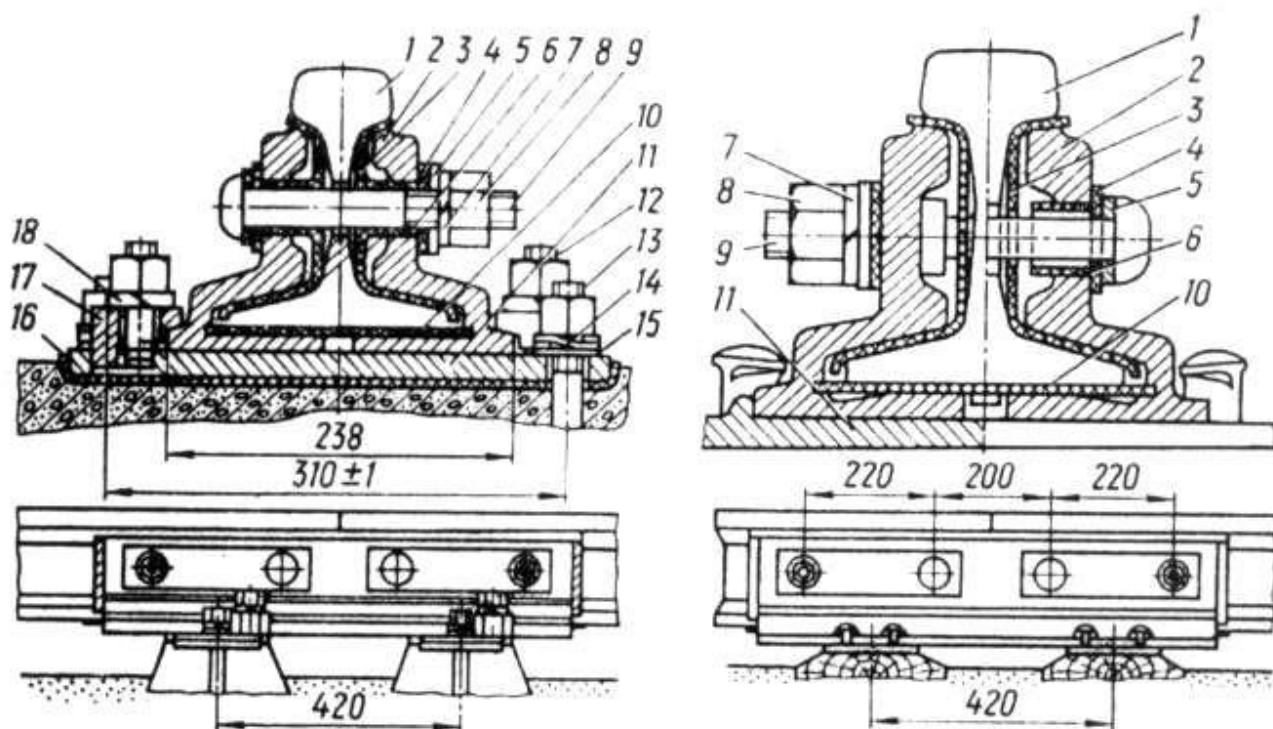
Кінці мідного тросу затиснуті в обоймах, які приварюються до неробочих граней двох рейок.

Ізолюючі стики влаштовуються на кінцях блок-ділянок, біля вхідних, вихідних, гіркових, прохідних та інших світлофорів.

Ізолюючими матеріалами є: фібра, текстоліт або поліетилен, полімерні матеріали.

Ізолюючі стики бувають:

1. Збірні стики з об'ємними накладками та фібровими, або поліетиленовими прокладками. Строк служби забезпечує пропускання 30-70 мільйонів тонн вантажу.

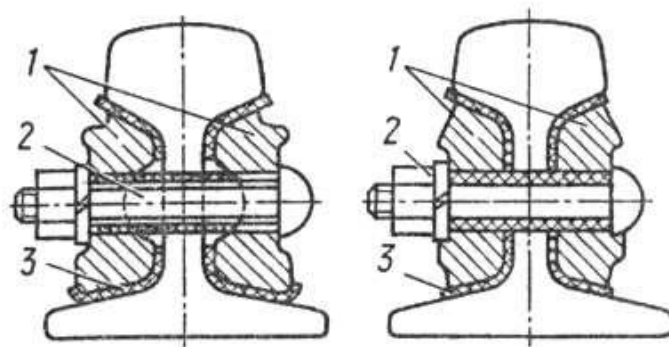


а – при залізобетонних шпалах та скріпленні КБ; б – при дерев'яних шпалах і костильному скріпленні; 1 – рейка; 2 – накладка; 3 – прокладка бокова; 4 – поліетиленова планка під болти; 5 – планка металева; 6 – втулка; 7 – шайба пружинна; 8 – гайка; 9 – болт стиковий; 10 – ізолююча прокладка під рейку; 11 – підкладка; 12 – болт клемний; 13 – болт закладний; 14 – шайба пружинна; 15 – шайба плоска; 16 – прокладка під підкладку; 17 – клема лита; 18 – шайба

Рисунок 1.31 – Ізолюючий стик з облягаючими металевими накладками

2. Збірні з полімерними накладками.

3. Клеєболтові стики з 2-оголовими накладками. Строк служби забезпечує пропускання 150 млн. тонн бруто вантажу.



а – з типовими проструганими накладками; б – з повнопрофільними накладками;
1 – накладка; 2 – болт; 3 – ізоляція із склотканини, просоченої епоксидним клеєм

Рисунок 1.32 – Клеєболтовий ізолюючий стик

4. Монолітні клеєболтові стики з накладками спеціального профілю. Забезпечують пропускання 300 млн. т бруто вантажу (рис. 1.32 б).

Клеєболтові ізолюючі високоміцні стики застосовують в безстиковій колії та зварних стрілочних переводах. Виготовляються з рейками Р65 (КІВ65) і UIC60 (КІВ60).

1.3 Рейкові опори

Призначення:

1. Передавати тиск від рейок на баластовий шар.
2. Пружно переробляти динамічні впливи рухомого складу.
3. Забезпечувати постійність ширини колії.
4. Разом з баластовим шаром забезпечувати стійке положення рейко-шпальної решітки у горизонтальній та вертикальній площинах.

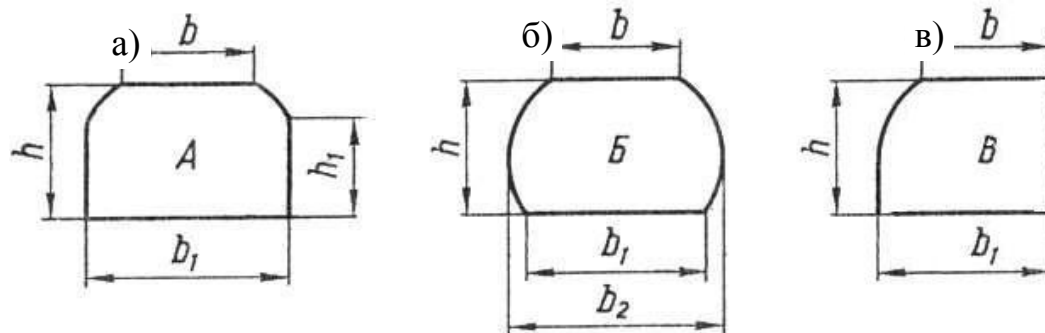
Рейкові опори бувають у вигляді: шпал, напівшпал, перевідних брусів, поздовжніх лежаків, залізобетонних плит та рам, а також інших конструкцій. Найбільш поширеним типом опор є шпали.

Шпали за матеріалом виготовлення можуть бути: дерев'яні, залізобетонні та металеві.

Дерев'яні шпали.

Виготовляються з сосни, ялини, піхти, кедра, бука, берези та інших порід.

Дерев'яні шпали виготовляються трьох видів (А – обрізні, Б – необрізні, В – напівобрізні) і трьох розмірів (І, ІІ, ІІІ) та використовуються для укладання в колію залежно від категорійності. Шпали І типу вкладають у головні колії, ІІ типу – в головні при вантажонапруженості до 15 млн. т·км брутто / км на рік, у станційні та під'їзні колії. Шпали ІІІ типу вкладають у під'їзні та інші станційні колії.



а) обрізні; б) необрізні; в) напівобрізні

Рисунок 1.33 – Поперечні перерізи дерев'яних шпал

Вимоги до дерев'яних шпал: міцність, пружність, опір зносу та переміщенням, бути простими у виготовленні та мати великий строк служби.

Причини виходу дерев'яних шпал з ладу: гниття, утворення поздовжніх тріщин; розробка костильних отворів та механічний знос верхньої постелі шпал.

Строк служби дерев'яних шпал.

Розрахунковий або перспективний строк служби дерев'яних шпал залежить від роду просочення та породи деревини. Він установлений:

- 19 років – для соснових шпал, просочених масляними антисептиками;
- 18 років – для листяних порід, просочених масляними антисептиками;
- 17 років – для ялинових, ялицевий та кедрових порід, просочених масляними антисептиками;
- 13,5 років – незалежно від породи деревини, якщо шпали просочені водно-розчинними антисептиками.

Для конкретних умов експлуатації середній строк служби шпал коригується коефіцієнтами

$K_p, K_\Gamma, K_{кл}$,

де K_p – коефіцієнт впливу маси рейок; при середній масі рейок 57,5 кг/м $K_p=1,0$;

K_Γ – коефіцієнт впливу вантажонапруженості; при вантажонапруженості $\Gamma = 37,5 \frac{\text{МЛН Т} \cdot \text{КМ}}{\text{КМ}}$ брутто за рік $K_\Gamma=1,0$.

$K_{кл}$ – коефіцієнт впливу клімату; для Донецької залізниці $K_{кл}=1,22$.

Вага та розміри дерев'яних шпал.

Вага є приблизно 70 (сімдесят) кг. Довжина – 2,75 м (два метри сімдесят п'ять сантиметрів). За замовленням може бути 2,8 або 3,0 м.

Дерев'яні шпали і бруси повинні бути просоченими і, як правило, укріпленими проти розтріскування їх кінців. Укріплення від розтріскування виконується обв'язуванням кінців шпал і брусів дротом, штабовою сталлю, установленням дерев'яних і металевих гвинтів, металевих болтів.

Укладання дерев'яних шпал і брусів в колію без заздальгідь просвердлених в них костильних або шурупних отворів і антисептування цих отворів – забороняється.

Шпали відносно осі колії розташовуються перпендикулярно або по нормалі (у кривих). Кінці шпал із польового боку повинні бути вирівняні по шнуру. На одноколійних ділянках по шнуру повинні укладатися праві кінці шпал по рахунку кілометрів, у кривих – по зовнішній нитці кривої.

Відхилення у відстанях між осями шпал не повинно перевищувати 8 см.

Епюра укладання шпал.

Схема розташування шпал та їх кількість на рейковій ланці або на кілометрі зветься епюрою шпал.

На залізничних коліях України, залежно від наявних експлуатаційних умов, категорії колії, типу шпал та залежно від плану лінії (пряма чи крива) застосовуються епюри укладання дерев'яних шпал 1440, 1600, 1840, 2000 шт/км. Кількість шпал на 25-метрову ланку для епюр 1440, 1600, 1840 та 2000 шт/км складає 36, 40, 46 та 50 шт/ланку. Розміщуються дерев'яні шпали

в проміжних прольотах на відстані між осями шпал: для епюри 2000 шт/км – 501-502 мм, для епюри 1840 шт/км – 546-547 мм, 1600 шт/км – 628-629 мм, 1440 шт/км – 694-695 мм. В стикових прольотах для рейок Р75, Р65 – 420 мм, для рейок Р50 – 440 мм, для рейок Р43 – 500 мм.

Залізобетонні шпали випускаються промисловістю попередньо напруженими струнобетонними. Залізобетонні шпали виготовляються двох типів (для роздільних і нероздільних скріплень).

У сучасній конструкції залізобетонних шпал передбачені варіанти типорозмірів між підрейковими площадками двох рейкових ниток: для прямих і кривих ділянок з однаковою шириною колії 1520 мм. Відповідним чином розташовані і гнізда під закладні болти. Надалі передбачається введення другого типорозміру 1530 мм в кривих з радіусом менш як 650 м за окремими вказівками Укрзалізниці.

Раніше укладені в колію залізобетонні шпали мають тільки один типорозмір під ширину колії 1520 мм в прямих і кривих.

Залізобетонні шпали укладають в головні колії, як правило, тільки при безстиковій колії. Не допускається застосування залізобетонних шпал на ділянках з пучинами, на нестійкому земляному полотні, а також в ланковій колії на головних коліях. На приймально-відправних коліях дозволяється укласти залізобетонні шпали як в безстиковій, так і в ланковій колії. На решті колій залізобетонні шпали можуть укладатися в ланкову колію.

Залізобетонні шпали виготовляють трапецієвидного перетину, що змінюється по довжині шпали, з розширеною нижньою поверхнею до кінців шпали і звуженням в середній частині. Висота і площа поперечних перетинів шпали в середній частині зменшені порівняно з підрейковими зонами, що безпосередньо беруть на себе навантаження від рейок.

Нахил рейок на залізобетонних шпалах здійснюється за рахунок ухилу підрейкових площадок 1/20, при цьому застосовуються плоскі підкладки.

Для прикріплення підкладок до шпал (при скріпленнях роздільного типу) або прикріплення рейок через клеми до шпал (при

нероздільному скріпленні) в шпалах передбачені отвори з гніздами і закладними шайбами для закріплення закладних болтів.

Залізобетонні шпали випускаються попередньо напруженими. Вони армовані сталевим попередньо натягнутим дротом періодичного профілю діаметром 3 мм.

Залізобетонні шпали повинні відповідати вимогам Державного стандарту і не повинні мати дефектів, що забороняють їх використання в колії.

Шпали виготовляються 1-го і 2-го сортів (залежно від міри відхилень розмірних обрисів від проектних і дефектів, що допускаються). Порядок використання шпал 1-го і 2-го сортів визначається "Положенням про проведення планово-запобіжних ремонтно-колійних робіт на залізницях України".

Залізобетонні шпали укладають у колію з рейками типів Р65, UIC60 і Р50 на прямих і в кривих з радіусом не менше 300 м на коліях усіх категорій. Дозволяється укладання залізобетонних шпал типу Ш-6 (див. табл. 1.1) у кругових кривих при радіусах менше 450 м. Залізобетонні шпали вкладають у колію на щебеневому баласті.

Таблиця 1.1 – Типи залізобетонних шпал

Умовне позначення типу	Тип скріплення	Відстань між осями отворів для закладних болтів, дюбелів або між внутрішніми поверхнями анкерів, мм	Маса шпали, кг
Ш 1-1	роздільне	310	265
Ш 1-2	роздільне	310	265
Ш 2-1	нероздільне	236	265
Ш 2-2	комбіноване	244	265
Ш-6	роздільне (круті криві)	310	265
Ш-7	нероздільне	214	264
СБ 3-0	безпідкладочне	173	280
СБ 3-1	безпідкладочне	173	288
СБ 3-2	безпідкладочне	155	288
Ш 2С-1	безпідкладочне (суміжна колія)	173	365

На колії з шурупним скріпленням КПП-7 застосовуються залізобетонні попередньо напружені шпали типу Ш-7.

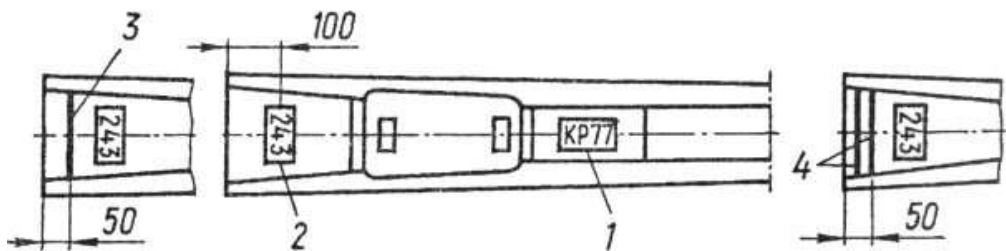
Конструктивною особливістю таких шпал є те, що в них застосовується шурупне прикріплення ізолюючих вкладишів і клем КП-7 до шпали за допомогою колійних шурупів ШК-7, що загвинчуються в дюбелі типу ДШ, які забетоновані в шпалах.

Нахил підрейкових площадок до поздовжньої осі шпали у вертикальній площині повинен бути $1/20$.

Всі залізобетонні шпали повинні мати на верхній поверхні знаки маркування.

Залізобетонні шпали вкладають в колію з рейками Р50, Р65 Р75 та UIC60 на прямих і в кривих ділянках (в головні колії при радіусі не менше 350 м, в інших коліях – при радіусі не менше 300 м). Потрібна ширина колії при радіусах менше 350 м забезпечується за рахунок зміни типорозмірів скріплень. Залізобетонні шпали вкладають в колію, як правило, на щебеневому баласті з твердих порід (марок У-50 і І-40).

Епюри залізобетонних шпал приймаються такі ж, як і для дерев'яних шпал. Відхилення у відстанях від епюрного положення не повинні перевищувати 4 см.



1 – товарний знак підприємства-виготовлювача і рік виготовлення; 2 – номер партії; 3 – знак шпали 2-го сорту; 4 – знак некондиційної шпали

Рисунок 1.34 – Маркування шпал

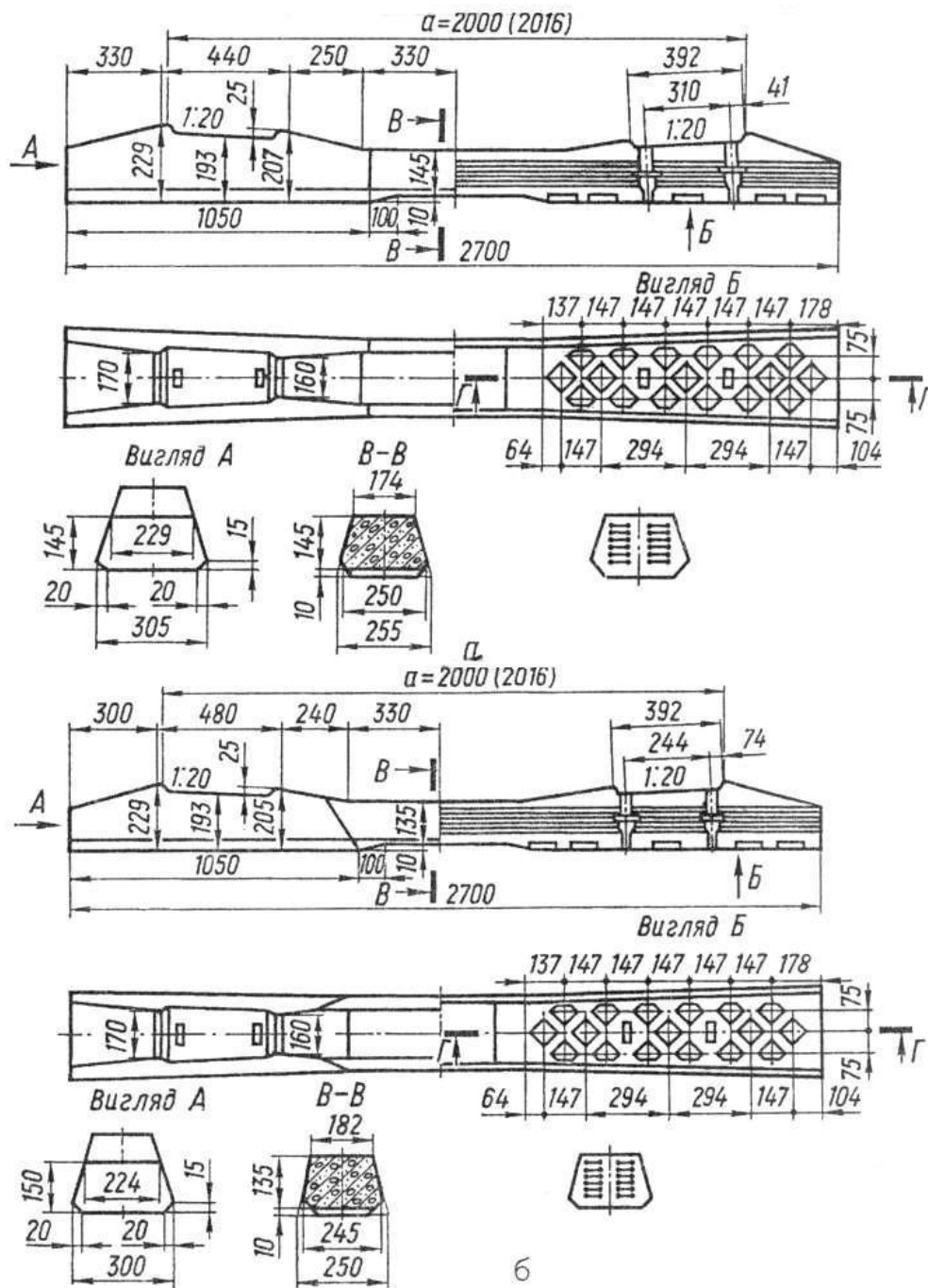
Марки шпал:

Ш 1-1 – застосовуються для сучасних скріплень КБ. Укладаються у прямих ділянках колії та у кривих ділянках $R=350$ м і більше.

У якості арматури застосовується високоміцний сталевий дріт періодичного профілю, $\varnothing 3$ (три) міліметри.

Для виготовлення залізобетонних шпал вживається бетон марки не нижче 500 (п'ятсот).

Шпали типу СБЗ-0 застосовуються з рейками Р65 та UIC60 з пружними скріпленнями КПП-5.



а – тип Ш-1-1; б – тип Ш-2-2

Рисунок 1.35 – Попередньо напружені залізобетонні шпали

Переваги залізобетонних шпал:

1. Збереження деревини.
2. Не гниють.
3. Мають більший строк служби у порівнянні з дерев'яними – 40-50 років.
4. Допускають більші напруження на зминання.
5. Мають більшу опірність переміщенням.

Недоліки:

1. Мають меншу пружність у порівнянні з дерев'яними.
2. Мають велику електропровідність.
3. Є більш крихкими, тому потрібне більш обережне їх навантаження, транспортування, вивантаження та підбиття.
4. Внаслідок великої ваги (250-260 кг) – менш зручні при навантаженні, вивантаженні, зміні та підбиванні шпал.
5. Мають багато деталей.

Блочна підрейкова основа.

Подальше підвищення стабільності колії можливе тільки при якісно новому рішенні – заміні шпал на залізобетонну основу. Така основа може бути 2-х типів: у вигляді окремих блоків (плит, рам) довжиною 2,5-6,5 м (рис.1.36) та монолітна, яка не має стиків поміж плитами.

Остання буває 2-х типів:

а) рейки укладаються безпосередньо на плиту, котра має пружні проклади;

б) у монолітну плитну основу утоплені шпали.

Так влаштована колія у метрополітені, де дерев'яні або залізобетонні шпали утоплені у бетон.

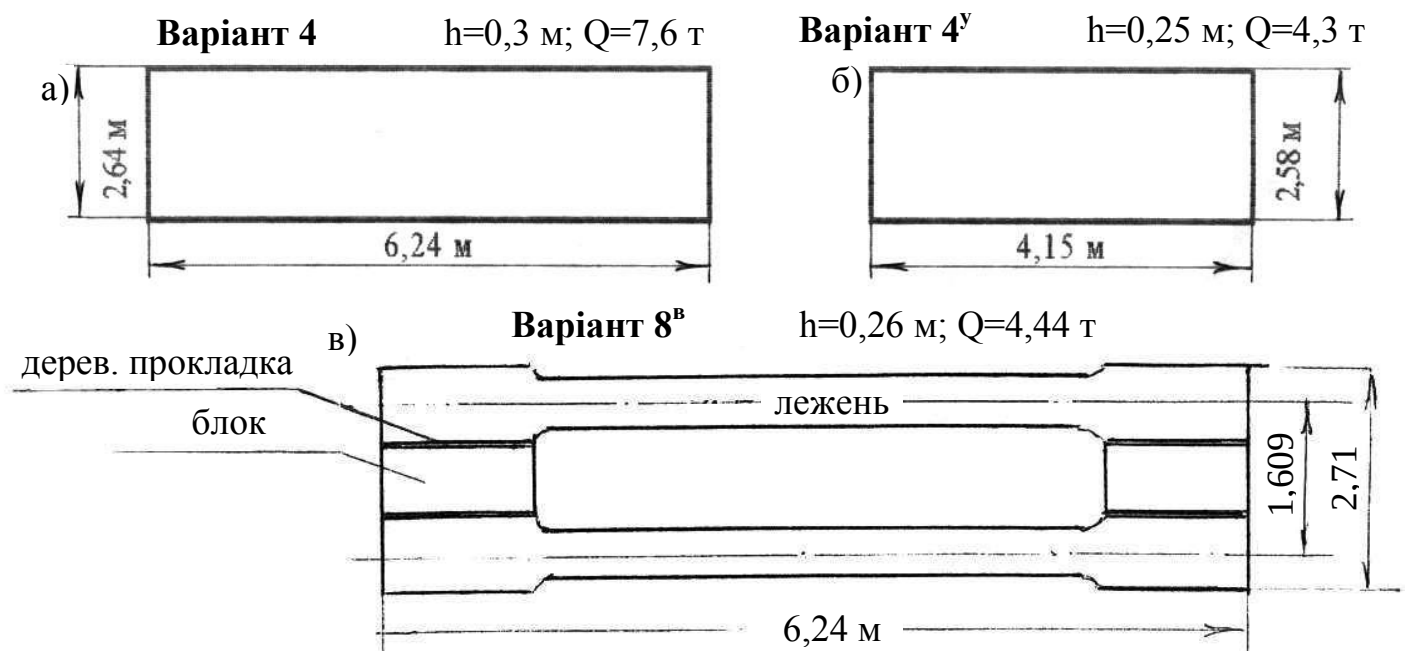


Рисунок 1.36 – Залізобетонна основа у вигляді залізобетонних плит

(а, б) та збірних залізобетонних рам (в)

Малогабаритні рами: МГР-1 та МГР-2.

Кожна рама заміняє: 4 шпали – при рейках типу Р50; 5 шпал – при рейках типу Р65.

МГР-1 $L=2,46$ м; $b=2,46$ м; $h=0,24$ м; $Q=1,9$ т.

МГР-2 $L=2,48$ м; $b=2,27$ м; $h=0,21$ м; $Q=1,6$ т.

Стики блоків – найслабші місця. У стиках осідання в 2-3 рази більші ніж у середині.

Варіант 8-в не забезпечує стабільності ширини колії через розрив болтів.

Конструкція колії на суцільній монолітній основі.

На відміну від блочного типу в ній немає стиків. Буває 2-х типів: 1 – рейки укладаються безпосередньо на пружні прокладки, укладені на залізобетонну плиту; 2 – рейки укладаються на шпали, втоплені у монолітну плитну основу.

Колія у метрополітені.

Шпали втоплені у бетон. Вони можуть бути дерев'яні або залізобетонні.

1.4 Баластний шар

Призначення:

1. Сприймати тиск від шпал та пружно передавати його на основну площадку земляного полотна.
2. Пружно передавати удари коліс рухомого складу в стики рейок.
3. Забезпечувати стійкість рейко-шпальної решітки від зсуву.
4. Відведення води від верхньої будови колії.
5. Створення умов для виправлення положення рейко-шпальної решітки в плані та профілі.

Вимоги:

1. Міцність.
2. Пружність.
3. Водно- та морозостійкість.
4. Не втрачати якості при багаторазовому заморожуванні та розморожуванні.
5. Добре чинити опір зсувам.

6. Бути поганим провідником електричного струму.
7. Не дробитися.
8. Не пилити.
9. Не розмиватися дощами.

Матеріали:

1. Щебінь (щебінка) з твердих кам'яних порід.
2. Щебінь з валунів та гальки.
3. Азбест, який є рівноцінний щебеневому баласту.
4. Гравій та пісок.
5. Шлаки.
6. Черепашник.

На українських залізницях баластний шар може бути: щебінь, сортований та кар'єрний гравій, черепашник, пісок. На ділянках із швидкостями руху поїздів понад 100 км/год застосовується тільки щебеневий баласт.

Поперечні профілі баластної призми.

Розміри баластної призми повинні забезпечувати:

1. Стійкість рейко-шпальної решітки у горизонтальній та вертикальній площинах.
2. Допустимі напруження на поверхню земляного полотна.

Баластний шар укладається на основну площадку земляного полотна, яка має:

- а) трапецієвидну форму – для одноколійних ділянок;
- б) трикутну форму – для двоколійних ділянок.



Рисунок 1.37 – Трапецієвидна форма основної площадки земляного полотна



Рисунок 1.38 – Трикутна форма основної площадки земляного полотна

Насип складається з: тіла насипу, основи насипу, основної площадки земляного полотна, укосів насипу.

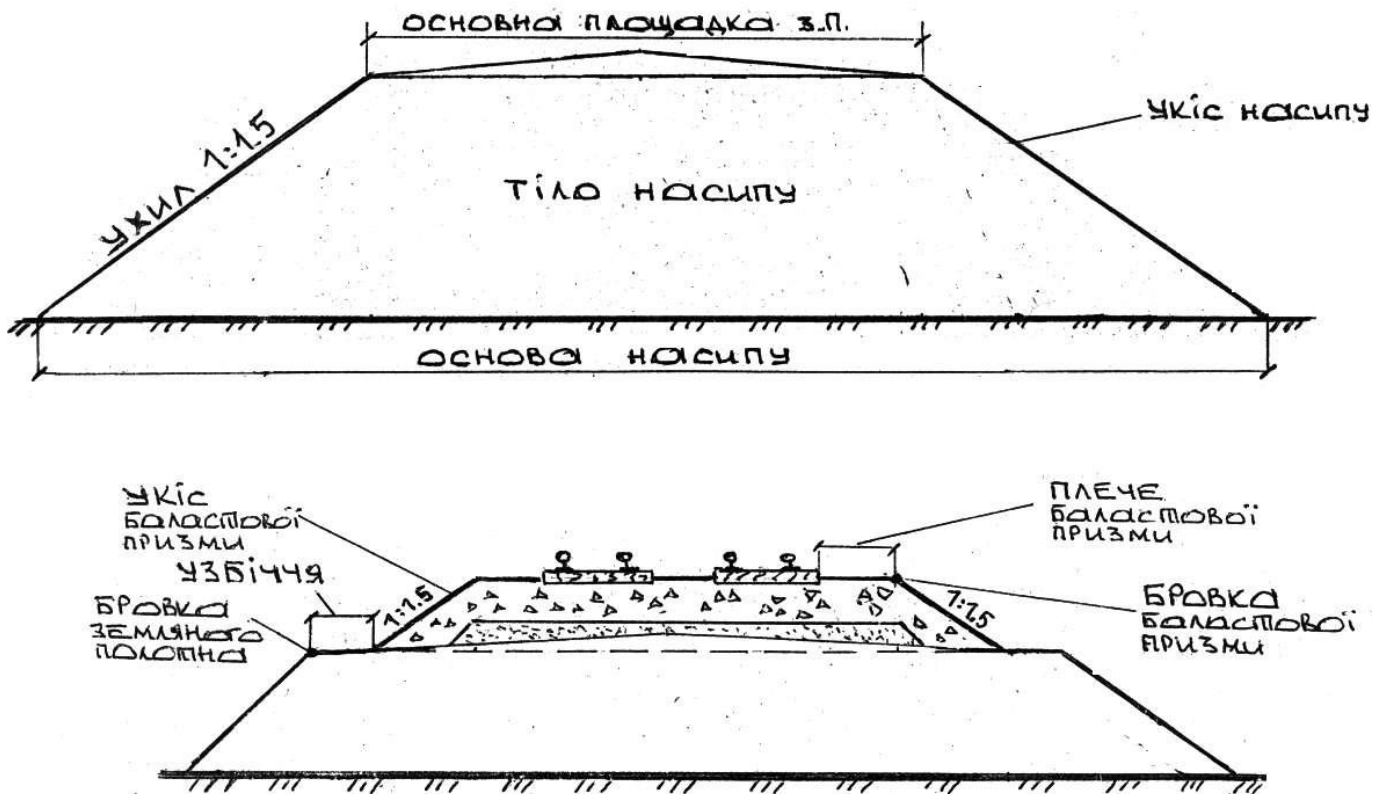


Рисунок 1.39 – Елементи поперечних профілів земляного полотна та баластної призми

Точка перетину укосу насипу і основної площадки земляного полотна називається бровкою земляного полотна.

Точка перетину укосу баластної призми з поверхнею баластної призми називається бровкою баластної призми.

Основна площадка земляного полотна – це відстань від однієї бровки земляного полотна до другої.

Узбіччя – це відстань від бровки земляного полотна до основи баластної призми або це частина основної площадки земляного полотна не прикрита баластом.

Мінімальна ширина узбіччя земляного полотна 0,5 м.

Призначене для:

- а) проходу робочих до місця роботи і назад;
- б) сходу робочих з колії в той час, коли рухається поїзд;
- в) розміщення колійного інструменту, механізмів, інвентарю;
- г) розміщення колійних і сигнальних знаків та сигналів.

До колійних знаків відносяться: кілометрові, пікетні знаки, репери початку і кінця кругової та перехідної кривих. Колійні знаки установлюються з правої сторони по рахунку кілометрів.

Сигнальні знаки поділяють на постійні та переносні.

До постійних знаків відносять: диск зменшення швидкості, "Початок небезпечного місця", "Кінець небезпечного місця", знак "С" (свисток), сповіщальні щити та інші.

Сигнальні знаки установлюються з правої сторони по напрямку руху поїзда.

Плеche баластної призми – це відстань від кінця шпали до бровки баластної призми.

Горизонтальна стійкість рейко-шпальної решітки залежить від ширини плеча баластної призми. Чим більше плече, тим менше розладнання колії у плані.

Ширина плеча баластної призми установлюється в залежності від категорії ділянки колії (див. таблицю 1.2). У кривих радіусом менше 600 м баластну призму розширюють із зовнішнього боку на 0,1 м, а при числі колій більше одної, крім того, - на величину міжколійних відстаней.

Крутизна укосів баластної призми при усіх видах баласту 1:1,5 (один до півтора).

Товщина баласту під шпалою залежить від вантажонапруженості, типу шпал та швидкості руху поїздів. Товщина баласту під шпалою для головних колій установлюється "Положенням про проведення планово-запобіжних ремонтно-колійних робіт на залізницях України" в залежності від категорії колії, а в цілому розміри баластної призми для головних, станційних колій і стрілочних переводів установлені "Інструкцією з улаштування та утримання колії залізниць України" (див. табл. 1.2).

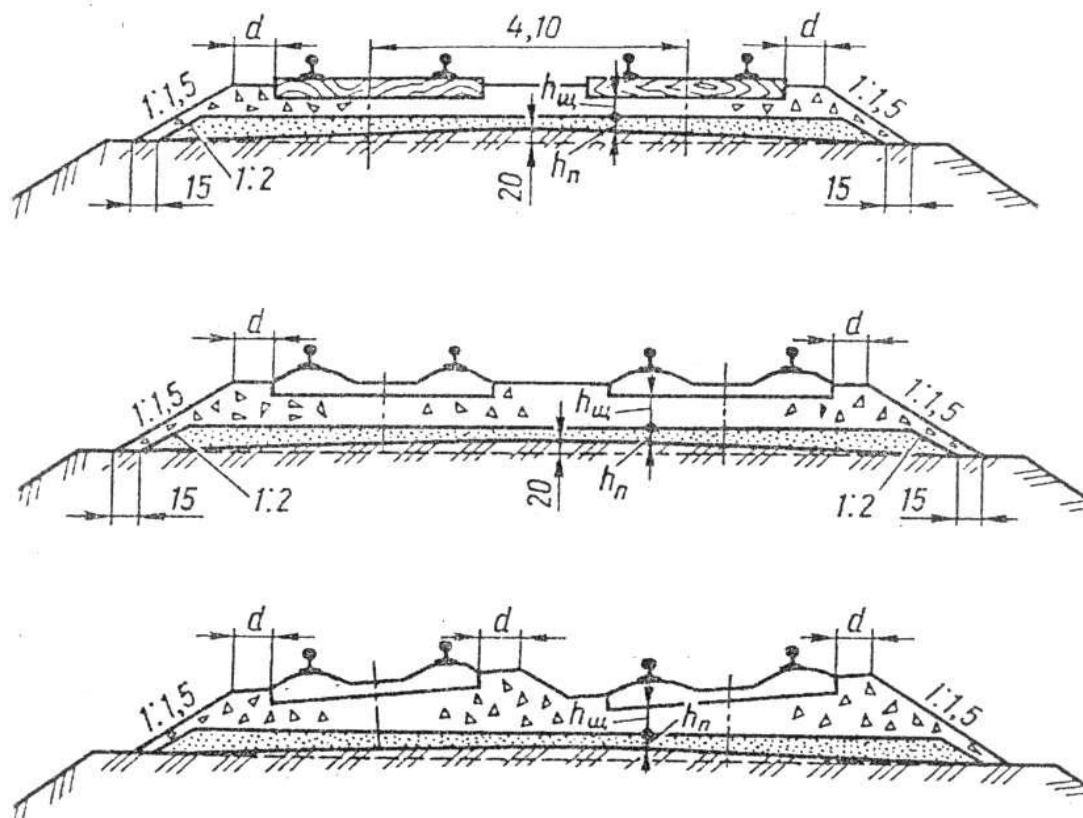
Чим більша товщина баластного шару під шпалою, тим менше напруження на основну площадку земляного полотна.

Таблиця 1.2 – Розміри баластної призми на головних, станційних коліях і стрілочних переходах

Категорія колії	Матеріал основного шару	Конструкція баластної призми	Товщина шару баласту, м			Ширина, м	
			щебеневого, $h_{щ}$	гравійного або гравійно-піщаного, h_r	піщаної подушки, h_p	плеча баластної призми, d	узбіччя земляного полотна, n
I-II	щебінь	двошарова	0,40	-	0,20	0,45	0,50
III	щебінь	двошарова	0,35	-	0,20	0,45	0,50
IV	щебінь	двошарова	0,30	-	0,20	0,40	0,50
V	щебінь	двошарова	0,25	-	0,20	0,35	0,50
VI, VII, станційні	щебінь	двошарова	0,25	-	0,20	0,35	0,50
	гравійний, гравійно-піщаний	одношарова	-	0,45	-	0,35	0,50

Примітки:

1. При скельних, великоуламкових і піщаних дренуючих ґрунтах піщану подушку можна не влаштовувати.
2. При укладанні на коліях V-VII категорій ланкової колії ширина плеча баластної призми складає 0,25 м.



- а – із щебеня при дерев'яних шпалах на прямій двоколійній ділянці;
 б – із щебеня при залізобетонних шпалах на прямій двоколійній ділянці;
 в – із щебеня при дерев'яних шпалах в кривій двоколійній ділянці;

Рисунок 1.40 – Поперечні профілі баластної призми

Конструкція баластної призми може бути:

- одношаровою;
- двошаровою;
- тришаровою.

Найбільше поширення має двошарова баластова призма зі щебеню та піску, коли щебеновий баласт укладається на піщану подушку товщиною 20 см.

Піщана подушка запобігає взаємному проникненню щебінки у ґрунт основної площадки і, навпаки, запобігає проникненню ґрунту в щебінку, а також для економії щебінки і збільшення загальної товщини баластової призми.

Поверхня баластової призми планується:

- на прямих одноколійних ділянках з ухилом $i = 7-8 \text{ ‰}$ (тисячних) від осі колії у сторону узбіччя для забезпечення стоку поверхневих вод;
- на двоколійних ділянках такі ж ухили влаштовуються від осі міжколійя.

Поверхня баластової призми планується так, щоб вона була на 3 (три) сантиметри нижче верхньої постелі дерев'яних шпал по осі колії на одноколійних ділянках і на 3 см нижче у торця шпал зі сторони міжколійя на двоколійних ділянках.

При використанні залізобетонних шпал, поверхня баластної призми має бути на одному рівні з верхом шпали. Залізобетонні шпали вкладаються на баласт із твердих порід щебеню марок не нижче У-50 та І-40.

Поверхня баластної призми у кривих ділянках одноколійних залізниць планується з ухилом відповідно підвищенню зовнішньої рейкової нитки.

Товщина баластного шару в кривих ділянках вимірюється під внутрішньою рейковою ниткою, де вона мусить бути такою ж, як на прямих ділянках.

Строк служби баласту.

Баластовий шар з часом засмічується. Строки його служби залежать від засмічення як внутрішніми, так і зовнішніми засмічувачами.

Частина засмічуючих матеріалів потрапляє в баласт з поїздів, особливо при перевезенні вугілля та руди. Частина – накопичується у баласті внаслідок подрібнення баласту при його

підбиванні та ущільненні під поїздами, а також від пилу та органічних часток, які приносяться вітром.

Під строком служби баласту розуміємо проміжок часу між двома очистками щебеня.

Строк служби баласту

$$T_d = \frac{D - d}{C_6} \kappa_6,$$

де D – допустимий відсоток (з маси) експлуатаційного засмічення баласту, %;

d – відсоток засмічення баласту (з маси) перед вкладанням його у колію, %;

C_6 – відсоток засмічення баласту (з маси) на 1 млн.т. бруто пропущеного вантажу в залежності від виду баласту, типу рейок та відстані від місця навантаження сипучих вантажів, км;

κ_6 – параметр, який враховує вплив конструкції колії.

Найбільше засмічення щебеневого баласту не повинно бути більше 20% (відсотків).

Захист баластного шару від засмічення складається з профілактичних засобів, що проводяться у місцях навантаження сипучих вантажів, а також в улаштуванні захисту баластної призми. Захист баластної призми – це:

- обмітання металевих частин вагонів після навантаження їх сипучими вантажами;
- навантаження сипучих вантажів тільки у справний рухомий склад;
- ущільнення завантажених сипучими вантажами вагонів.

Поверхневий захист баластної призми:

1. Асфальтування баластного шару.
2. Бітумне покриття баластного шару або покриття дрібнозернистою щебінкою.
3. Стрічкове гумове покриття.
4. Застосування комбінованого баласту із тришаровою баластовою призмою: пісок, щебінь, черепашник та інші засоби.

1.5 Безстикова колія

Це колія із зварених рейок довжиною 25 м у пліті довжиною не менше 400 м. З дозволу керівника служби колії залізниці можна укласти пліті довжиною 250 м на головних коліях і 150 м – на станційних.

Рейкові пліті для безстикової колії на магістральних лініях слід зварювати з нових рейок першого сорту типу Р65 і UIC60 з рейок довжиною 25 м без болтових отворів.

Допускається використання старопридатних рейкових плітей, а також плітей виготовлених з відремонтованих старопридатних рейок.

Як правило, рейкові пліті завдовжки до 800 м виготовляються на рейкозварювальних підприємствах (РЗП). Після укладання цих плітей в залізничну колію дозволяється їх зварювати між собою до довжини 950 (дев'ятсот п'ятдесят) метрів, до довжини блок-ділянки від світлофора до світлофора і навіть цілого перегону від станції до станції, а точніше – від вихідного стрілочного переводу на одній станції до вхідної стрілки на другій станції.

В порівнянні з ланковою колією безстикова колія є більш прогресивною конструкцією.

Переваги безстикової колії.

Відсутність стиків у рейкових плітях дозволяє:

1. Економити метал на стиковому скріпленні: накладках, болтах, гайках, пружинних шайбах, протиугонах та інших деталях.
2. Зменшити витрати на поточне утримання рейкової колії. При дерев'яних шпалах – на 10 %, а на залізобетонних – на 20 %.
3. Збільшити строки служби елементів верхньої будови колії від 10 до 20 %.
4. Зменшити знос рухомого складу та також витрати на його ремонт. Вважається, що рухомий склад зношується не стільки від кількості пройдених кілометрів, скільки від кількості пройдених стиків.
5. Зменшити основний опір руху поїздів на 10 %, отож отримати економію за рахунок збереження дизельного палива та електроенергії.

6. Зменшити омичний опір у рейковому колі, а також витрати на влаштування та утримання струмопровідних стиків.
7. Поліпшити плавність руху поїздів.
8. Знизити рівень шуму.
9. Застосування в безстиковій колії залізобетонних шпал дозволяє економити деревину.

Недоліки:

1. Ускладнення виконання робіт щодо укладання верхньої будови колії, її утримання та ремонту.
2. Багатодетальність проміжного рейкового скріплення.
3. Наявність зрівнювальних прольотів.
4. Безстикова колія потребує більш високої кваліфікації у працівників, які її обслуговують.

Конструкції безстикової колії можуть бути двох різновидів:

1. Температурно-напружена безстикова колія без періодичної розрядки температурних напружень.
2. Температурно-напружена безстикова колія з періодичною розрядкою температурних напружень.

На залізницях України прийнята температурно-напружена безстикова колія без сезонних розрядок температурних напружень.

Головною ознакою в роботі безстикової колії є те, що добре закріплені рейкові пліти при підвищенні або зниженні їх температури не можуть змінювати свою довжину. через це в них виникають значні поздовжні температурні сили, викликані змінами температур у порівнянні з температурою їх закріплення.

При підвищенні температури рейкових плітей у порівнянні з температурою закріплення, в них виникають поздовжні сили стиснення, які можуть утворити небезпеку до втрати стійкості (викиду) колії. При зниженні температури виникають зусилля розтягу, які можуть викликати перенапруження у підшві рейок, або привести до зрізу болтів, що викликає розрив рейкових стиків.

Особливості устрою безстикової колії.

1. Рейкові пліти для безстикової колії на магістральних лініях слід зварювати з нових рейок першого гатунку типів Р75, Р65, UIC60, Р50, як правило довжиною 25 м без болтових отворів. Дозволяється використовувати пліти із старопридатних рейок.

2. Скріплення. При улаштуванні безстикової колії на залізобетонних шпалах приймаються проміжні скріплення типу КБ, КПП-5, КПП-7, КПП-12. Стикове скріплення виконується тільки накладками, які мають шість отворів (накладками з шістьма отворами).
3. На ділянках безстикової колії слід укласти залізобетонні шпали.
4. Баласт на ділянках укладання безстикової колії повинен бути, як правило щебеневий фракції 25-60 мм із скельних порід. Ширина плеча баластної призми з боку зовнішньої нитки повинна бути при рейках типу Р75 – 45 см; Р65 – 35 см; Р50 – на прямих ділянках колії та у кривих радіусом 600 м і більше – 25 см, а в кривих радіусом менше 600 м – 35 см. Крутість укосів баластної призми – 1:1,5. Товщина щебеневого шару при залізобетонних шпалах $h_{\text{щ}} = 0,4$ м для ділянок швидкісної, I-II категорії; $h_{\text{щ}} = 0,35$ м – III категорії; $h_{\text{щ}} = 0,30$ м – для IV категорії, $h_{\text{щ}} = 0,25$ м – для V-VII категорій.
5. Безстикова колія при проміжних роздільних скріпленнях на щебеному баласті може укладатися на прямих ділянках та в кривих радіусом не менше 350 м.
6. Не дозволяється укладання безстикової колії на ділянках з деформованим земляним полотном. Перед Укладанням безстикової колії земляне полотно повинно бути обстежене, а виявлені хворі місця усунені.
7. При укладанні рейкових плітей в кривих ділянках колії їх кінці слід розташовувати один проти одного. Дозволяється випередження кінців рейкових плітей відносно один одного не більше ніж на 8 см.

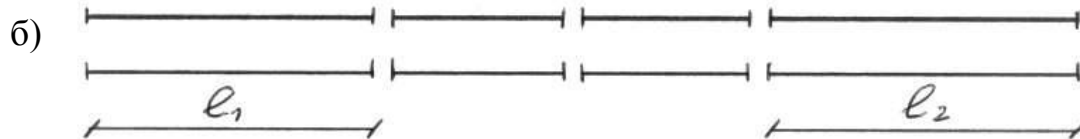
З'єднання рейкових плітей. Для компенсації зміни довжини кінцевих частин рейкових плітей при коливанні температури, а також для розрядки напружень, між кінцями плітей влаштовуються зрівнювальні прольоти (прогони), в яких укладаються зрівнювальні рейки. Їх кількість залежить від сумарної довжини суміжних півплітей безстикової колії та наявності в ній ізолюючих стиків.

Зрівнювальні рейки з'єднуються між собою та рейковими плітями шестиотворними накладками.

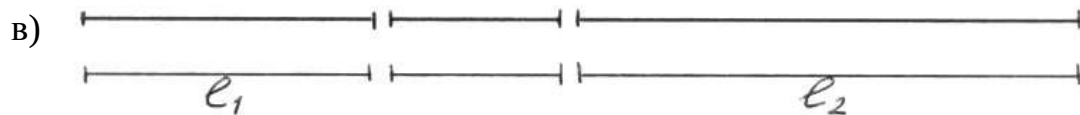
Між рейковими плітями слід укласти:



$$\left(\frac{\ell_1}{2} + \frac{\ell_2}{2} \right) > 600 \text{ м};$$



$$\left(\frac{\ell_1}{2} + \frac{\ell_2}{2} \right) = 401 - 600 \text{ м};$$



$$\left(\frac{\ell_1}{2} + \frac{\ell_2}{2} \right) < 400 \text{ м}$$

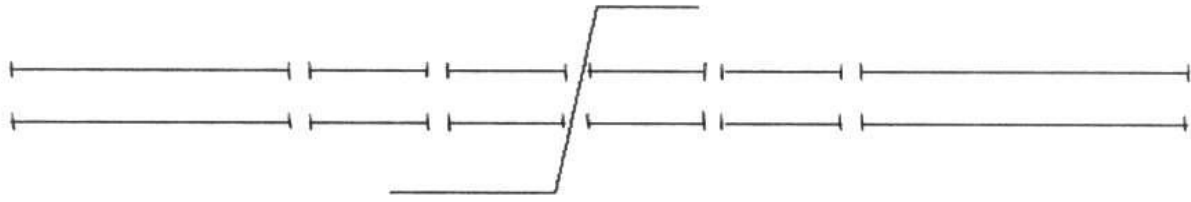
- а) 3 пари зрівнювальних рейок, якщо сумарна довжина суміжних півплітей, прилеглих до зрівнювального прольоту становить більше 600 м;
 б) 2 пари зрівнювальних рейок, якщо сумарна довжина півплітей, прилеглих до зрівнювального прольоту становить 401-600 м;
 в) 1 пару, якщо сумарна довжина суміжних півплітей дорівнює 400 м і менше
- Рисунок 1.41 – Схеми зрівнювальних прольотів при різній довжині з'єднуваних рейкових плітей

а) При улаштуванні у зрівнювальному прольоті ізолюючих стиків з облягаючими металевими накладками влаштовуються 4 пари зрівнювальних рейок, з розташуванням ізолюючих стиків у середині між двома парами зрівнювальних рейок.

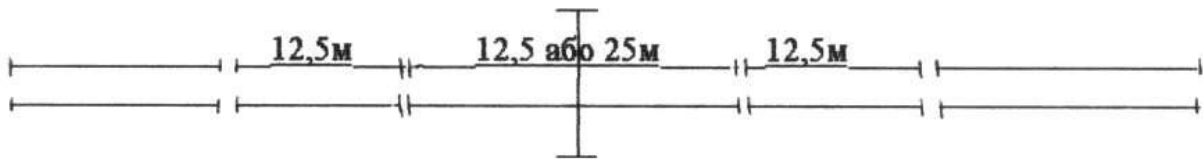
б) При улаштуванні клеєболтових ізолюючих стиків з типовими проструганими накладками укладаються 3 пари зрівнювальних рейок з розташуванням ізолюючих стиків в середніх рейках 12,5 м або 25 м довжини.

в) При застосуванні високоміцних клеєболтових стиків з повнопрофільними накладками (спеціального профілю)

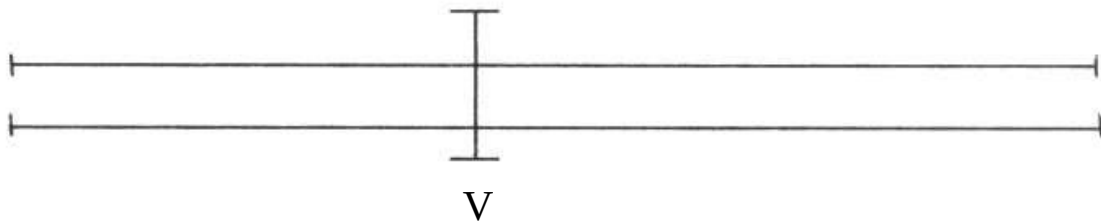
дозволяється зрівнювальні прольоти не влаштовувати, а вварювати ці стики безпосередньо між плітями, які з'єднуються між собою.



Збірний ізолюючий стик з об'ємними металевими накладками, або з полімеркомпозиційними накладками



Клеєболтовий стик



Клеєболтовий тик підвищеної міцності

Рисунок 1.42 – Схеми зрівнювальних прольотів безстикової колії при наявності ізолюючих стиків

1.6 З'єднання та перехрещення рейкових колій

З'єднання та перехрещення рейкових колій потрібні для переміщення поїзда та окремих залізничних екіпажів з однієї рейкової колії на другу, а також для перехрещення колій в одному рівні.

Залежно від призначення з'єднання та перехрещення можуть бути здійснені за допомогою:

- 1 – поодиноких стрілочних переводів;
- 2 – глухих перехрещень;
- 3 – комбінації укладання стрілочних переводів та глухих схрещень.

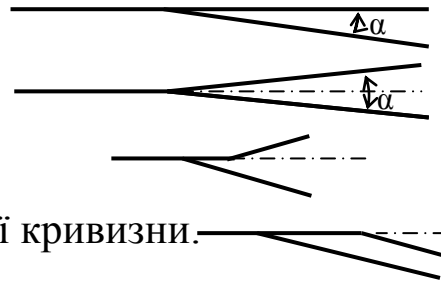
1. Поодинокі **стрілочні переводи** за формою у плані поділяються на:

а) звичайні

б) різносторонні симетричні;

в) різносторонні несиметричні;

г) несиметричні односторонньої кривизни.



Конструкція звичайного стрілочного переводу.

Звичайний стрілочний перевід складається з наступних частин:

- 1) стрілка;
- 2) комплект хрестовинної частини з контррейками;
- 3) з'єднувальні колії між ними;
- 4) підрейкова основа.

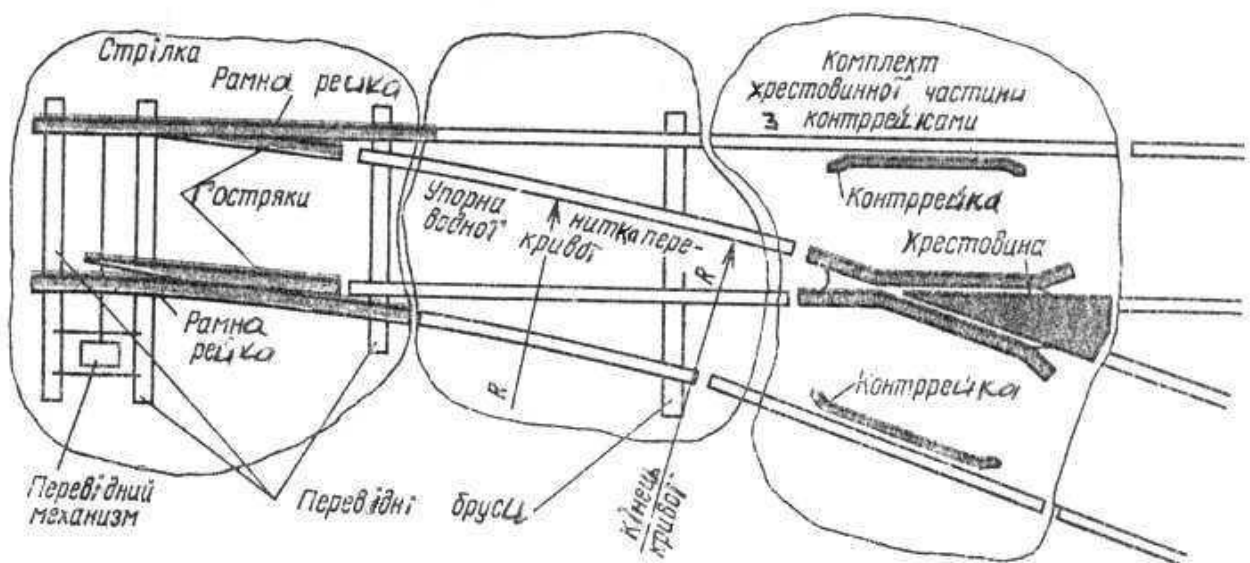


Рисунок 1.43 – Основні елементи звичайного стрілочного переводу

Стрілка складається з:

- двох рамних рейок;
- двох гостряків;
- двох комплектів кореневих кріплень;
- перевідного механізму;
- опорних та упорних пристроїв;
- скріплень та інших деталей.

Рамні рейки відрізняються від звичайних:

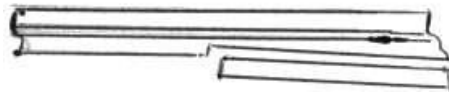
- а) наявністю в шийках додаткових отворів для:

- прикріплення упорних болтів;
- прикріплення самої рамної рейки до башмаків-упорів;
- монтажу кореневого кріплення;
- деталей запірного та перевідного механізмів;

б) формою в плані: одна рамна рейка пряма, друга – зі згином;

в) підстружка бічної грані головки для схову початку гостряка від удару підрізаних гребенів колісних пар;

г) струганням підшви рамної рейки при її висоті рівній висоті гостряка.

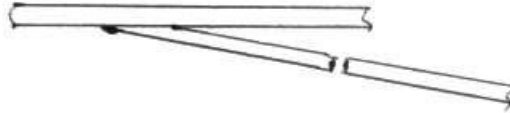


Гостряки – відрізки рейок, відструганих на одному кінці для щільного прилягання їх до рамних рейок та для накочування на них коліс рухомого складу.

Передній гострий кінець гостряка має назву вістря, а задній – коренева частина.

Види гостряків у плані:

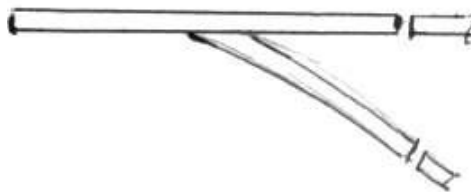
1) прямолінійні гостряки:



переваги – простота виготовлення;

недоліки – великий кут удару;

2) криволінійні січного типу:



переваги – менший кут удару;

недоліки – складність виготовлення.

Це основний вид гостряків, котрі застосовуються в нашій країні.

3) криволінійні дотичного типу:

недолік – вищерблення гострої частини.

Для поліпшення гострякові рейки за поперечним профілем поділяють на:

а) рейки нормального профілю;

б) рейки спеціального профілю ($h_0=h_{pp}$) і понижені.

Стрілочні кути ($\beta_n, \beta_p, \varphi$).

Кут, створений робочою гранню рамної рейки та дотичною, проведеною до робочої грані гостряка на початку вістря має назву початковий кут гостряка – β_n .

Кут, створений робочою гранню рамної рейки та дотичною, проведеною до робочої грані гостряка в корені має назву повний кут гостряка – β_p .

φ – центральний кут гостряка $\varphi = \beta_p - \beta_n$.

Кут зустрічі гребеня колеса з робочою гранню гостряка має назву кута удару – β_y .

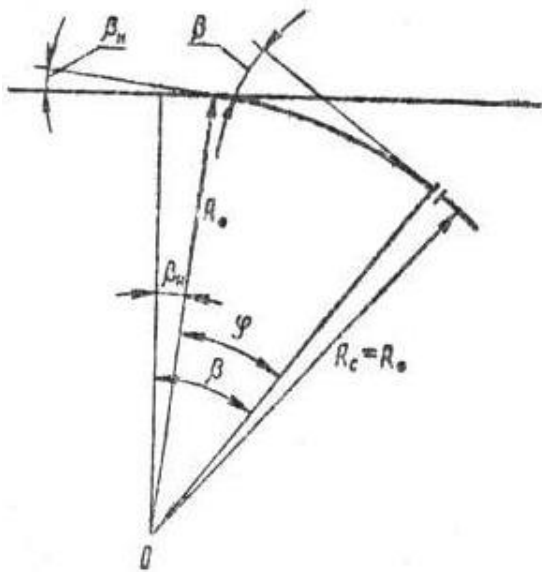


Рисунок 1.44 – Стрілочні кути

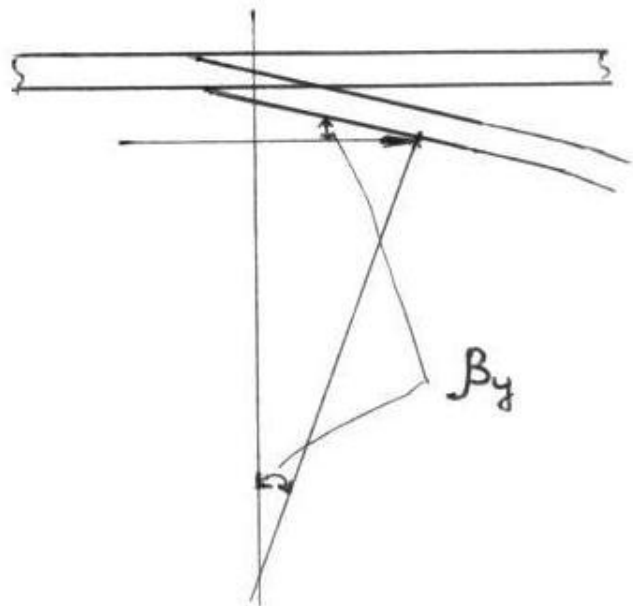


Рисунок 1.45 – Кут удару

Кореневий устрій потрібен для закріплення гостряка в його корені при дотриманні рухомості на горизонтальній площині.

Кореневі устрої бувають:

- шкворневі (не випускаються);
- вкладишно-накладочні;
- у вигляді звичайного стику з гнучкими гостряками застосовуються в стрілочному переводі з пологими марками хрестовин і в переводах з хрестовинами з рухомими елементами.

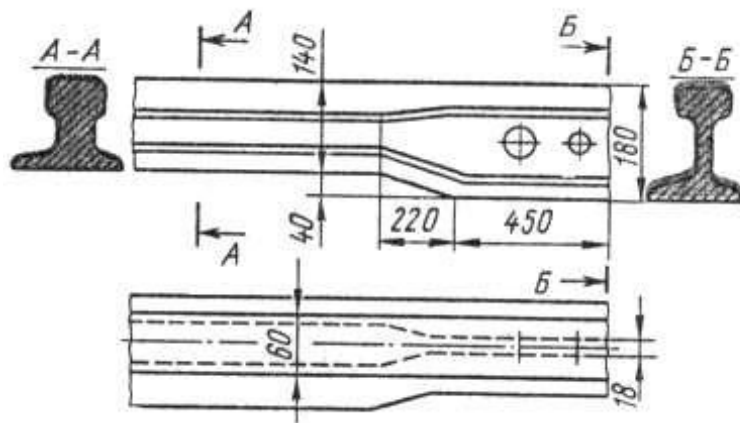
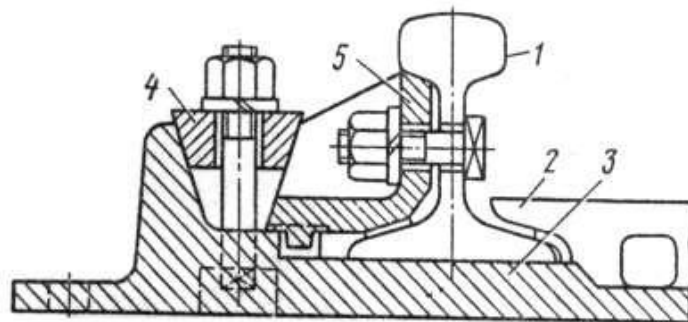
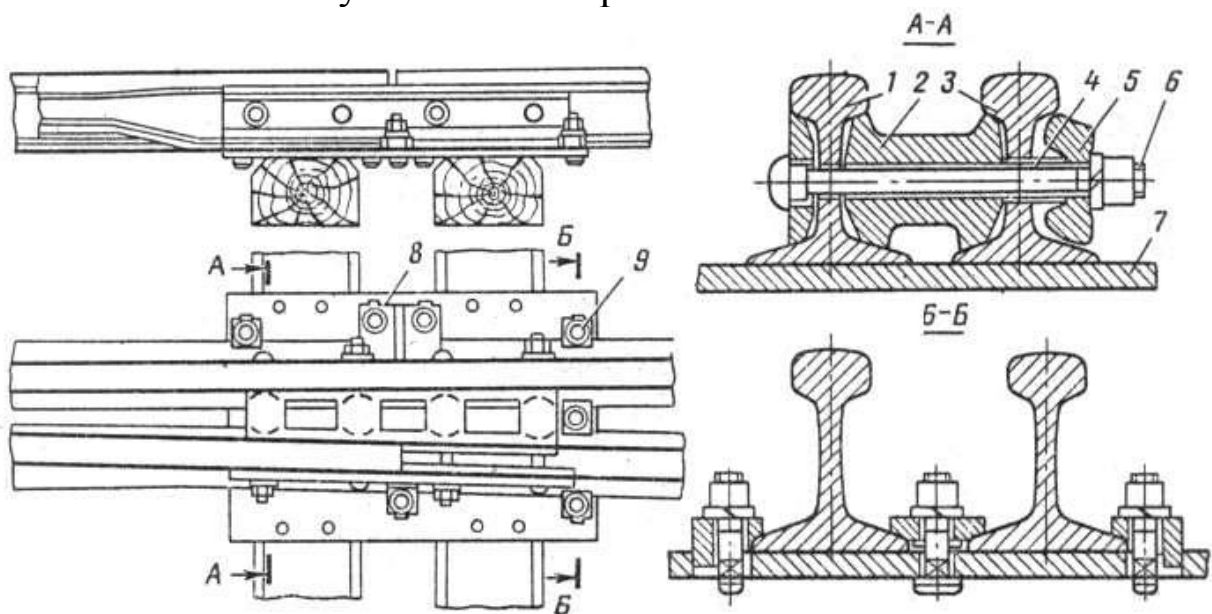


Рисунок 1.46 – Впресована частина кореня гостряка



1 – рамна рейка; 2 – стрілочна подушка; 3 – підкладка; 4 – клин; 5 - спорка

Рисунок 1.47 – Стрілочний башмак



1 – рамна рейка; 2 – вкладиш; 3 – гостряк; 4 – розпірна втулка; 5 – стикова накладка; 6 – болти з гайками та шайбами; 7 – місток; 8 – спорка; 9 – клема

Рисунок 1.48 – Вкладишно-накладочне кореневе кріплення гостряка в переходах типу Р65 марок 1/11 і 1/9

До інших частин стрілки відносяться:

- стрілочні подушки та башмаки;

- металеві листи-лафети;
- зв'язні смуги;
- упорні болти або скоби;
- стрілочні тяги та перевідний механізм;
- костилі, шурупи, болти з гайками та інші деталі.

Комплект хрестовинної частини з контррейками.

Складається з:

- 1) хрестовини, яка складається з осердя хрестовини та двох вусовиків;
- 2) двох стикових пристроїв;
- 3) двох контррейок;
- 4) опорних приладів та інших дрібних деталей.

Власне хрестовина складається з осердя хрестовини та двох вусовиків.

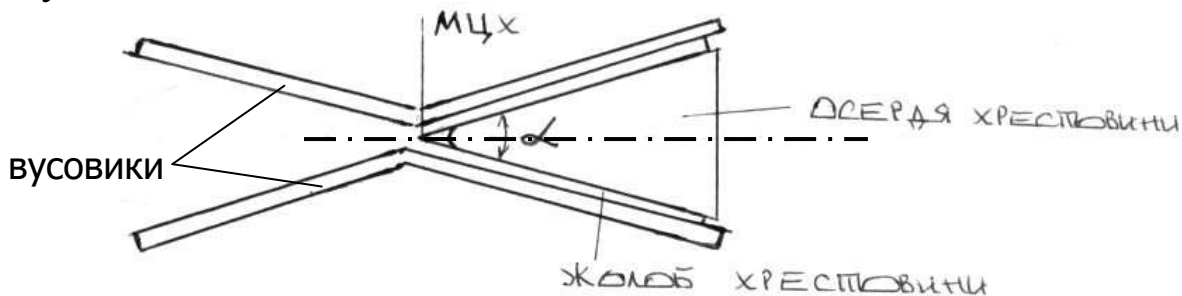


Рисунок 1.49 - Хрестовина

Хрестовина призначена для перехрещення рейкових колій в одному рівні.

Усі хрестовини поділяють на дві групи: жорсткі та з рухомими елементами.

МЦХ – математичний центр хрестовини – це точка перехрещення робочих граней осердя і вусовиків.

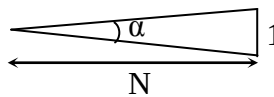
Горло хрестовини – це саме вузьке місце між вусовиками.

Практичне вістря хрестовини МЦХ S=12 мм

Кут α , під яким перехрещуються робочі грані хрестовини має назву кут хрестовини.

Жолоб хрестовини – це проміжок між бічними гранями вусовиків і осердя.

Кут хрестовини α виражається в градусах або відношенням $1/N$, яке має назву марка хрестовини.



$$\frac{1}{N} = \operatorname{tg} \alpha. \quad 1:N = 1/4,5; 1/6; 1/9; 1/11; 1/18; 1/22$$

Марка хрестовини – це відношення ширини осердя хрестовини в його кінці до довжини осердя від МЦХ.

За формою робочих граней хрестовини в плані розрізняють хрестовини:

- прямолінійні;
- криволінійні.

На Україні застосовуються як прямолінійні, так і криволінійні хрестовини.

Стрілочні переводи виготовляють з рейок Р50 та Р65.

За конструктивним оформленням жорсткі хрестовини бувають:

- збірно-рейкові;
- збірні з литим осердям;
- суцільнолиті.

Відрізняються від збірних хрестовин тим, що в суцільнолитих осердя і вусовики є єдина монолітна конструкція – литво.

Суцільнолиті хрестовини Р65, М1/11 забезпечують швидкість V в прямому напрямку 160 км/год.

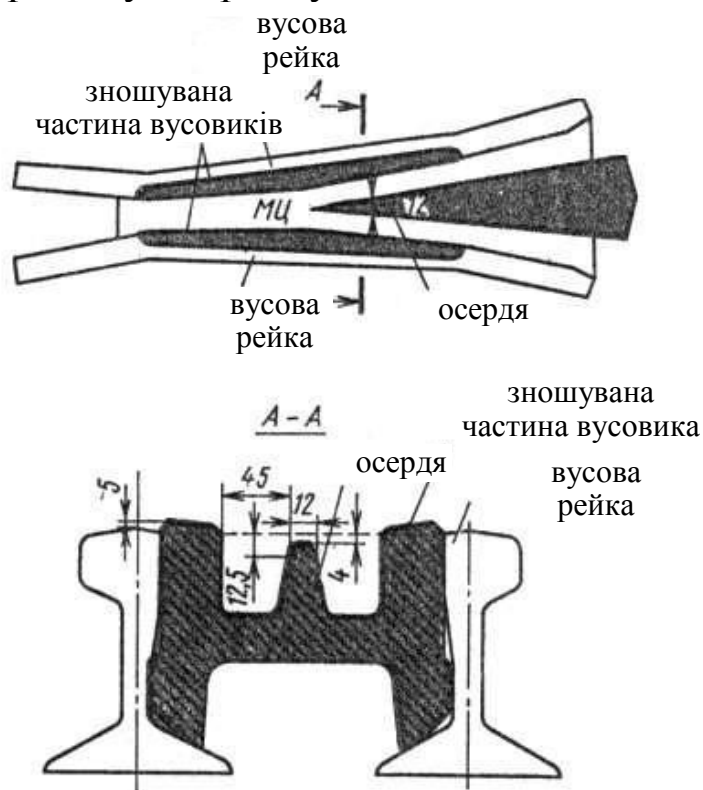
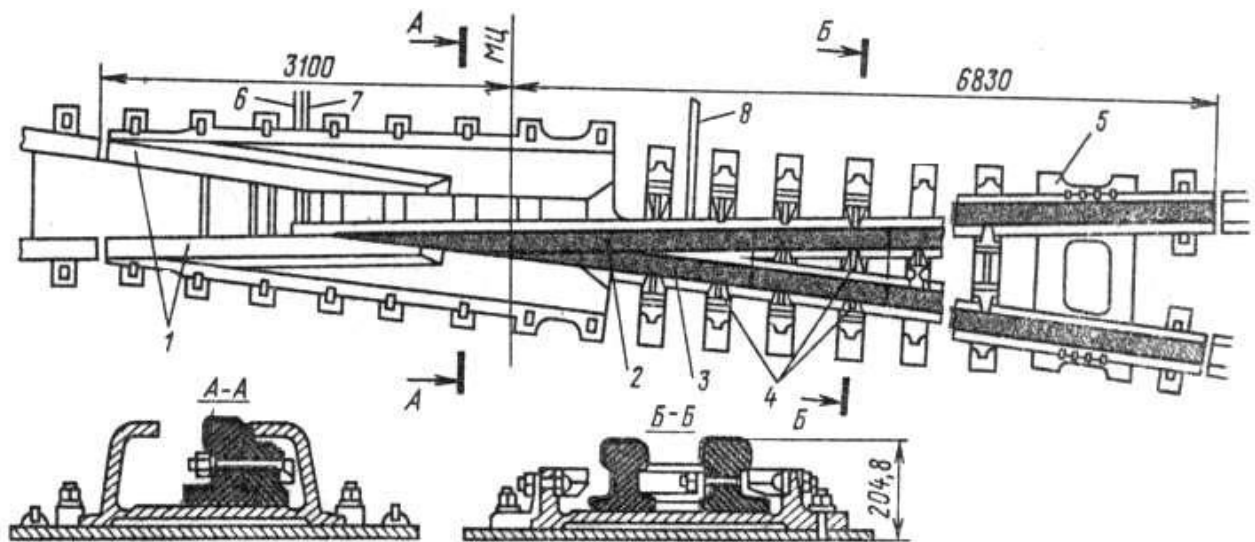


Рисунок 1.50 – Конструкція збірної з литим осердям хрестовини



1 – лита частина вусовиків; 2 – довга рейка осердя; 3 – коротка рейка осердя; 4 – упорні накладки; 5 – лафет (місток); 6 – робоча тяга; 7 – контрольна тяга; 8 – друга тяга

Рисунок 1.51 – План хрестовини з рухомим осердям, зібраним з гострякових рейок

Хрестовини з рухомим осердям (з неперервною поверхнею кочення).

Такі хрестовини створюють неперервність кочення при перекочуванні колеса з вусовика на осердя. Швидкості в прямому напрямку – до 200 км/год (до двохсот).

Контррейки – потрібні для того, щоб направляти колеса рухомого складу до відповідного жолоба хрестовини. Вони забезпечують безпеку переходу рухомого складу через "шкідливий простір". Шкідливий простір – це відстань від горла до практичного вістря.

Пряма частина контррейки повинна перекрити відстань від горла хрестовини до перетину хрестовини 40 мм із запасом в обидві сторони по 200-300 мм.

Контррейки з'єднуються з колійними рейками через вкладиші болтами.

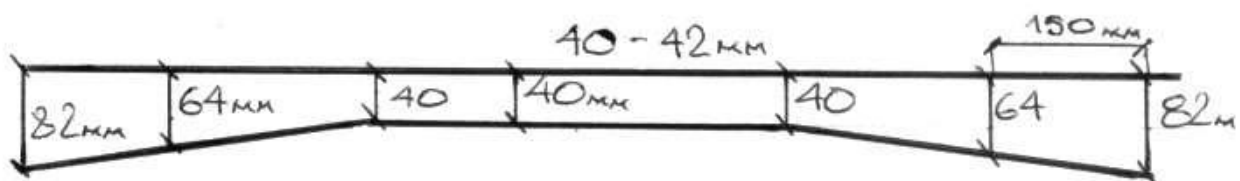


Рисунок 1.52 – Ширина жолобів в контррейці

З'єднувальні колії – з'єднують стрілку з хрестовиною. Одна колія – прямолінійна, друга – криволінійна.

Криволінійна колія має назву перевідна крива.

Підрейкова основа – потрібна для об'єднання всієї конструкції стрілочного переводу та передачі тиску на баласт. Складається з:

- а) перевідних брусів дерев'яних і залізобетонних ;
- б) залізобетонних плит;
- в) з дозволу Міністерства транспорту України – з дерев'яних шпал.

Визначення геометричних і осьових розмірів стрілочних переводів.

Принцип геометричного розрахунку стрілочного переводу в проекції прямолінійних і криволінійних контурів на дві взаємно перпендикулярні осі.

Основними геометричними розмірами стрілочного переводу є:

- а) теоретична довжина стрілочного переводу L_T – це відстань від початку гостряків до МЦХ;
- б) повна або практична довжина стрілочного переводу L_P – це відстань від переднього стику рамної рейки до стику в хвості хрестовини;
- в) радіус перевідної кривої R ;
- г) d – довжина прямої вставки перед МЦХ;
- д) m_1 – довжина переднього вильоту рамної рейки;
- е) m_2 – відстань від кінця гостряка до заднього стику рамної рейки (довжина заднього вильоту рамної рейки);
- ж) h – довжина передньої частини хрестовини – це відстань від стику вусовика до МЦХ;
- з) P – довжина хвостової частини хрестовини – це відстань від МЦХ до хвостового стику;
- і) S – ширина колії в прямому напрямку стрілочного переводу – це відстань між робочими гранями рейок;
- к) α – кут хрестовини;
- л) $\beta_n, \beta_p, \varphi$.

Основними осьовими розмірами стрілочного переводу, необхідними для розбивки його на місцевості є:

a – відстань від початку рамної рейки до центра переводу;

b – відстань від центра переводу до хвоста хрестовини;

$$L = a + b; \quad a = a_0 + m_1; \quad b = b_0 + P_{\min};$$

a_0 – відстань від початку гостряка до центра переводу;

b_0 – відстань від центра переводу до МЦХ;

f – відстань від центра переводу до граничного стовпчика;

ℓ – відстань між осями колій, $\ell = 4100$ мм – це місце установавлення граничного стовпчика;

q – відстань від граничного стовпчика до осі колії;

q_0 – відстань від граничного стовпчика до головки рейки;

$\mathcal{C}$ – центр стрілочного переводу – точка перехрещення осей прямої та бокової колій.

Глухі перетини.

В залежності від кута, під яким рейкові колії перехрещуються, глухі перетини поділяються на прямокутні та косокутні.

Хрестовини для глухих перетинів виготовляють подвійної крутизни: 2/11; 2/9; 2/6.

Прямокутний глухий перетин складається з:

- чотирьох хрестовин;
- чотирьох контррейок;
- однієї внутрішньої замкнутої по контуру контррейки;
- дрібних деталей.

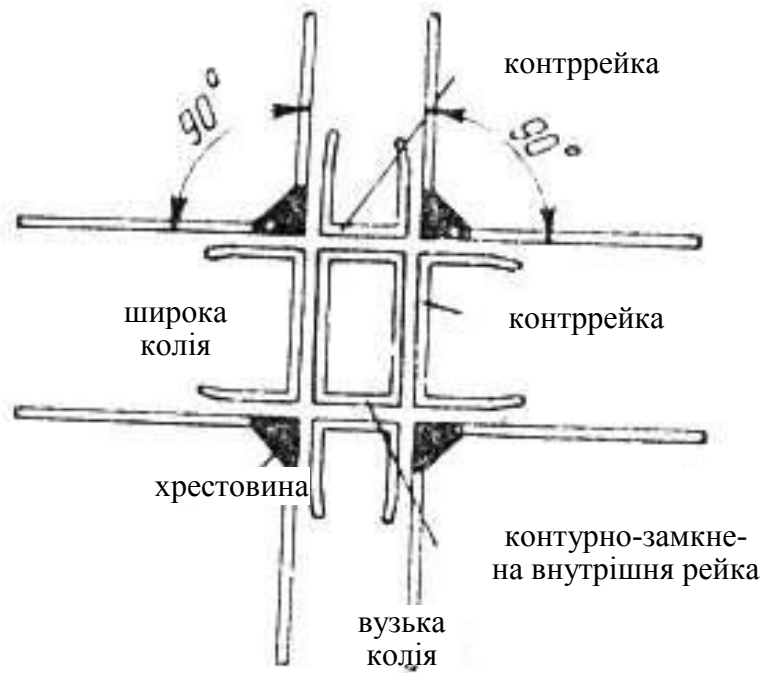


Рисунок 1.53 – Прямокутний глухий перетин

Косокутний глухий перетин складається з:

- двох гострих хрестовин;
- двох тупих хрестовин;
- рейок;
- перевідних брусів.

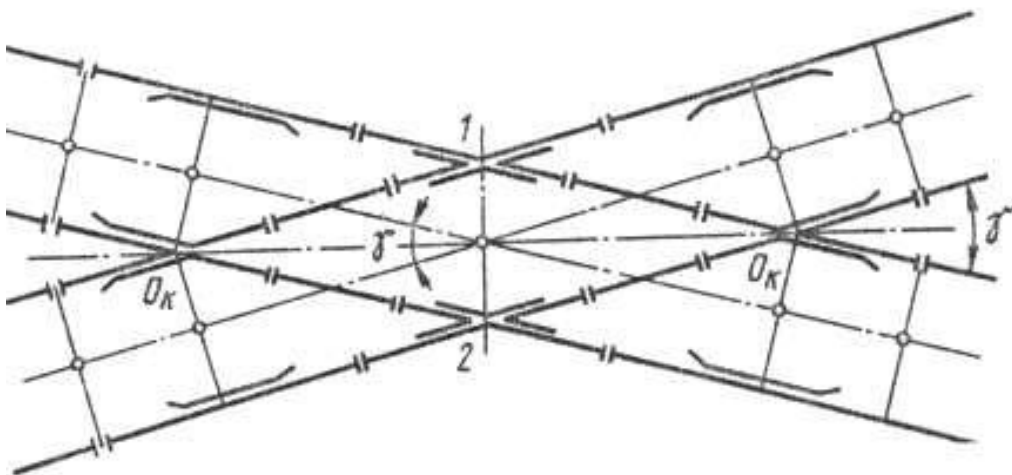


Рисунок 1.54 – Косокутний глухий перетин

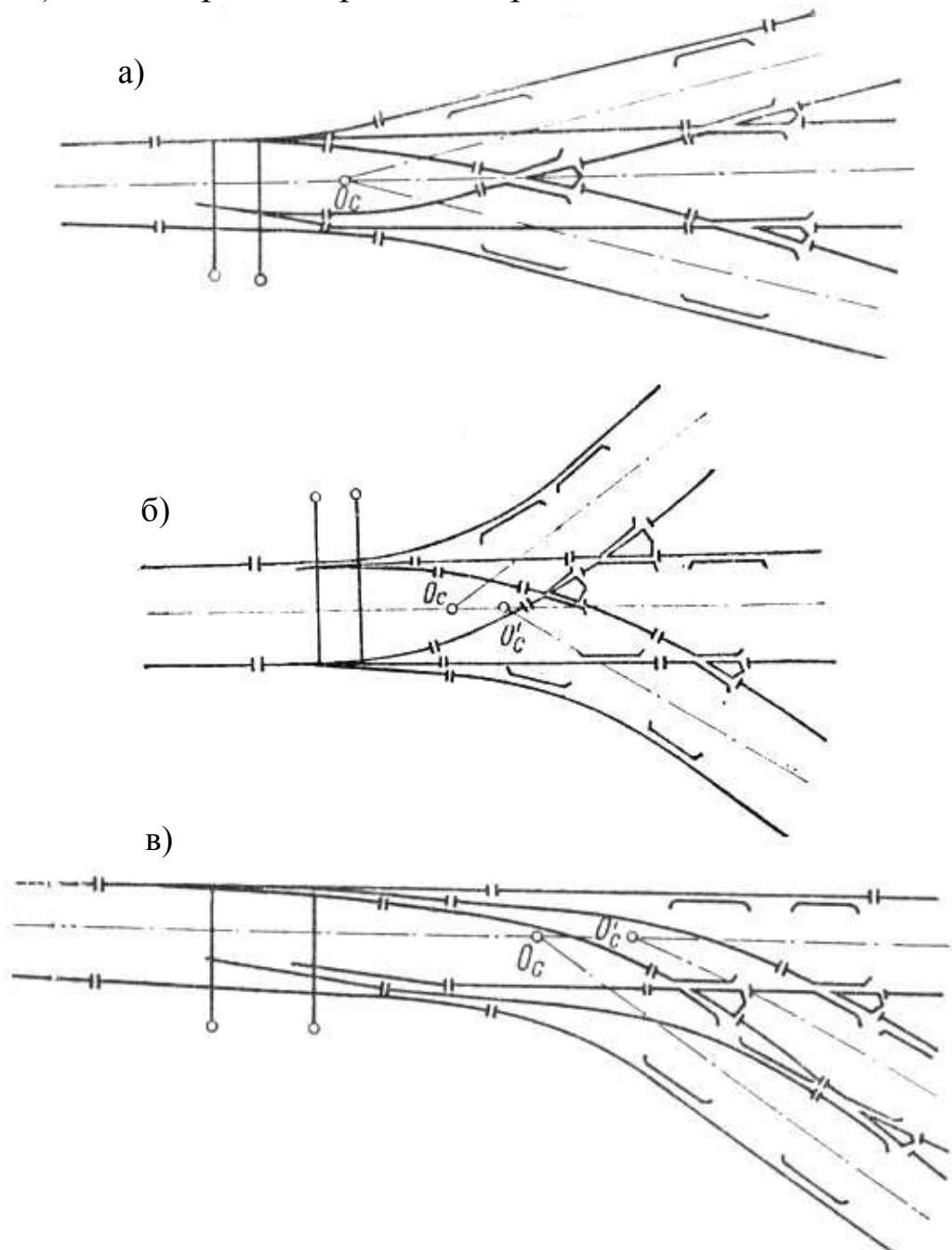
Якщо тупі та гострі хрестовини глухого косокутного перетину мають кут $\gamma = 2\alpha$ - ці хрестовини мають назву подвійні.

Комбінації укладання стрілочних переводів і глухих перетинів.

До них відносять:

1 *Подвійні стрілочні переводи.* Ці переводи поділяють на:

- а) різносторонні симетричні;
- б) різносторонні несиметричні;
- в) односторонні стрілочні переводи.



- а) різносторонній симетричний; б) різносторонній несиметричний;
- в) односторонній

Рисунок 1.55 – Схеми подвійних стрілочних переводів

В цей час подвійні стрілочні переводи не укладаються.

2 *Перехресні стрілочні переводи* – комбінація укладання глухого косокутного перетину та елементів (стрілок) поодиноких стрілочних переводів.

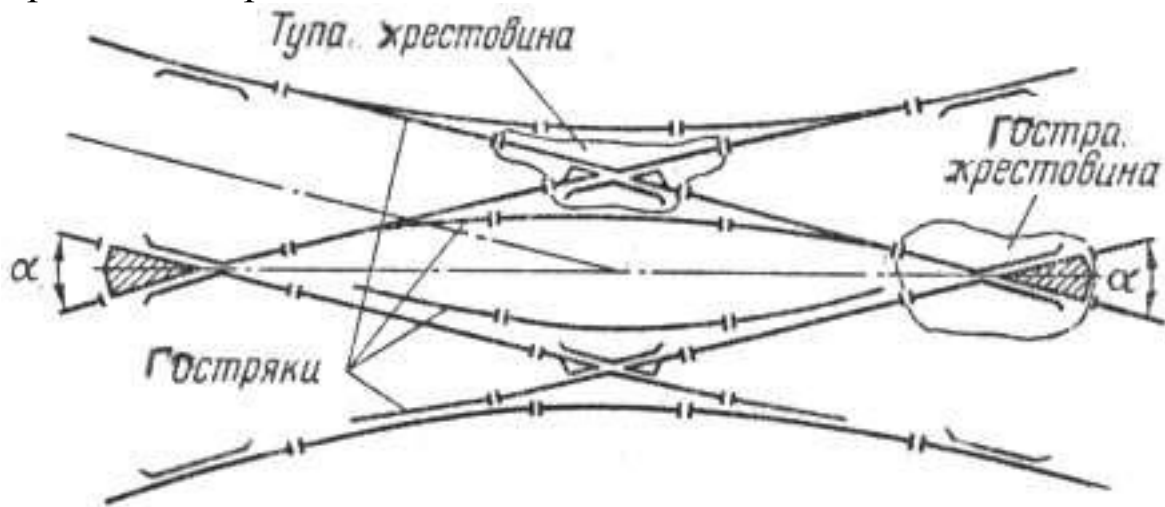


Рисунок 1.56 – Схема перехресного стрілочного переводу

Такий перевід замінює систему з двох звичайних стрілочних переводів. При цьому його довжина в два рази менша довжини, яку займають два звичайні стрілочні переводи.

Складається з:

- двох гострих хрестовин;
- двох тупих хрестовин;
- чотирьох пар гостряків;
- рейок між хрестовинами та рейок, які утворюють нитки прямих і кривих.

Останнім часом випускають переводи з рухомим осердям для швидкостей руху – 70 км/год.

З'їзди виконують для поєднання двох колій:

- а) нормальні – між двома прямими паралельними коліями;
- б) укорочені – між двома прямими паралельними коліями;
- в) нормальні перехресні – між двома паралельними коліями;
- г) укорочені перехресні – між двома прямими коліями;
- д) укорочені перехресні – між двома прямими непаралельними коліями;
- е) укорочені перехресні – між двома криволінійними коліями.

Стрілочна вулиця – це колія, на котрій розміщений ряд стрілочних переводів, а іноді і глухих перехрещень.

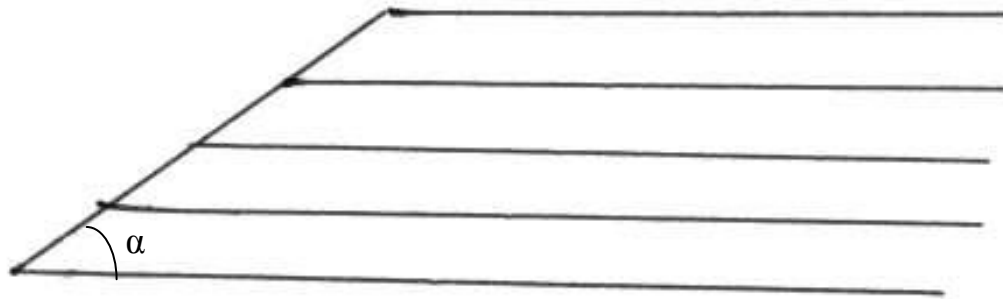
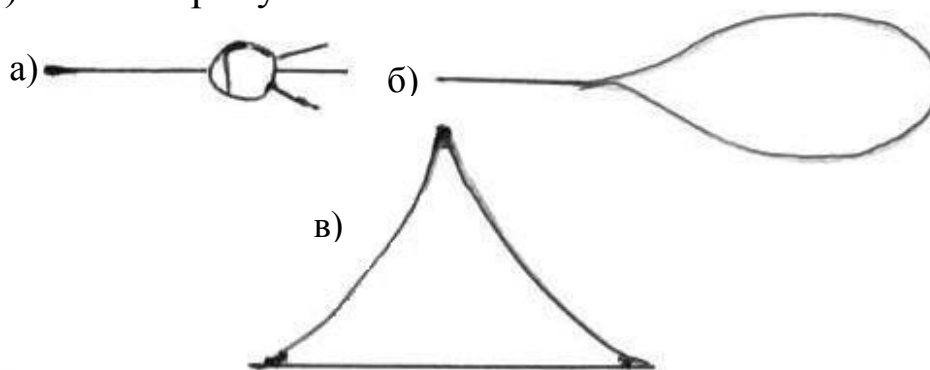


Рисунок 1.59 – Стрілочна вулиця під кутом хрестовин

Колійні поворотні пристрої – потрібні для повороту на 180° як окремих одиниць рухомого складу, так і цілих поїздів:

- а) поворотні круги;
- б) колійні петлі;
- в) колійні трикутники.



- а) поворотний круг; б) колійна петля; в) колійний трикутник

Рисунок 1.60 – Схеми поворотних пристроїв

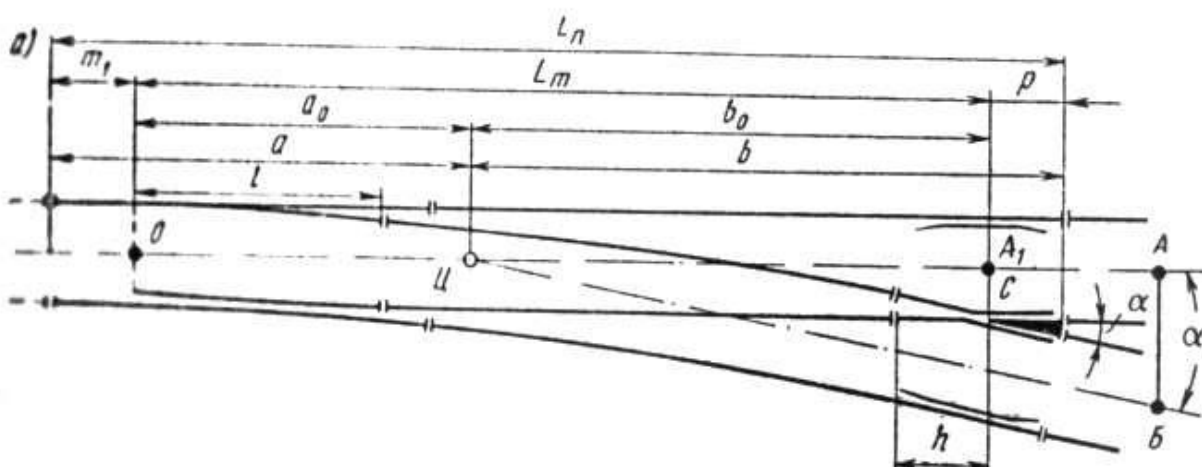


Рисунок 1.61 – Схема розбивки стрілочного переводу

Стрілочні переводи для швидкісного руху поїздів.

Швидкості руху поїздів по прямим напрямках стрілочних переводів типу Р50 і Р65 допускаються до 120 км/год. Однак, малий радіус R перевідної кривої, котрий дорівнює 300 м в стрілочних переводах М 1/11 та 200 м – для М 1/9 – не дає можливості підвищення швидкостей руху поїздів на бокових напрямках стрілочних переводів, тому вона обмежена 40 км/год – для хрестовин М 1/11 та крутіше.

Сучасна промисловість випускає стрілочні переводи з пологими марками хрестовин 1/18 і 1/22, котрі в два рази більш пологі марок 1/9 і 1/11.

Збільшення швидкостей руху по бокових напрямках стрілочних переводів з пологими марками хрестовин досягається за рахунок збільшення R радіусу перевідної кривої.

Таблиця 1.3 – Основні параметри стрілочних переводів з пологими хрестовинами

Тип рейок	Марка хрестовини	Радіус перевідної кривої	Довжина гостряка, м	Повна довжина переводу, м	Швидкість руху, км/год	
					у прямій колії	по боковій колії
Р 50	1/9	200,00	6,52	31,06	120	40
Р 50	1/11	297,26	11,0	33,53	120	40
Р 65	1/9	200,00	8,3	31,04	120	40
Р 65	1/11	300,00	12,5	34,44	120	40
Р 50	1/18	960,00	15,5	57,52	120	40
Р 65	1/18	960,00	15,5	57,52	120	40
Р 65	1/22	1440,00	18,5	71,12	120	120
Р 65	1/11	300,00	12,5	34,44	160	50
Франція	1/62	Кубічна парабола $y = \frac{x^3}{6C}$	36,9	208,44		220
	Радіус гостряка $R=6720$ м по довжині гостряка 18 м., а потім по кубічній параболі					

Широкому розповсюдженню стрілочних переводів з пологими марками хрестовин заважає збільшення їх повної довжини, що потребує при їх укладанні перебудови горловини станції.

Створено новий тип стрілочного переводу Р65 М 1/11, який має допустимі швидкості руху поїздів у прямому напрямку – до 160 км/год, у боковому напрямку – до 50 км/год.

Це досягнуто завдяки впровадженню:

- подовжених гостряків, контррейок, хрестовин і вусовиків з пологими кутами удару у відводи;
- нахилу рейки, 1/20;
- роздільного скріплення К-4;
- гнучких гостряків, з'єднаних чотирма тягами;
- суцільнолитої хрестовини;
- ширини колії 1520 мм – у прямому напрямку та 1530 мм – у боковому напрямку.

Особливості конструкції стрілочних переводів при V=200 км/год:

- 1) гнучкі гостряки;
- 2) рухоме осердя;
- 3) відсутність контррейок.

Несправності стрілочних переводів, з котрими забороняється їх експлуатувати в колії.

Відповідно до ПТЕ пункт 3.15 (с. 15, 2002 р.):

- 1) роз'єднання стрілочних гостряків та рухомих осердь хрестовин з тягами;
- 2) відставання гостряка від рамної рейки, рухомого осердя хрестовини від вусовика на 4 мм і більше, виміряне біля гостряка і осердя тупої хрестовини проти першої тяги, біля осердя гострої хрестовини – у вістрі осердя при замкнутому положенні стрілки;
- 3) вищерблення гостряка або рухомого осердя, при якому створюється небезпека набігання гребеня, і в усіх випадках вищерблення довжиною:
 - на головних коліях – 200 мм і більше при глибині вищерблення 5 мм і більше;
 - на приймально-відправних коліях – 300 мм і більше при глибині вищерблення 8 мм і більше;
 - на інших станційних коліях – 400 мм і більше при глибині вищерблення 10 мм і більше;
- 4) пониження гостряка проти рамної рейки і рухомого осердя проти вусовика на 2 мм і більше, виміряне в

- розрізі, де ширина головки гостряка або рухомого осердя зверху 50 мм і більше;
- 5) відстань між робочою гранню осердя хрестовини та робочою гранню головки контррейки менша 1472 мм;
 - 6) відстань між робочими гранями головки контррейки і вусовика більша 1435 мм;
 - 7) злам гостряка або рамної рейки;
 - 8) злам хрестовини (осердя, вусовика або контррейки);
 - 9) розрив контррейкового болта в одноболтовому або обох – у двоболтовому вкладиші;
 - 10) відсутність закладки на нецентралізованих стрілках, або якщо закладка не забезпечує щільне прилягання гостряка до рамної рейки (на 4 мм і більше проти першої тяги).

Вертикальний знос рамних рейок, гостряків, вусовиків і осердь хрестовини та порядок їх експлуатації при перевищенні норм зносу установлюються Інструкцією Міністерства транспорту України.

Розбивка стрілочних переводів на місці укладання.

- 1 Від осі станції відповідно з проектом стальною рулеткою відміряють за основною колією відстань до центру переводу, котрий укладається.
- 2 Від центру переводу поза віссю основної колії відміряють відстань а – до переднього стику рамної рейки, в – до хвоста хрестовини.
- 3 Напрямок осі бокової колії визначають виходячи з марки хрестовини. Наприклад, при укладанні переводу марки М 1/9 – уздовж осі прямої колії від центру переводу Ц відміряють відстань, яка дорівнює знаменнику марки хрестовини 9 м і перпендикулярний їй розмір, що дорівнює 1 м.
- 4 Центр переводу та отриману точку з'єднуємо прямою лінією – це буде напрямок осі бокової колії.
- 5 Розташування упорної нитки перевідної кривої установлюють розбивкою ординат відповідно з епюрою переводу, а внутрішньої нитки – за шаблоном відповідно з шириною колії.

- 6 Розбивка захрестовинних кривих виконується у відповідності до розрахунку. При цьому пряма вставка між перевідною кривою та захрестовинною кривою повинна бути не менша 15 м.
- 7 Радіуси захрестовинних кривих повинні бути не менші 300 м – на приймально-відправних і сортувальних коліях і не менші 200 м – на інших станційних коліях.

Норми та допуски утримання стрілочних переводів.

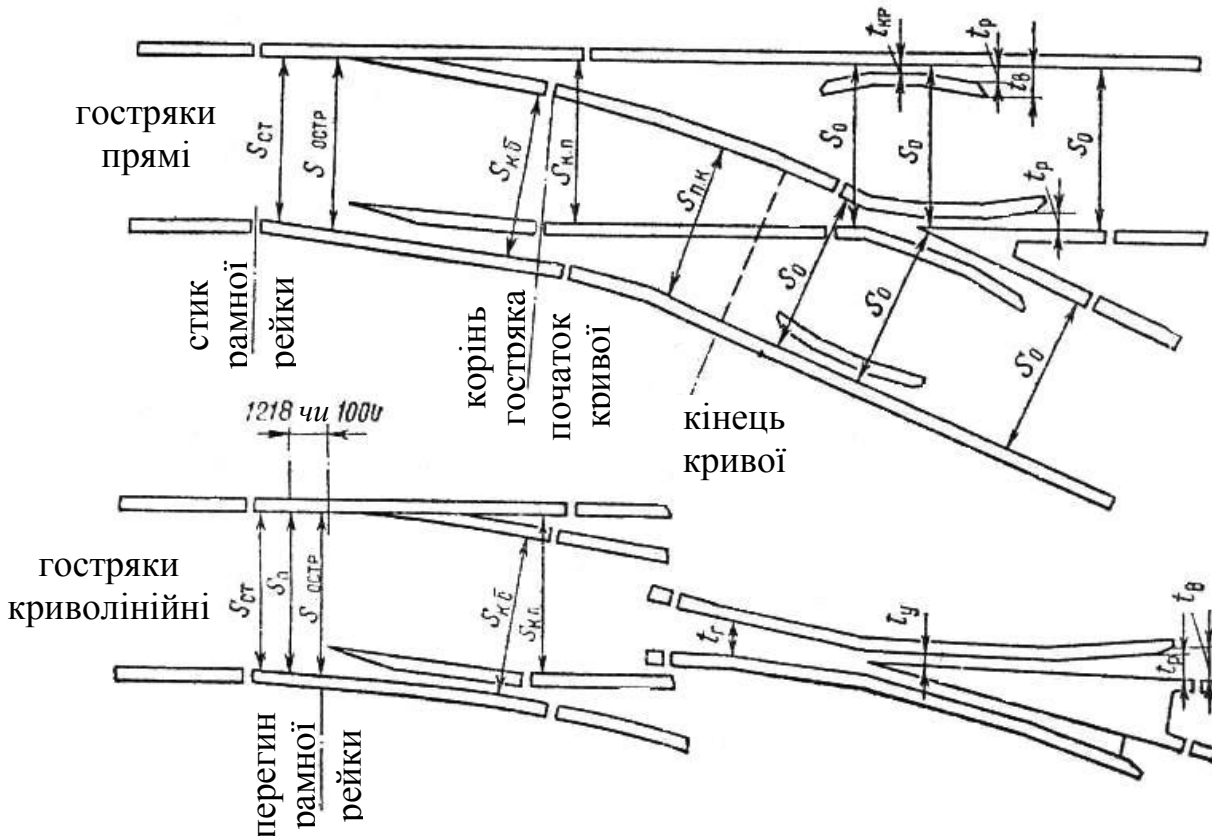


Рисунок 1.62 – Схема стрілочного переводу з позначенням місць проміру ширини колії та жолобів

Положення елементів стрілочного переводу за шириною колії та рівнем перевіряють (значення ширини колії для переводів типу Р65 марок 1/11 та 1/9, пр. 1740, 2215 на головних коліях):

- в стику рамної рейки $S_{ст} = 1520^{+6}_{-3}$ мм;
- біля вістря гостряка $S_{ст} = 1524^{+6}_{-3}$ мм;
- в корені гостряка в кожному напрямку:
на бокову колію - $S_{кб} = 1520^{+6}_{-3}$ мм;
на пряму колію - $S_{кп} = 1521^{+6}_{-3}$ мм;
- в середині перевідної кривої

$$M\ 1/9 - S_{\text{пк}} = 1524^{+10}_{-3} \text{ мм};$$

$$M\ 1/11 - S_{\text{пк}} = 1520^{+10}_{-3} \text{ мм};$$

- в кінці кривої та в хрестовині

$$S_{\text{пк}} = 1520^{+4}_{-4} \text{ мм};$$

$$S_0 = 1520^{+4}_{-4} \text{ мм}.$$

На хрестовині проміри виконують на прямій та боковій коліях:

- в кінці перевідної кривої – в стику вусовиків;
- в перетині хрестовини – 40 мм;
- в задньому стику хрестовини.

Ширина жолобу в контррейці

$$t_{\text{хр}} = 44^{+3}_{-2} \text{ мм}.$$

Ширина жолобу в хрестовині на ділянці від перетину 20 мм до перетину 50 мм

$$t_{\text{ср}} = 46^{+3}_{-2} \text{ мм}.$$

Відхилення ширини жолобів, котрі допускаються в контррейках $^{+3}_{-2}$ мм – у прямій частині та $^{+3}_{-2}$ мм – в хрестовині, можуть бути використані тільки при умові дотримання відстаней:

- не більше 1435 мм між робочими гранями контррейки і вусовика (для запобігання заклинювання колійної пари між контррейкою і вусовиком або розпресування колісної пари);
- не менше 1472 мм між робочими гранями контррейки і осердя, щоб запобігти удару колеса в осердя або попадання колеса в жолоб іншого напрямку.

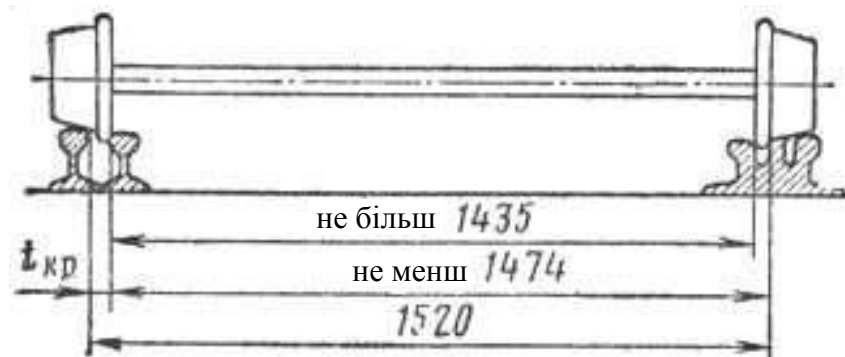


Рисунок 1.63 – Основні розміри, дотримання котрих забезпечує безпечний прохід колісних пар через хрестовину

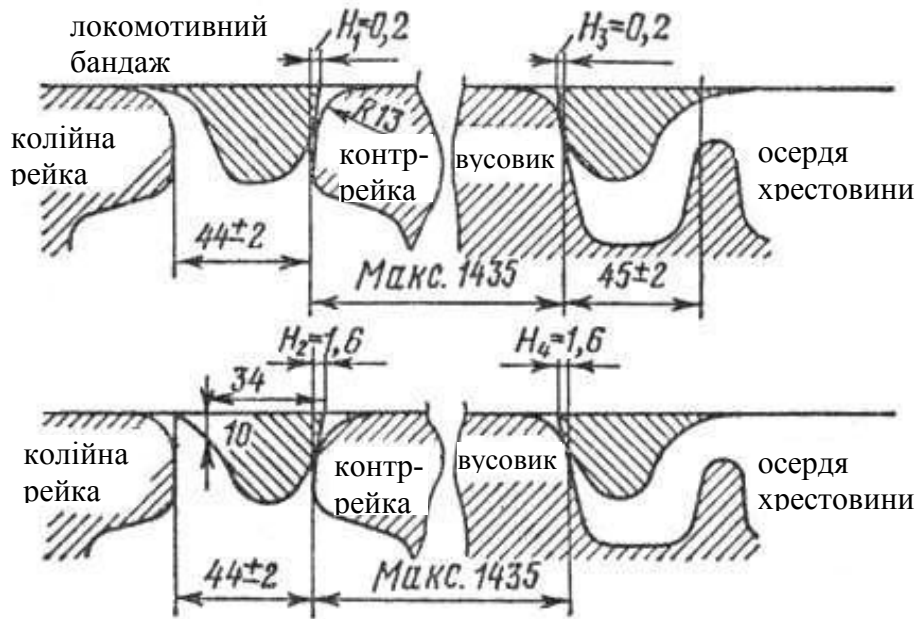


Рисунок 1.64 – Розташування гребенів коліс при дотику їх з вусовиками і контррейками

При недотриманні цієї умови допуски в жолобах зменшують для дотримання цих відстаней (не більше 1435 мм і не менше 1474 мм).

Розміри ординат перевідних кривих можуть відрізнятися від норм не більше ± 2 мм.

Поверхня кочення рейок, гостряків і хрестовин повинна бути в одному рівні.

Допустимі зноси металевих частин стрілочних переводів.

На лініях з високою вантажонапруженістю металеві частини стрілочних переводів зазнають інтенсивного бокового та вертикального зносу. Вимір його виконують звичайними металевими лінійками або штангенциркулем "Путеец".

Боковий знос рамних рейок звичайно перевіряють:

- біля початку гостряків;
- у перетині гостряка 20 мм.

Тут же перевіряють знос гостряка.

Знос осердя хрестовини в перетині – 40 мм.

Знос вусовиків – в найбільш зношеному місці – між горлом хрестовини і перетином осердя шириною 30 мм до зносу.

Крок гостряка – між робочою гранню рамної рейки та неробочою гранню гостряка проти першої перевідної тяги.

Жолоба: між рамною рейкою і гостряком

- у корені гостряка у прямій і боковій коліях;
в хрестовині
- у горлі;
- у прямій частині вусовиків і контррейок;
- на відводах вусовиків і контррейок.

Строк служби стрілок і хрестовин обмежується зносом.

Знос залежить від:

- 1) якості металу, його зносостійкості і міцності;
- 2) якості конструкції по геометричних характеристиках і технології виготовлення;
- 3) експлуатаційних умов: навантаження, вантажонапруженості, швидкості руху, якості укладки та утримання.

2 Рейкова колія

2.1 Норми утримання рейкової колії на прямих ділянках

Рейкова колія у плані характеризується прямими і кривими ділянками.

Розмір між внутрішніми гранями головок рейок, виміряний на 13 мм нижче поверхні кочення, називається шириною колії – *S*. *Ширина* колії на дерев'яних шпалах між внутрішніми гранями головок рейок на прямих ділянках колії і на кривих радіусом 650 м і більше має бути 1520 мм. Допуск +8; - 4 мм (*допуск по розширенню* колії + 8 мм, *допуск по звуженню* колії – 4 мм).

На існуючих ділянках допускається ширина колії 1524 мм.

При швидкості руху поїздів 50 км/год і менше допускається по розширенню + 10 мм, а по звуженню – 4 мм.

Відповідно до п. 3.10 ПТЕ верх головок рейок обох ниток колії на прямих ділянках має бути на одному рівні. Дозволяється на прямих ділянках колії утримання однієї рейкової нитки на 6 мм вище другої.

Підвищення на 6 мм однієї з рейкових ниток на одноколійних ділянках установлюється залежно від місцевих умов (стану земляного полотна, наявності одностороннього випинання і т. ін.), на двоколійних лініях підвищується, як правило, нитка з боку бровки.

Перелік прямих ділянок, де дозволяється утримання однієї нитки на 6 мм вище за іншу, затверджується начальником дистанції колії, при цьому з вказівкою, на якому кілометрі, на яких пікетах, яка нитка повинна мати підвищення. При цьому поліпшується плавність руху поїздів, а також зменшується впливання екіпажів.

Для колії на залізобетонних шпалах ширина колії на прямих і кривих ділянках при $R=300$ м і більше установлена однаковою – $S=1520$ мм.

Відхилення від установлених розмірів ширини колії не повинні перевищувати:

- по розширенню + 8 мм;
- по звуженню – 4 мм.

Крутість відводу розширення приймається при швидкості руху поїздів:

при $V \leq 120$ км/год $i = 1\text{‰}$, тобто 1 мм на 1 м колії;

при $V \geq 121$ км/год $i = 0,67\text{‰}$, тобто 1 мм на 1,5 м колії.

2.2 Рейкова колія у кривих ділянках колії

Особливості улаштування рейкової колії у кривих ділянках такі:

- 1) розширення рейкової колії у кривих радіусом $R=649$ м (шістсот сорок дев'ять метрів і менше);
- 2) улаштування підвищення зовнішньої рейкової нитки над внутрішньою при радіусі $R \leq 4000$ м (чотири тисячі метрів і менше);
- 3) улаштування перехідних кривих при радіусі $R \leq 3000$ м (три тисячі метрів і менше);
- 4) укладання укорочених рейок на внутрішніх нитках;
- 5) збільшення міжколійних відстаней між осями колій.

2.2.1 Розширення рейкової колії у кривих ділянках малого радіусу здійснюється для полегшення вписування екіпажів, які мають жорстку базу. При установленні ширини колії виходять із таких положень:

а) *ширина колії* повинна бути оптимальною, щоб забезпечувати найменший опір руху поїздів і знос рейок та коліс;

б) *запобігати ушкодженню* рейок і коліс, викривленню положення колії у плані, провалу коліс між рейковими нитками. Ширина колії не повинна бути більшою, ніж максимально допустимий розмір;

в) *ширина колії* не може бути менше мінімально допустимого розміру, щоб не допускати заклинювання ходових частин рухомого складу, між внутрішньою та зовнішньою нитками рейкової колії.

г) відповідно до п. 2.1.1 "Інструкції з улаштування та утримання колії залізниць України" ЦП-0138 ширина колії в кривих ділянках на дерев'яних шпалах повинна бути:

- при радіусах 650 м і більше - 1520 мм;

- при радіусах менше 650 до 450 м - 1530 мм;
- при радіусах менше 450 до 300 м - 1535 мм;
- при радіусах менше 300 - 1540 мм.

На коліях, укладених до 1998 р. (час затвердження Інструкції ЦП/0050), допускається норма ширини колії 1520 мм у кривих ділянках радіусами від 300 до 650 м до виконання ремонтно-колійних робіт із комплексної заміни рейко-шпальної решітки.

Для колії на залізобетонних шпалах норма ширини колії на прямих і кривих при радіусах 300 м і більше установлена однаковою 1520 мм. В кругових кривих при радіусах від 200 м до 450 м дозволяється укладання спеціальних залізобетонних шпал з нормою ширини колії 1535 мм.

На існуючих лініях із раніше укладеною колією з нормативом ширини колії на прямих ділянках 1524 мм допускається утримання колії за такими нормами ширини колії:

- у прямих і кривих при радіусах більше 650 м- 1524 мм;
- у кривих при радіусах менше 650 до 450 м - 1530 мм;
- у кривих при радіусах менше 450 до 350 м - 1535 мм;
- у кривих при радіусах менше 350 м - 1540 мм.

Прямі та криві ділянки колії, що утримуються за шириною колії за нормою 1520 мм і отримали в процесі експлуатації стабільне рівномірне розширення, дозволяється утримувати при швидкостях руху поїздів до 120 км/год за нормами, установленими для колії 1524 мм. Перелік таких прямих і кривих ділянок колії установлює начальник служби колії залізниці.

Відхилення від установлених норм ширини колії, які не потребують усунення, на прямих і кривих ділянках колії не повинні перевищувати:

- при швидкостях руху поїздів від 50 до 140 км/год:
 - за розширенням + 8 мм;
 - за звуженням - 4 мм.
- при швидкостях руху поїздів 50 км/год і менше:
 - за розширенням + 10 мм;
 - за звуженням - 4 мм.
- при радіусах кривих менше 300 м (а при нормативі ширини колії 1524 мм – при радіусах менше 350 м):
 - за розширенням + 6 мм;

- за звуженням

- 4 мм.

При наявності бокового зносу головки рейок в кривих величина відхилення за розширенням, яка не потребує усунення, може бути збільшена на величину фактичного зносу внутрішньої грані головки рейки зовнішньої нитки. При цьому ширина колії не повинна перевищувати:

- при радіусах 650 м і більше

- 1535 мм;

- при радіусах менше 650 м

- 1545 мм.

Плюсовий допуск за шириною колії для кожної такої кривої з урахуванням фактичного бокового зносу встановлюється наказом начальника дистанції колії.

Ширина колії більше 1548 мм і менше 1510 мм – не допускається.

У Росії інші нормативи: максимальна ширина колії, як і на Україні – більше 1548 мм не допускається, а мінімальна – встановлена 1512 мм.

Розширення колії при переході з прямої у криву ділянку колії проводиться з улаштуванням плавного відводу, як правило, у межах перехідної кривої, а за відсутності перехідної кривої – в межах прямої також з плавним відводом не більше 1 мм на 1 м колії. При цьому, в кінці перехідної кривої, а при її відсутності – на початку кривої – розширення повинно бути повним.

Розширення досягають зміщенням внутрішньої нитки в межах перехідної кривої. Перехід від нормативної ширини колії до збільшеної залежить від радіусу кругової кривої і довжини перехідної кривої.

Відводи відхилень у ширині колії в межах допусків повинні бути плавними і не перевищувати 1 мм на 1 пог. м колії.

2.2.2 Підвищення зовнішньої рейки у кривих ділянках.

На кривих ділянках колії при радіусах кривих $R \leq 4000$ м (чотири тисячі метрів і менше) – зовнішня рейкова нитка повинна утримуватися вище внутрішньої.

При русі екіпажів по кривих ділянках виникає відцентрова сила

$$I = \frac{mV^2}{R} = \frac{G \cdot V^2}{g \cdot R}, \quad (2.1)$$

де m – маса одиниці рухомого складу, т;
 V – швидкість руху рухомого складу, км/год;
 R – радіус кривої ділянки, м;
 G – вага одиниці рухомого складу, т;
 g – прискорення сили тяжіння, м/сек².

Якщо у кривій ділянці установити рейкові нитки в одному рівні, то відцентрова сила, складаючись з вагою екіпажу, буде створювати рівнодіючу силу, яка відхиляючись до зовнішньої рейкової нитки перевантажує і зношує її.

Ця сила викликає:

- 1 Посилений знос рейок у зовнішній рейковій нитці;*
- 2 Відбої зовнішньої рейкової нитки, внаслідок чого не забезпечується безпека руху поїздів;*
- 3 Неприємні відчуття у пасажирів внаслідок появи непогашеного відцентрового прискорення.*

Мета улаштування підвищення зовнішньої нитки:

- 1 Знизити боковий тиск на рейки зовнішньої рейкової нитки, у зв'язку з чим:*
 - забезпечується рівномірний знос рейок обох ниток;
 - зменшуються відбої рейок, запобігаються розладнання колії;
 - забезпечується безпека руху поїздів.
- 2 Забезпечити комфортабельність їзди пасажирів.*

Визначення підвищення зовнішньої рейки за умови забезпечення рівномірності зносу рейок обох рейкових ниток.

Розглянемо положення екіпажу в кривій ділянці радіусом – R , яка має підвищення зовнішньої нитки – h (див. рис. 2.1).

Введемо наступні позначення:

P_1 і P_2 – вертикальні реакції зовнішньої і внутрішньої рейок;

E_H і E_B – тангенціальні реакції зовнішньої і внутрішньої рейок;

a – відстань від поверхні кочення рейок до центру ваги екіпажу вагою G .

S – відстань між осями рейок.

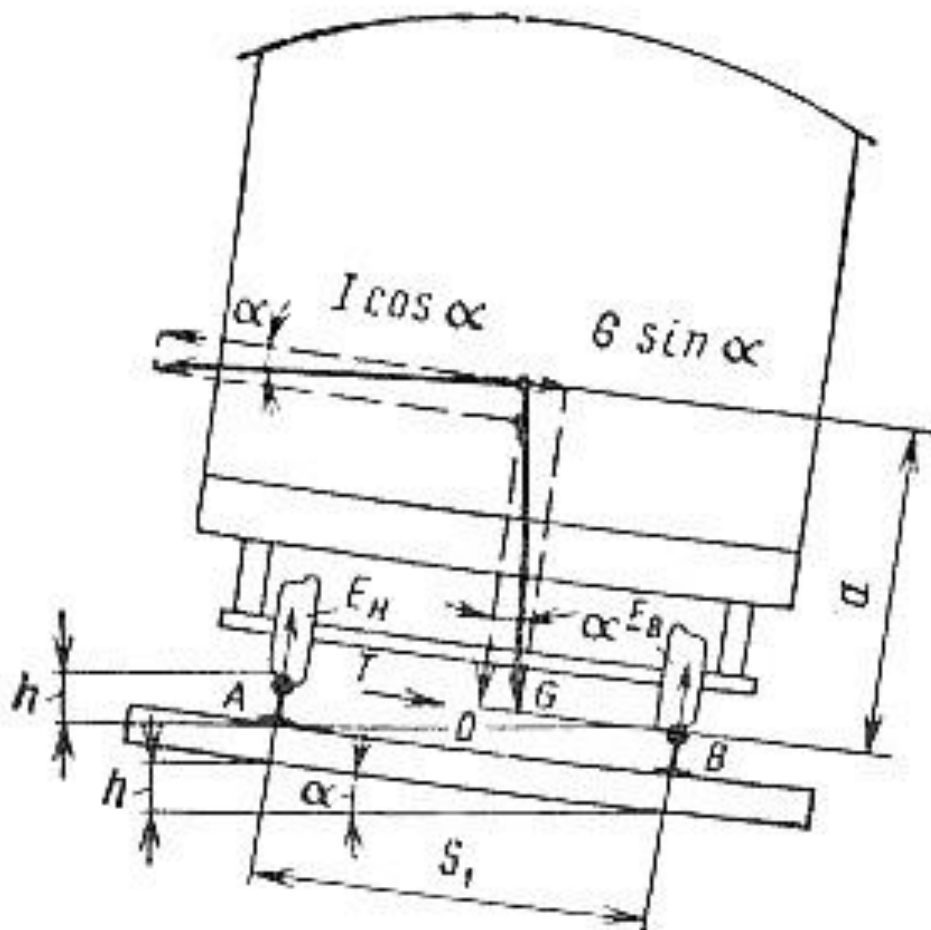


Рисунок 2.1 – Розрахункова схема для визначення підвищення зовнішньої рейки в кривій

Для рівномірного зносу рейок обох рейкових ниток необхідно вибрати таке h , при якому виконувались би наступні рівності: $\sum P_1 = \sum P_2$, або $\sum P_1 - \sum P_2 = 0$.

Підвищення рейкової нитки h повинно бути таким, щоб відцентрова сила I і доцентрова сила H були рівними – $I = H$, тобто щоб ці сили взаємно були врівноваженими.

Тоді *рівнодіюча сила* буде направлена перпендикулярно нахиленню площі, яка проходить по головках обох рейок і обидві рейкові нитки будуть завантажені однаково.

Якби всі поїзди проходили по даній кривій з однаковою швидкістю (як у метро), то завдання визначення підвищення вирішувалось би формулою

$$h = 12,5 \frac{v^2}{R}.$$

Але фактично по одній і тій же кривій ідуть вантажні і пасажирські поїзди різної ваги з різними швидкостями. При цьому встановленим у кривій підвищенням зовнішньої рейки не вдається повністю компенсувати відцентрову силу при проходженні кожного поїзду. Тому приходится установлювати таку величину підвищення зовнішньої рейки у кривих ділянках, при якому при проході частини поїздів відцентрова сила I буде більша доцентрової сили H ($I > H$). У такому випадку буде перевантажуватися зовнішня рейка, а при проході інших поїздів $I < H$ і буде перевантажуватися внутрішня рейка. Але в середньому обидві рейкові нитки повинні бути навантажені однаково.

Визначення підвищення зовнішньої рейки за умовами рівномірності зносу обох рейкових ниток.

Підвищення зовнішньої рейки у кривих за умови рівномірності зносу обох рейкових ниток визначається за формулою

$$h = 12,5 \frac{V^2}{R}, \quad (2.2)$$

де h_p – розрахункове підвищення, мм;

12,5 – коефіцієнт переводу кілометрів і метрів у мм;

R – радіус кривої, м;

V_{cp} – середньозважена квадратична швидкість руху поїздів (км/год), визначається за фактичною швидкістю руху всіх пасажирських і вантажних поїздів різної ваги, яку розвивають протягом року поїзди на даній кривій.

Швидкості пасажирських і вантажних поїздів, що проходять по кривій, визначаються за даними швидкостемірів або за тяговими розрахунками, відкоригованими для наближення їх до фактичних швидкостей. Середньозважена квадратична швидкість визначається за формулою

$$V_{cp}^2 = \frac{n_1 \cdot Q_1 \cdot V_1^2 + n_2 \cdot Q_2 \cdot V_2^2 + \dots + n_i \cdot Q_i \cdot V_i^2}{n_1 \cdot Q_1 + n_2 \cdot Q_2 + \dots + n_i \cdot Q_i}, \quad (2.3)$$

де $Q_1, Q_2, \dots, Q_i$ – вага поїзда брутто, т;

$n_1, n_2, \dots, n_i$ – кількість поїздів даної ваги за добу, пар;

$V_1, V_2, \dots, V_i$ – швидкість поїздів даної ваги, км/год.

Підвищення, одержане за цією формулою округляється до величини, кратної 5 мм у ближчий бік.

Визначення підвищення за умовами комфортабельності їзди пасажирів та недопущення перевантаження зовнішньої рейки вантажними поїздами.

$$h_{\min \text{ пас}} = 12,5 \frac{V_{\max}^2}{R} - 163[\alpha_{\text{нп}}], \quad (2.4)$$

Якщо прийняти допустиме непогашене прискорення відповідно для пасажирських поїздів $[\alpha_{\text{нп}}]=0,7 \text{ м/с}^2$, а вантажних $[\alpha_{\text{нп}}] = + 0,3 \text{ м/с}^2$ або $+ 0,15 \text{ м/с}^2$, тоді:

$$h_{\min \text{ пас}} = 12,5 \frac{V_{\max \text{ .пас.}}^2}{R} - 115, \quad (2.5)$$

$$h_{\min \text{ вант}} = 12,5 \frac{V_{\max \text{ .вант.}}^2}{R} - 49, \quad (2.6)$$

де $h_{\min \text{ пас}}$ і $h_{\min \text{ вант}}$ – мінімальні підвищення зовнішньої рейки, при яких в даній кривій можлива реалізація необхідної максимальної швидкості руху без порушення комфортабельності проїзду пасажирів та перевантаження зовнішньої рейки, мм;

$V_{\max \text{ пас}}$ і $V_{\max \text{ вант}}$ – максимальні швидкості, що розвиваються пасажирськими та вантажними поїздами на даній кривій, км/год;

115 – величина максимального недостатнього підвищення, розрахована за умовою не перевищення допустимого непогашеного прискорення для пасажирських поїздів $\alpha_{\text{нп.доп.}} = 0,7 \text{ м/с}^2$;

49 – величина максимального недостатнього підвищення, розрахована за умовою не перевищення допустимого непогашеного прискорення для вантажних поїздів $\alpha_{\text{нп.доп.}} = 0,3 \text{ м/с}^2$.

Підвищення зовнішньої рейки необхідно також перевіряти за умовою недопущення перевантаження вантажними поїздами внутрішньої рейкової нитки при русі зі швидкістю нижче середньоквадратичної.

Максимальне підвищення, при якому забезпечується робота внутрішньої нитки без перевантаження при русі вантажних поїздів, визначається за формулою

$$h_{\max} = 12,5 \frac{V_{\min. \text{вант.}}^2}{R} + 49(\text{або} + 24), \quad (2.7)$$

де 49 – величина максимального перебільшення підвищення (мм), розрахованого за умови не перевищення установленої норми непогашеного прискорення $\alpha_{\text{нп.вант.доп}} = - 0,3 \text{ м/с}^2$;

24 – те ж саме при нормі $\alpha_{\text{нп.вант.доп}} = - 0,15 \text{ м/с}^2$;

$V_{\min. \text{вант}}$ – мінімальна швидкість, з якою прямує по кривій близько 15 % вантажних поїздів (від усієї кількості, яка розглядається, при розрахунку за формулою 2.3).

З чотирьох одержаних значень підвищення (формули 2.2, 2.5, 2.6, 2.7) вибирається те, що рекомендується встановити в колії $h_{\text{рек}}$. При цьому $h_{\text{рек}}$ повинне дорівнювати або по можливості бути близьким до розрахункового h_p . Воно може відрізнитися від нього не більше ніж на допустиму величину $\pm \Delta h$. Воно не повинне перевищувати $h_{\max}$ і не повинне бути менш ніж $h_{\min}$.

Таким чином рекомендоване значення підвищення $h_{\text{рек}}$ врешті решт визначається за формулою

$$\begin{aligned} h_{\text{рек}} &= h_p \pm \Delta h \\ h_{\min} &< h_{\text{рек}} \leq h_{\max}, \end{aligned} \quad (2.8)$$

якщо $h_{\min}$ буде більше $h_{\max}$, то необхідно обмежувати максимальну швидкість руху. В цьому випадку рекомендується приймати підвищення $h_{\text{рек}} = h_{\max}$.

У випадку, коли необхідно обмежити максимальні швидкості, нове значення максимальної допустимої швидкості (при установленому підвищенні) руху пасажирських і вантажних поїздів визначається за формулою

$$V_{\text{доп.}} = 3,6 \sqrt{R(\alpha_{\text{нп.доп.}} + 0,00613 h_{\text{рек}})}, \quad (2.9)$$

де $\alpha_{\text{нп.доп.}}$ – допустиме непогашене прискорення відповідно для пасажирських ($0,7 \text{ м/с}^2$) чи вантажних ($+0,3 \text{ м/с}^2$ або $+0,15 \text{ м/с}^2$) поїздів.

На двоколійних і багатоколійних ділянках, розміщених на схилах, де швидкість руху поїздів різна за напрямками, величина підвищення для кожної колії визначається окремо за тими самими формулами. Якщо на колії, розміщеній ближче до центру кривої, розрахункове підвищення буде менше, ніж на колії, розміщеній зовні, то при остаточному виборі цього підвищення

необхідно також керуватися "Вказівками по застосуванню габаритів наближення споруд".

Підвищення зовнішньої рейкової нитки не повинне перевищувати 150 мм.

При максимальних швидкостях, що не перевищують 100 км/год для пасажирських і 80 км/год для вантажних поїздів, у кривих радіусом 1000 м і більше підраховувати підвищення $h_{\min}$ не потрібно.

Перевірку підвищення по не перевищенню $h_{\max}$ не потрібно виконувати при рекомендованому підвищенні, що не перевищує 50 мм.

При максимальній швидкості 120 км/год ці перевірки не робляться в кривих радіусом більше 1200 м.

Багаторічний досвід роботи та численні дослідження свідчать, що великі значення непогашених прискорень неприємно відчуються пасажирями.

Впливи непогашеного відцентрового прискорення у межах від 0,4 до 0,8 м/с² включно переносяться людьми задовільно.

Непогашене відцентрове прискорення рівне 1 м/с² переноситься задовільно при нечисленних нетривалих діях.

На основі наукових досліджень норма непогашеного прискорення прийнята:

для вантажного руху – 0,3 м/с²;

для пасажирського руху – 0,7 м/с².

Якщо вимоги (2.5) не виконуються, то вживають наступні заходи.

1 *Зменшують швидкості руху поїздів.* Найбільша допустима швидкість пасажирських поїздів у кривих ділянках при $[a_{\text{пп}}]=0,7$ м/с², і $h_{\max}$ може бути визначена із рівняння

$$150 = 12,5 \frac{V_{\max.\text{пас.}}^2}{R} - 115, \quad (2.10)$$

де $V_{\max} = \sqrt{21 \cdot R}$, або $V_{\max} = 4,6\sqrt{R}$, але тривале обмеження швидкості руху поїздів неприпустиме, оскільки швидкість руху поїздів – це один з основних показників роботи залізничного транспорту.

2 *Перебудовують залізничну колію у плані для збільшення швидкості руху поїздів внаслідок уположення радіусів кривих*

за рахунок збільшення R – радіусів кривих. Це можливо тільки при належному техніко-економічному обґрунтуванні.

3 З дозволу Укрзалізниці максимальне підвищення може бути більше 150 мм, але це приведе до нерівномірного зносу рейкових ниток.

Максимальні значення підвищення, які допускаються на залізничних коліях закордонних країн такі:

- Сполучені Штати Америки (США) і Англія – 152 мм;
- Франція – 160 і 180 мм;
- Японія (на лінії Токайдо) – 200 мм;
- Німеччина, Болгарія, Румунія, колишня Югославія – 120 мм;
- Польща – 120 мм;
- Угорщина – 110 мм.

4 Допускається непогашене прискорення більше $0,7 \text{ м/с}^2$ у межах $0,8 \div 1,0 \text{ м/с}^2$, але воно повинно бути небагаторазовим і нетривалим – не більше 10% (відсотків) від загальної їх кількості.

2.2.3 Перехідні криві.

Перехідні криві влаштовуються при радіусах кривих 3000 м і менше.

Якщо з'єднати безпосередньо пряму ділянку з кривою, то у точці їх сполучення несподівано виникне відцентрова сила, яка проявить себе у виді різкого бокового поштовху

$$I = \frac{mV^2}{R},$$

де I – відцентрова сила, т;

m – маса, т;

V – швидкість руху, км/год;

R – радіус кривої ділянки, м.

Тому між прямими і кривими ділянками колії влаштовуються перехідні криві.

Кожна проста крива залізничної колії починаючи з радіусу 3000м і менше складається з 2 (двох) перехідних кривих (ПК) і кругової кривої (КК), розташованої між ними.

Призначення перехідних кривих.

1. Забезпечення плавної зміни радіусу кругової кривої від радіусу, рівного нескінченності ($\rho = \infty$) до радіусу кругової кривої ($\rho = R_{\text{кк}}$).
2. Забезпечення плавного руху при переході з прямої ділянки у криву ділянку колії за рахунок плавного зростання відцентрової сили від $I = 0$ до $I = \frac{mV^2}{R}$ і навпаки. Відцентрова сила I не повинна виникати несподівано.
3. Забезпечення поступового плавного розширення (звуження) ширини колії, якщо радіус ($R_{\text{кк}}$) кругової кривої менше 649 м.
4. Забезпечення поступового і рівномірного нарощування (зменшування) підвищення зовнішньої рейкової нитки від нуля ($h=0$) на початку перехідної кривої до підвищення зовнішньої рейки у кінці перехідної кривої ($h = h_{\text{кк}}$). При цьому відцентрова сила компенсується горизонтальною складовою ваги екіпажу

$$I \cdot \cos \alpha = G \cdot \sin \alpha ,$$

де I – відцентрова сила, т;

G – маса, т.

З усього цього виходить, що на протязі перехідної кривої:

1. Плавно змінюється кривизна колії від нескінченності (∞) до радіуса кругової кривої ($R_{\text{кк}}$).
2. Плавно змінюється відцентрова сила від $I = 0$ до $I = \frac{mV^2}{R_{\text{кк}}}$.
3. У кривих ділянках, де радіус менше 649 м ($R < 649$ м), плавно змінюється ширина колії від $S = 1520$ мм до $S = 1530$ мм і $S = 1535$ мм.
4. Плавно змінюється підвищення зовнішньої рейкової нитки від 0 до підвищення, рівного підвищенню у кінці перехідної кривої (на початку кругової кривої), від $h = 0$ до $h = h_{\text{розрах.}}$
5. Плавно змінюється непогашене прискорення від 0 до допустимого непогашеного прискорення для пасажирських поїздів $a_{\text{нп.доп.}} = 0,7 \text{ м/с}^2$, а для вантажних поїздів – $[a_{\text{нп}}] = 0,3 \text{ м/с}^2$.

Довжина перехідної кривої при сполученні прямої ділянки з кривою на одноколійній лінії і для зовнішньої колії двоколійної лінії визначається за формулою:

$$L = 1000h ,$$

де L – довжина перехідної кривої, м;

h – підвищення зовнішньої рейки, мм.

Для внутрішньої колії двоколійної лінії довжина перехідної кривої визначається за формулою:

$$L_{\text{вн}} \geq \sqrt{24R(\Delta E) + L_{\text{зовн}}^2},$$

де ΔE – розширення міжколійя, м;

R – радіус кривої, м;

$L_{\text{вн}}$, $L_{\text{зовн}}$ – довжини перехідних кривих відповідно на внутрішній і зовнішній колії, м.

При цьому довжина перехідної кривої не повинна бути меншою за величини, зазначені в таблиці 2.1 залежно від радіусу кругової кривої.

Таблиця 2.1 – Мінімальна довжина перехідних кривих

Радіус кругової кривої, м	Довжина перехідної кривої, м
3000-1500	30
1499-1000	40
999-710	50
709 і менше	60

Якщо дві кругові криві одного напрямку примикають одна до другої і різниця в їх кривизні перевищує $1/3000$, то довжина сполучуваної кривої між ними визначається за формулою:

$$L = 1000\Delta h,$$

де Δh – різниця підвищення на сполучуваних кривих, мм.

При цьому довжина сполучуваної кривої не повинна бути меншою за 30 м.

Якщо фактична довжина перехідної кривої більша за одержану за вищезазначеними формулами, то ця довжина зберігається.

На всіх кривих ділянках колії повинні, як правило, установлюватися постійні знаки (репери), що позначають початок кругової кривої (ПКК) і кінець кругової кривої (ККК). Для закріплення кривих можуть використовуватися опори контактної мережі, штучні споруди й інші постійні точки.

Початок і кінець кожної перехідної кривої позначаються вертикальною смугою (шириною 8-10 мм), нанесеною білою фарбою на шийці рейки із внутрішнього боку зовнішньої нитки і написами *ПКК* і *КПК*.

Відвід підвищення зовнішньої рейки в кривій ділянці колії робиться плавно на всій протяжності перехідної кривої, а при її відсутності – на протяжності прямої з ухилом $i=0,001$, тобто 1 мм на 1 м.

У складних умовах на станційних коліях з дозволу начальника служби колії допускається збільшення крутості відводу, проте вона не повинна перевищувати 0,003. При цьому треба перевірити і при необхідності обмежити допустиму швидкість руху поїздів.

Підвищення зовнішньої рейки в кінці перехідної, а у разі її відсутності – на початку кругової кривої повинне бути повним.

Початок і кінець відводу підвищення повинні співпадати з початком і кінцем перехідної кривої.

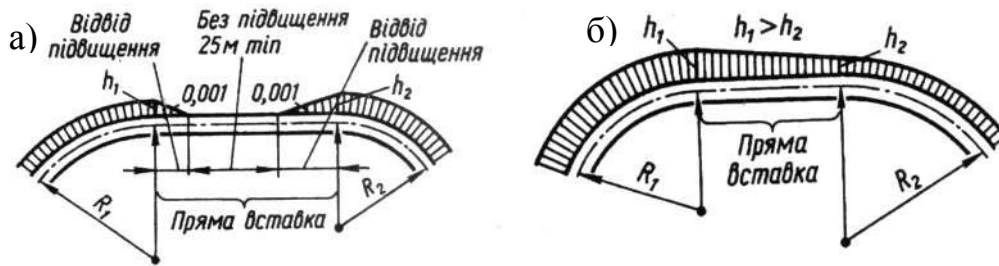
Допускається незбіг початку відводу підвищення і початку перехідної кривої при крутизні відводу наближеній до 0,001, при якому відвід може починатися не ближче 30 м до початку цієї кривої і не далі 20 м після її початку.

Допустимий незбіг кінця відводу підвищення і кінця перехідної кривої може складати не більше ± 30 м при швидкості руху поїздів до 100 км/год і не більше ± 20 м – при швидкості руху поїздів від 100 до 140 км/год.

На перехідних кривих довжиною 80 м і менше незбіг відводів не повинен перевищувати 30% їх довжини.

У разі відсутності перехідних кривих чи їх недостатньої довжини на близько розміщених кривих однакового напрямку нормальні відводи підвищення робляться тільки в тому випадку, якщо на протяжності прямої ділянки, розміщеної між ними, вкладається довжина обох відводів і, крім того, між кінцями цих відводів залишається пряма ділянка без підвищення зовнішньої рейки довжиною не менше 25 м (див. рис. 2.2 а).

В разі недостатньої довжини прямої вставки для відводу підвищення в 0,001 доцільно скоротити довжину ділянки без підвищення до 15 м або відведення підвищення зробити більш крутим, але не більше 0,003.



а – при достатній величині прямої вставки;

б – при замалій величині прямої вставки

Рисунок 2.2 – Сполучення кривих однакового напрямку

Якщо пряма ділянка довжиною 15 м без підвищення не виходить і при такому відводі, то підвищення робиться на всій протяжності прямої вставки, при цьому величина цього підвищення робиться однаковою з підвищенням на кривих, якщо радіуси обох кривих однакові. Якщо радіуси кривих (R) різні, то більше підвищення плавно, величиною не більше 0,001 зменшується на всій протяжності прямої вставки до меншого підвищення (див. рис. 2.2 б).

На стрілочних переводах, розміщених на прямих ділянках колії, перевідні криві утримуються без підвищення зовнішньої рейки.

Якщо різниця в розрахункових значеннях підвищення для кожної частини складової кривої не більша за 15 мм, то робиться єдине підвищення на всій протяжності кривої, в тому числі і на стрілочному переводі.

При більшій різниці в кожній частині кривої устанавлюється своє підвищення і між ними в межах кривої більшого радіуса робиться відвід підвищення з ухилом 0,001.

Як правило, в межах стрілочного переводу підвищення (h) повинно бути не більшим 75 мм.

З дозволу начальника служби колії на таких стрілочних переводах може устанавлюватися і більше підвищення (h).

На приймально-відправних коліях, де швидкості руху поїздів не перевищують 25 км/год, підвищення зовнішньої рейки в кривих може не виконуватись.

Захрестовинні криві на коліях руху пасажирських і вантажних поїздів із швидкістю більше 25 км/год повинні мати підвищення зовнішньої рейки.

Підвищення повинно розпочатися не ближче 2 м від хвоста хрестовини.

При неможливості реалізації повного підвищення можна його зменшити до 50% від розрахункового.

Зменшене підвищення повинне бути таким, щоб непогашене відцентрове прискорення не перевищувало $0,3 \text{ м/с}^2$.

Розрахунок непогашеного прискорення виконується за формулою з підстановкою максимальної швидкості руху поїздів по захрестовинній кривій:

$$\alpha_{\text{нп}} = \frac{V^2}{3,6^2 \cdot R} - 0,00613 \cdot h,$$

де 3,6 – коефіцієнт переходу від швидкості у км/год до швидкості у м/с;

V – швидкість руху: максимальна у пасажирському русі, мінімальна у вантажному русі (яку реалізують до 15% від усієї кількості вантажних поїздів), км/год;

h – існуюче в колії підвищення, мм;

0,00613 – чисельне відношення $g/S = 9,81 / 1600$ з урахуванням розмірності підвищення;

1600 – відстань між серединами головок рейок, мм.

Радіуси захрестовинних кривих повинні бути не меншими за радіуси перевідних кривих, до яких примикають стрілочні переводи, і не меншими:

300 м – для приймально-відправних і сортувальних колій;

200 м – для інших станційних колій.

Утримання захрестовинних кривих по шаблону установлюється в залежності від величини радіуса – R .

На захрестовинних кривих необхідно прагнути до утворення перехідних кривих довжиною не менше 20 м. При цьому на коліях, призначених для проходу організованих поїздів, необхідно дотримуватися наступних умов: пряма вставка між перевідною і захрестовинною кривими для стрілочних переводів марки 1/9 і 1/11 повинна бути не меншою за 15 м, а марки 1/18 – не меншою за 25 м.

Мінімальна довжина ділянки з незмінним підвищенням зовнішньої рейки в захрестовинній кривій на коліях руху вантажних поїздів повинна бути не меншою 15 м і 20 м – на коліях руху пасажирських поїздів.

2.2.4 Укладка укорочених рейок у кривих ділянках колії.

У кривих ділянках колії зовнішня і внутрішня рейкові нитки мають неоднакову довжину. Внутрішня рейкова нитка у кривій ділянці колії коротша зовнішньої, тому що вона має радіус менший, ніж радіус зовнішньої нитки на відстань $S_1 = 1600$ мм (S_1 – відстань між осями рейок).

Якщо вкладати по внутрішній нитці рейки однакової довжини як і по зовнішній нитці, то стики внутрішньої нитки будуть забігати наперед відносно стиків зовнішньої нитки.

Але на залізничних коліях України взаємне розташування стиків прийнято у прямих і кривих ділянках по накутнику.

Для забезпечення розташування стиків обох рейкових ниток (зовнішньої і внутрішньої) по накутнику по внутрішній нитці поряд з рейками нормальної довжини вкладаються укорочені рейки. Такі рейки виготовляються спеціально для кривих ділянок колії.

При стандартній довжині рейок $\ell = 12,5$ м стандартні скорочені рейки будуть мати такі довжини:

$\ell = 12,46$ (дванадцять і сорок шість сотих) метра;

$\ell = 12,42$ (дванадцять і сорок дві сотих) метра;

$\ell = 12,38$ (дванадцять і тридцять вісім сотих) метра.

При стандартній довжині рейок $\ell = 25,0$ м стандартне скорочення рейок є $\Delta\ell = 80$ або $\Delta\ell = 160$ (вісімдесят або сто шістдесят) міліметрів.

Стандартні скорочені рейки будуть мати такі довжини:

$\ell = 24,92$ або $\ell = 24,84$ (двадцять чотири і дев'яносто дві сотих, або двадцять чотири і вісімдесят чотири сотих) метрів.

З метою скорочення кількості укорочених рейок різної довжини у кілометровому запасі на кожній кривій ділянці прийнятий однаковий тип укорочення.

Забігання стиків повинно бути на прямих ділянках колії не більше ніж 80 міліметрів.

На кривих ділянках колії забігання стиків повинно бути не більше половини стандартного укорочення.

Так при стандартному укороченні $\Delta\ell = 80$ мм забігання стиків повинно бути не більше 40 мм.

При стандартному укороченні $\Delta\ell = 160$ мм забігання стиків повинно бути не більше 80 мм.

Якщо забігання стиків буде більше половини стандартного укорочення, то у цьому місці треба класти укорочену рейку.

Приклад: $\ell = 25,0$ м; $\Delta\ell = 80$ мм. (див. рис. 2.3).

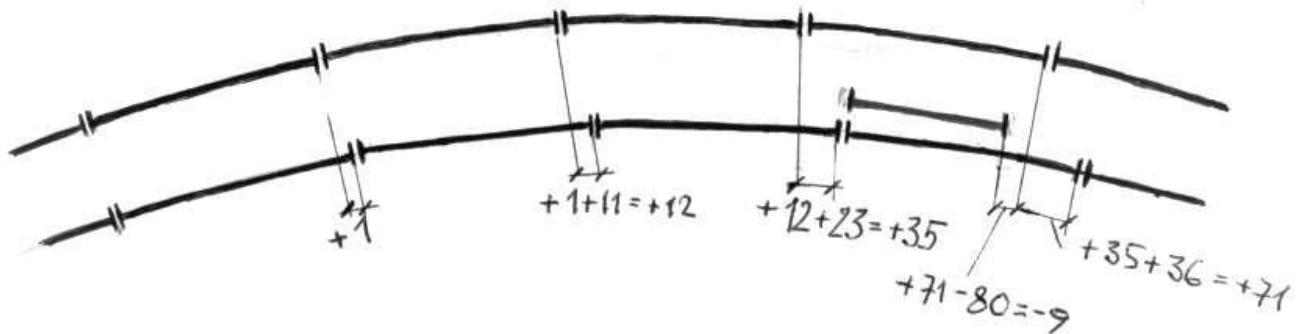


Рисунок 2.3 – Забігання стиків внутрішньої нитки кривої при однакових рейках

При укладанні першої рейки довжиною 25 м забігання дорівнює 1 мм. При укладанні другої рейки довжиною 25 м забігання дорівнює наростаючим підсумком $(1 + 11) = + 12$ мм. При укладанні третьої рейки довжиною 25,0 м забігання дорівнює наростаючим підсумком $(12 + 23) = + 35$ мм.

Норма дотримується.

При укладанні четвертої рейки довжиною 25,0 м забігання дорівнює наростаючим підсумком $(35 + 36) = + 71$ мм, але це більше половини стандартного укорочення - $\Delta\ell = 80/2 = 40$ мм. Тому четверта рейка повинна бути укладена укороченою на 80 мм, тобто її довжина повинна бути $\ell = 24,92$ м. При цьому буде не забігання, а недобігання величиною $(+71 - 80) = - 9$ мм, і так далі...

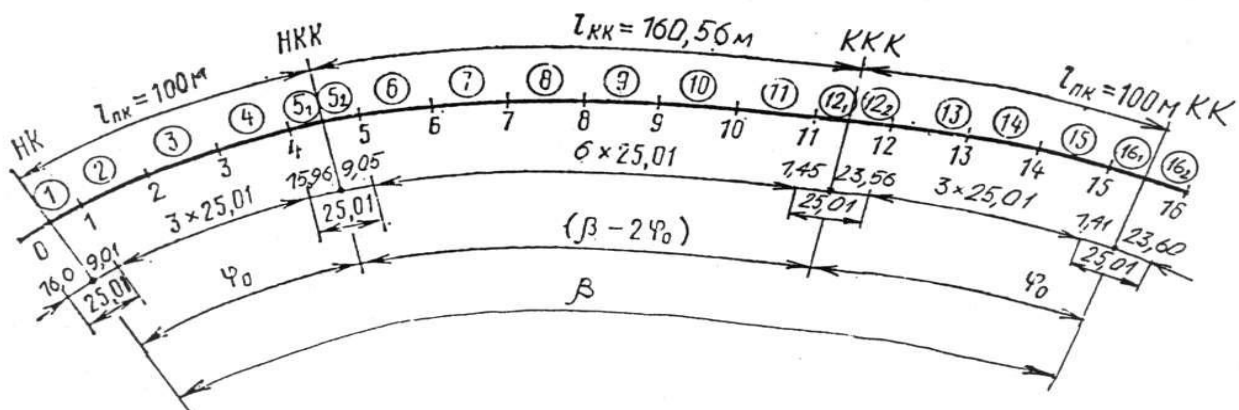
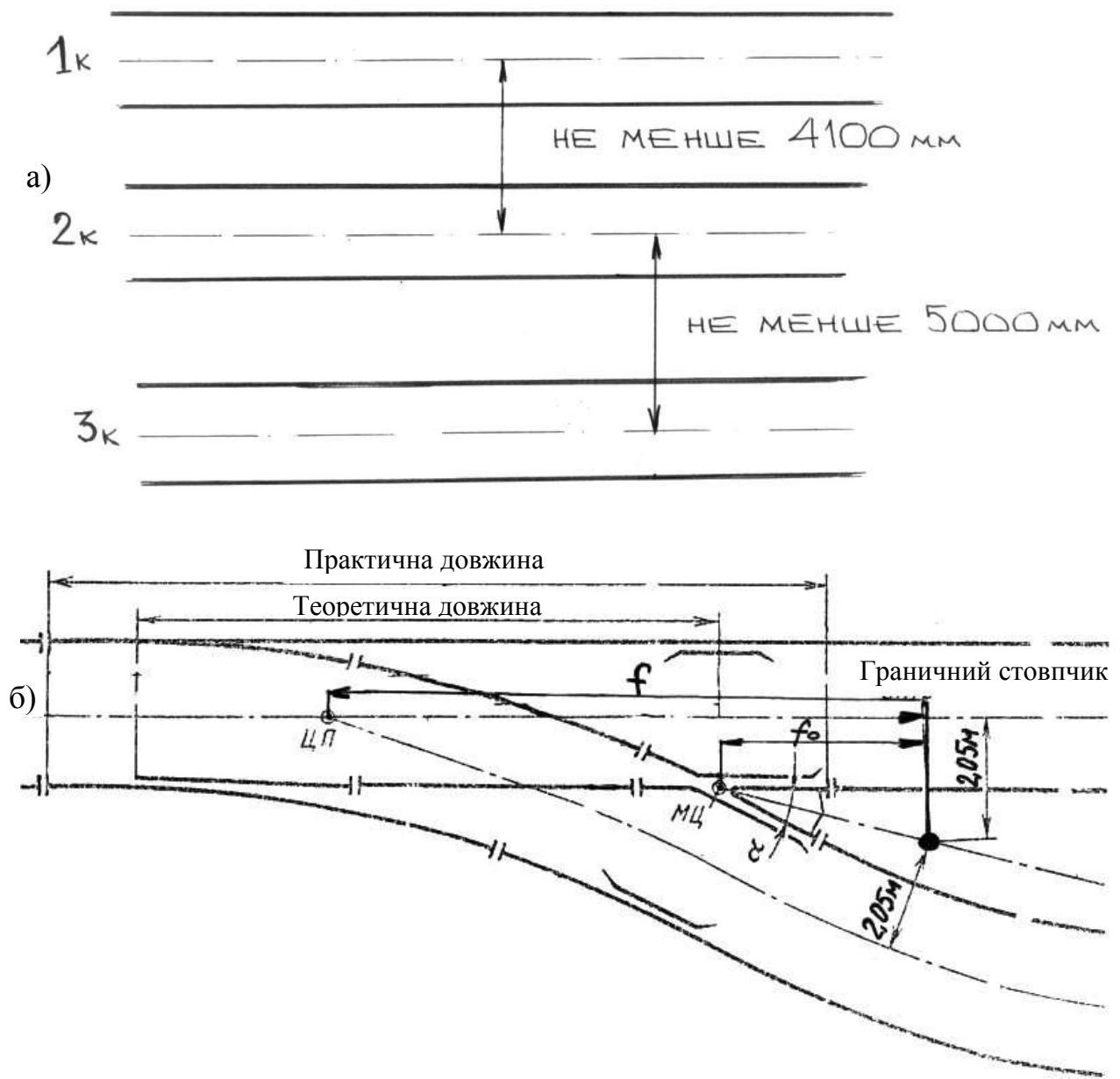


Рисунок 2.4 – Схема для розрахунку укладання укорочених рейок у кривих ділянках колії

2.2.5 Міжколіїні відстані.

Відстані між осями колій на прямих ділянках – повинні бути відповідно до вимог габариту "С":

- між осями головних колій на перегонах двоколіїних ліній на прямих ділянках – не менше 4100 мм;
- між осями другої і третьої колій на перегонах на прямих ділянках – не менше 5000 мм (див. рис. 2.5 а, рис. 2.6);
- між осями колій, що сходяться в місцях установки граничних стовпчиків – не менше 4100 мм (див. рис. 2.5 б, рис. 2.6).



а) для двох колій та для третьої колії; б) для колій, що сходяться

Рисунок 2.5 – Відстані між осями колій на прямих ділянках

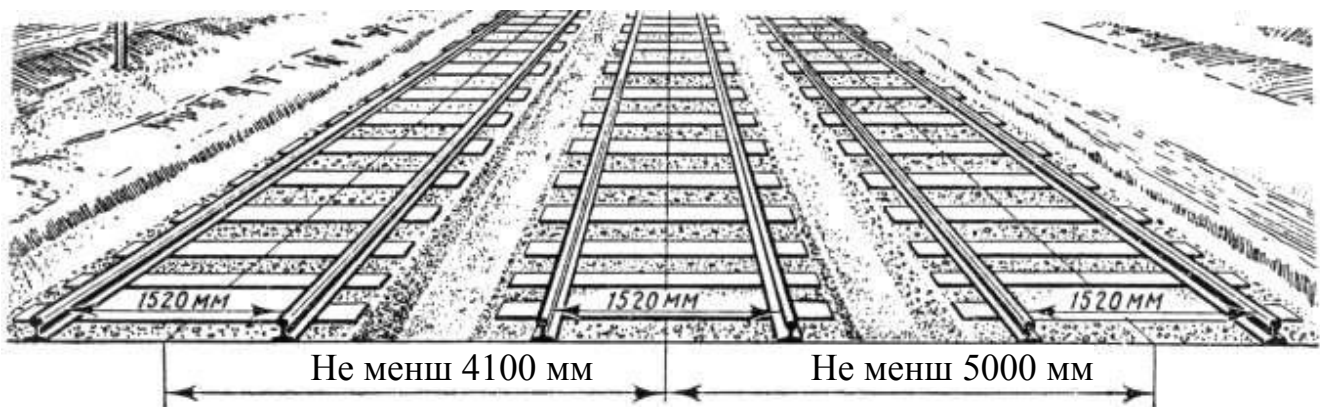


Рисунок 2.6 – Відстані між осями суміжних колій

Відстані між осями суміжних колій на станціях на прямих ділянках повинні бути не менше 4800 мм. На другорядних коліях і коліях вантажних районів – не менше 4500 мм. Відстань між осями колій, призначених для перевантаження вантажів безпосередньо з вагонів у вагон, може бути 3600 мм.

Збільшення міжколійних відстаней у кривих ділянках.

У кривих ділянках колії відстані між осями суміжних колій збільшуються в залежності від:

- радіуса кривої;
- співвідношення підвищення зовнішньої рейки зовнішньої і внутрішньої колій.

Міжколійні відстані у кривих збільшуються, тому що при русі екіпажів їх крайні частини виступають назовні, а середня частина усередину кривої. У зв'язку з цим зменшуються установлені відстані між окремими точками екіпажів.

При зустрічному русі на двоколійних ділянках невідгідне положення окремих частин екіпажів, при якому виникає загроза руху поїздів, якщо колії не будуть зміщені на визначену відстань.

Величина зазначених зміщень тим більша:

- чим менший радіус кривої – R ;
- чим більша відстань l між шворнями візків;
- чим більші довжини " m " виступаючих за шворні кінців екіпажів.

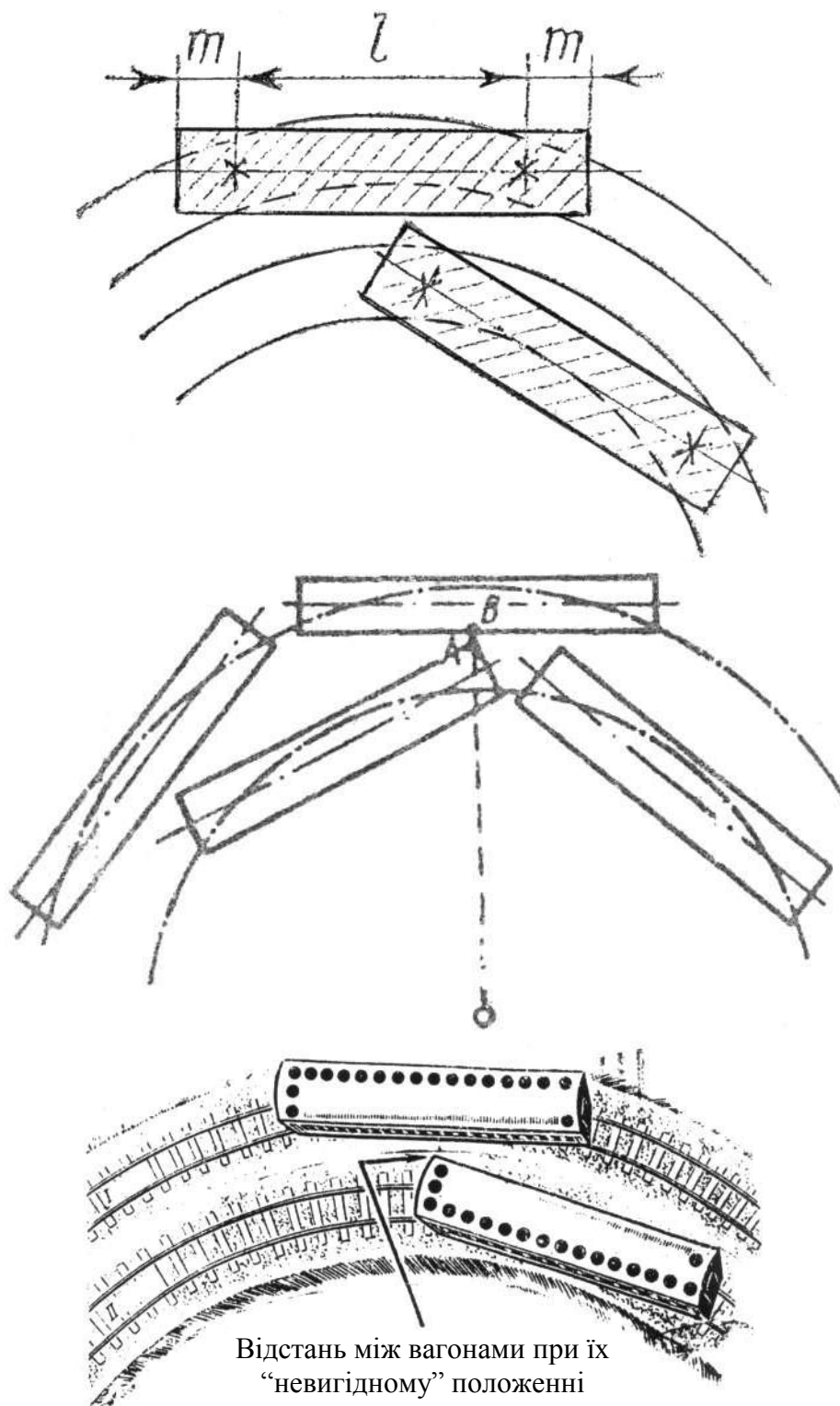


Рисунок 2.7 – Положення екіпажів у кривих
на двоколійних ділянках у плані

У кривих ділянках колії внаслідок підвищення зовнішньої нитки рухомий склад має нахил до центру кривої. Це вимагає додаткового збільшення габаритних відстаней до улаштувань і

споруд у кривих ділянках як на одноколійних, так і на двоколійних ділянках.

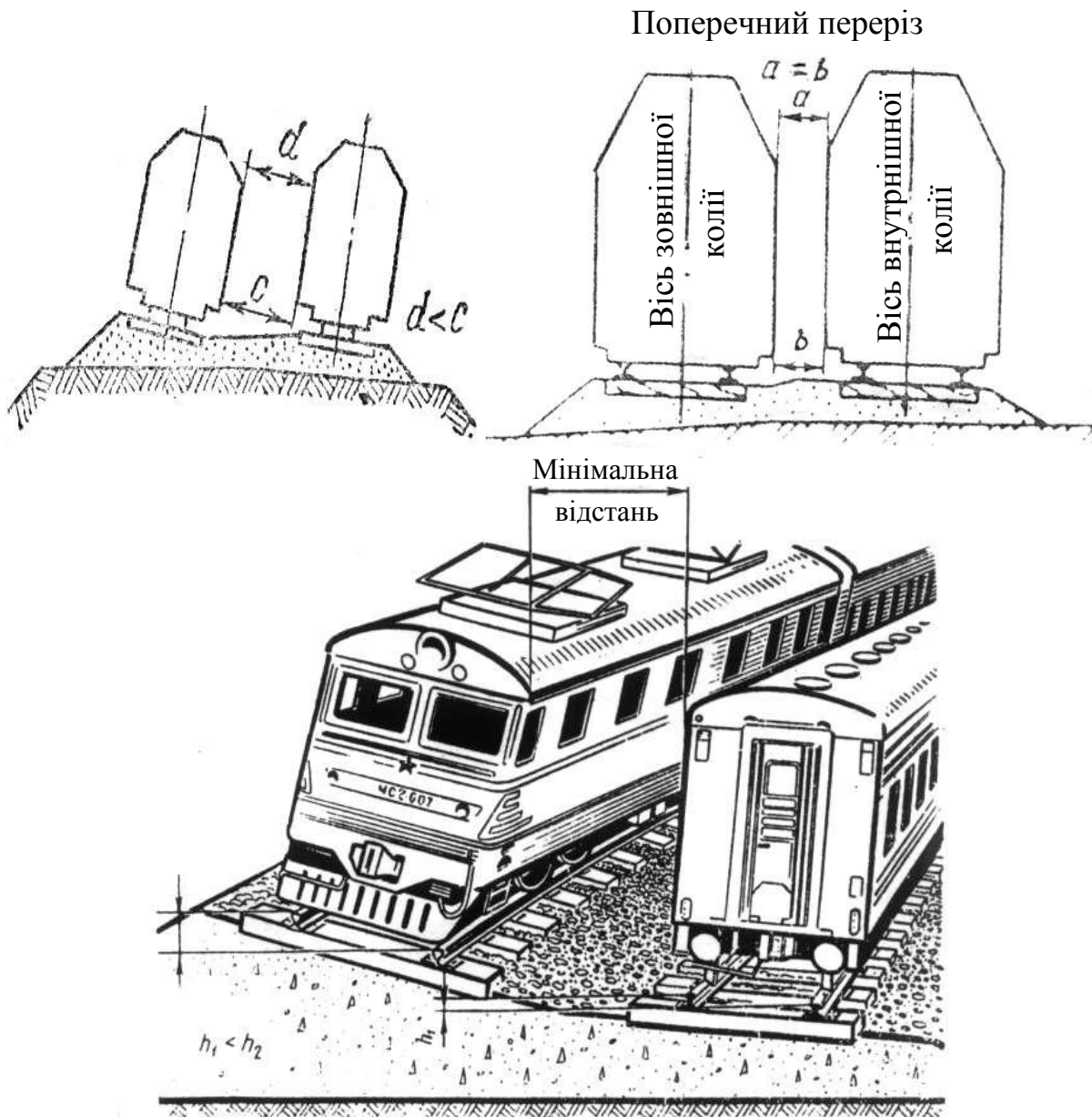


Рисунок 2.8 – Положення рухомого складу в кривій на двоколійній ділянці при однакових ($h_1 = h_2$) і різних значеннях підвищення зовнішніх рейок ($h_1 < h_2$)

На двоколійних ділянках потрібно порівняння співвідношення підвищення зовнішньої рейки зовнішньої і внутрішньої колій.

Якщо підвищення зовнішньої рейки зовнішньої колії більше ніж підвищення зовнішньої рейки внутрішньої колії, то потрібно додаткове збільшення горизонтальних габаритних відстаней.

Таблиця 2.2 – Збільшення міжколіїних відстаней в кривих

Радіус кривої, м	Збільшення відстаней між осями колій на перегонах в межах кривих при підвищенні зовнішньої рейки зовнішньої колії, мм		Радіус кривої, м	Збільшення відстаней між осями колій на перегонах в межах кривих при підвищенні зовнішньої рейки зовнішньої колії, мм	
	більше підвищення зовнішньої рейки внутрішньої колії	рівне або менше підвищення зовнішньої рейки внутрішньої колії		більше підвищення зовнішньої рейки внутрішньої колії	рівне або менше підвищення зовнішньої рейки внутрішньої колії
4000	70	20	700	295	105
3000	96	25	600	310	120
2000	145	35	500	335	145
1800	155	40	400	370	180
1500	185	50	350	395	205
1200	235	60	300	430	240
1000	265	75	250	480	290
800	280	90	200	550	360

На двоколіїних ділянках збільшення міжколіїних відстаней здійснюється двома способами:

1 *Міжколіїна відстань збільшується* на прямих ділянках перед кожною перехідною кривою влаштуванням додаткових двох S-подібних кривих (див. рис. 2.9 а).

Недолік – це поява з кожної сторони кругової кривої на колії, яку відсувають, додаткових кривих.

2 *Спосіб різних зміщень*, при якому приймаються різні параметри "С" для перехідних кривих зовнішньої та внутрішньої колій (див. рис. 2.9 б). Перехідна крива зовнішньої колії влаштовується звичайним порядком.

Параметр "С" перехідної кривої внутрішньої колії підбирається таким чином, щоб зміщення внутрішньої кругової кривої було рівним

$$\rho_{\text{вн}} = P_{\text{н}} + A_0,$$

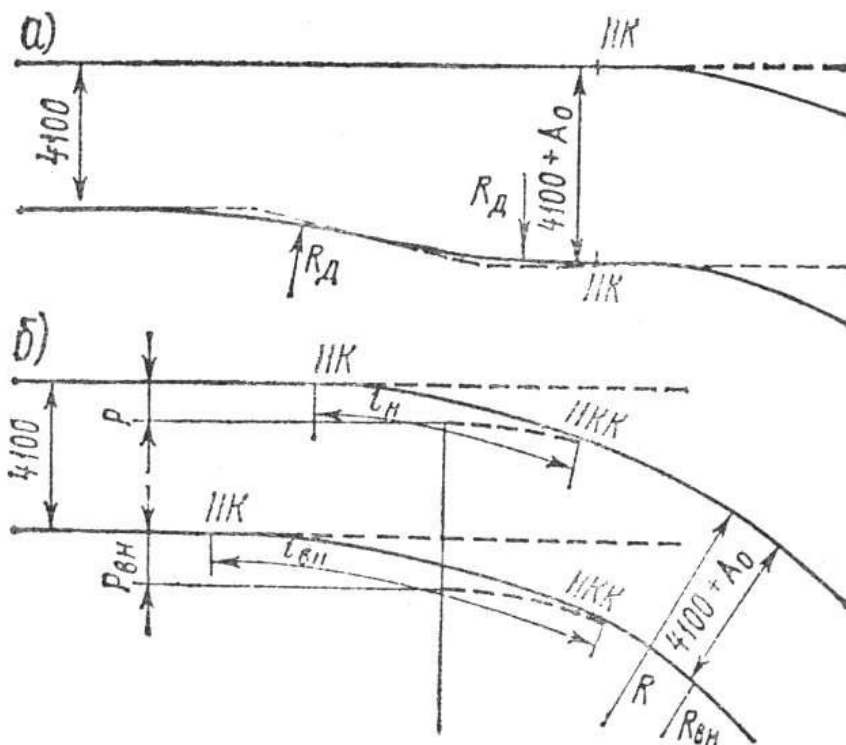
де $\rho_{\text{вн}}$ – зміщення внутрішньої кривої, мм;

$P_{\text{н}}$ – зміщення кругової кривої зовнішньої колії, мм;

A_0 – збільшення відстані між осями колій, мм.

На двоколіїних та багатокіліїних ділянках, якщо крива розташована на уклоні, швидкість руху поїздів по напрямках

руху буде різна, тому підвищення зовнішньої рейки визначають для кожної колії окремо.



а) за рахунок устрою на прямих перед перехідними кривими S-подібних кривих;

б) за рахунок зміни параметра перехідної кривої внутрішньої колії
Рисунок 2.9 – Схеми збільшення відстаней між осями колій в кривих

2.2.6 Підсилення конструкції колії у кривих ділянках.

На колію у кривих ділянках діє доцентрова сила I – див. (2.1). У зв'язку з цим вимоги до колії збільшуються. При цьому передбачається наступне підсилення конструкції колії:

1 Відповідно з п. 3.8 "Правил технічної експлуатації залізниць України" (ПТЕ) на кривих ділянках радіусом $R < 2000$ м земляне полотно розширюється за встановленими нормами.

2 Укладання більш важких, загартованих рейок.

3 Збільшення кількості шпал на один кілометр. У кривих ділянках колії де $R \leq 1200$ м – кількість шпал збільшується до 2000 шт. на км (замість 1840 шт.), а при швидкості руху поїздів більше як 120 км/год – підсилення епюри шпал починається при радіусі $R \leq 2000$ м.

4 Прикріплення підкладок усіма костіями (п'ятьма) при $R \leq 1200$ м;

5 Застосування подовжених несиметричних підкладок. При цьому подовжені несиметричні підкладки на кривих радіусом $R \leq 500$ м укладаються під обома рейковими нитками, а на кривих $R = 501-600$ м – вони укладаються тільки під зовнішньою рейковою ниткою.

6 Застосування лубрикаторів для змащування бокових граней головок рейок.

7 Укладання на кривих ділянках малого радіусу ($R \leq 160$ м) контррейок. Вони укладаються всередині колії уздовж внутрішньої нитки. У дуже крутих кривих контррейки укладаються уздовж обох ниток всередині колії.

8 Застосування стяжок (як правило) на тракційних коліях.

9 Збільшення стабільності колійної решітки за рахунок:

а) збільшення розмірів плеча баластної призми;

б) ущільнення баласту під шпалами, у шпальних ящиках та на укосах баластної призми.

Найбільш доцільне комплексне підсилення конструкції колії у кривих ділянках.

2.3 Проектування і розрахунки рейкової колії

2.3.1 Основні відомості про ходові частини рухомого складу.

Колія і рухомий склад – це єдина механічна система, складові частини якої працюють взаємозалежно, взаємозв'язано. Сили, які передаються від колеса на рейку, так само діють на колесо, а через нього – на інші елементи рухомого складу.

Якщо поліпшити конструкцію вагонів, то це призведе до зниження динамічної дії на рейки, шпали, баласт, а також на колісні пари, підшипники, раму вагона тощо. При поліпшенні поточного утримання колії і відповідно стану рейкової колії зменшуються сили взаємодії рухомого складу і рейкової колії.

Залізничний екіпаж (локомотив, вагон) складається з:

1 – невідвісоленої частини;

2 – відвісоленої частини (відвісоленої будови).

До невідвісоленої частини відносяться маси:

- колісних пар;

- букс;
- дві третини маси ресор.

Взаємозв'язок рейкової колії і ходових частин рухомого складу обумовлений такими особливостями останнього:

- 1 – наявністю гребенів у коліс;
- 2 – конічністю поверхні кочення;
- 3 – поперечними переміщеннями осей, а також наявністю у деяких екіпажів поворотного (шкворневого) візка, або осі;
- 4 – глухою насадкою коліс;
- 5 – паралельністю (рівнобіжністю) осей.

1 Гребені або реборди служать для того, щоб:

- а) колеса не змогли зійти з рейок;
- б) рейки спрямовували колеса в русі.

Гребінь виконує роль керма. Він спирається у рейку і візок повертається.

Таблиця 2.3 – Товщина гребенів при швидкості $V < 120$ км/год.

Рід рухомого складу	Місце вимірювання на відстані від вершини гребеня, мм	Товщина гребеня колійної пари, мм
Локомотиви, при висоті гребеня 30 мм	20	33-25
Рухомий склад з висотою гребеня 28 мм	18	33-25

При швидкості руху поїздів більше 120 км/год мінімальна товщина гребеня $h_{\min} = 28$ мм.

μ – потовщення гребеня вище рівня вимірювання його товщини: для локомотивів – $\mu = 0$; для вагонів – $\mu = 1$ мм.

2 Конічність поверхні кочення коліс прийнята з ухилом 1:20 – це основна частина поверхні кочення для контакту з головкою рейки. У відповідності з цим рейки установлюються не вертикально, а з нахилом у середину колії 1:20. Нахил рейок не повинен бути більше 1:12 (однієї дванадцятої) і менше 1:60 (однієї шістдесятої). Нахил досягається: при дерев'яних шпалах за рахунок підкладок, у яких підрейкова частина має схил 1:20

(одна двадцята), при залізобетонних шпалах – за рахунок поверхні шпал.

Перехід конічності коліс від 1:20 до 1:7 зроблено з метою забезпечення їх перекочування:

- з рамної рейки на гостряк;
- з вусовика на осердя і назад при русі по стрілочних переводах.

Конічність поверхні кочення коліс потрібна з двох причин:

- для забезпечення плавного руху;
- для недопущення створення сідлоподібного (жолобового) зносу поверхні кочення коліс.

При русі на прямих ділянках колії колесо намагається зайняти середнє положення в колії.

Біля краю колеса є фаска завширшки і завдовжки 6 мм, яка необхідна для забезпечення вільного перекочування коліс з одного елемента стрілки і хрестовини на інший.

3 Поперечні розбіги багатоосних екіпажів, здійснені за рахунок різниці шийок осей і буксових підшипників, полегшують вписування цих екіпажів у криві, особливо малого радіуса.

Для поліпшення вписування в криві:

- багато які локомотиви на середині ведучої осі не мають гребенів;
- окремі осі мають можливість повороту навколо шворня, тобто наявність у екіпажа поворотних візків навколо шворнів.

4 Глуха насадка коліс.

Насадка – Т – це відстань між внутрішніми вертикальними гранями ободів коліс. Глуха насадка коліс – це нерухоме прикріплення коліс до осі, так що при обертанні коліс разом з ними обертається і вісь. При вільній насадці і розробці маточини, або частини нижче неї колесо приймає похиле положення до вертикалі, що може бути причиною сходу.

Колісна пара – це вісь з насадженими на неї колесами. Ширина колісної пари – це відстань між робочими гранями гребенів коліс (q).

$T = 1440 \pm 3$ мм – при швидкості до 120 км/год.;

$T = 1440 \pm \frac{3}{1}$ мм – при швидкості більше 120 км/год.;

5 *Паралелізм осей*, об'єднаних жорсткою базою, необхідний для того, щоб усі екіпажі могли безпечно рухатися рейковою колією, яка має певну ширину. У протилежному разі можливий схід.

Жорстка база екіпажа – це відстань між крайніми осями екіпажа, які залишаються паралельними одна одній при русі як прямими, так і кривими ділянками колії. Чим довша жорстка база, тим важче екіпаж вписується в криву, особливо малого радіуса. Повна база – це відстань між крайніми осями екіпажа.

2.3.2 Основні поняття про вписування рухомого складу в криві ділянки.

Розміри рейкової колії повинні бути такими, щоб виключити заклинювання колісних пар рухомого складу, тобто – не менше мінімальних і не більше максимальних.

З іншого боку, розміри ширини колії повинні забезпечувати:

- 1 – найменший опір руху поїздів;
- 2 – найменше зношення рейок і бандажів коліс.

Якби в кривій кожна пара могла стати в напрямі радіусу, то сумарний зазор між гребенями коліс і рейками міг би мати таку саму величину, як і в прямих. При цьому труднощів при вписуванні рухомого складу в криві не виникало б.

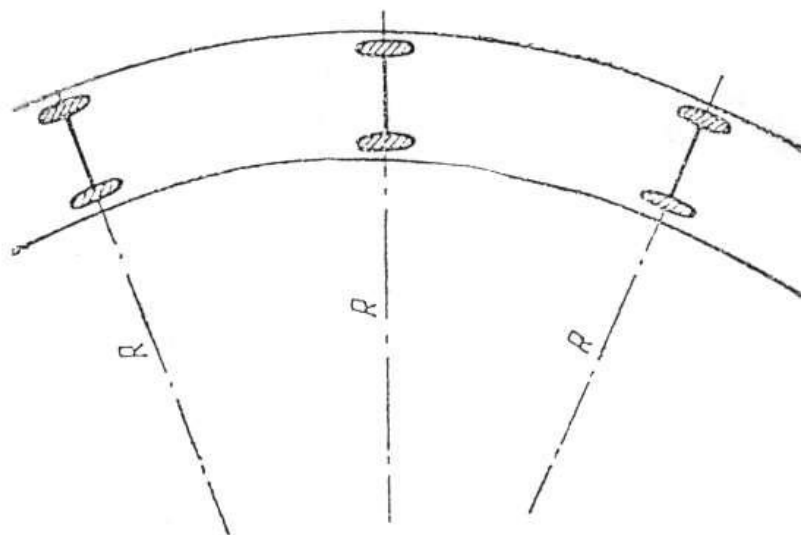


Рисунок 2.10 – Умовна схема розрізу горизонтальною площиною на розрахунковому рівні в кривій у випадку, якби кожна колісна пара могла встановлюватися за радіусом

Однак, в межах жорсткої бази колісні пари завжди паралельні одна одній. Тому максимально тільки одна вісь може в кривій опинитися розташованою за радіусом, а інші – розташовуються під кутом β до напрямку радіуса.

Коли колесо колісної пари, яка йде під кутом до радіусу кривої, притискується до рейки, воно упирається в її головку не серединою, а в точці К, розташованій на відстані b від середини. Ця відстань b називається забігом.

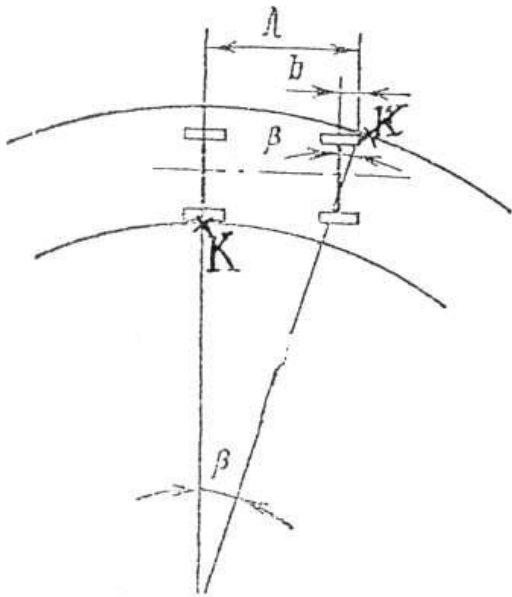


Рисунок 2.11 – Розташування жорсткої бази в кривій

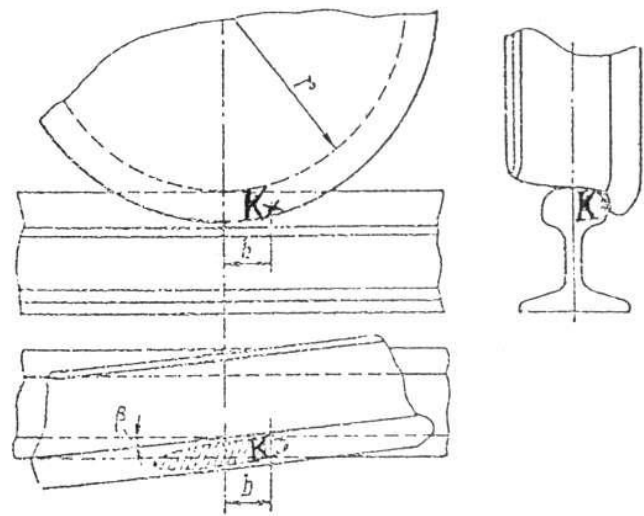


Рисунок 2.12 – Колесо колісної пари, яка знаходиться під кутом до радіусу кривої, у момент притискання його до рейки

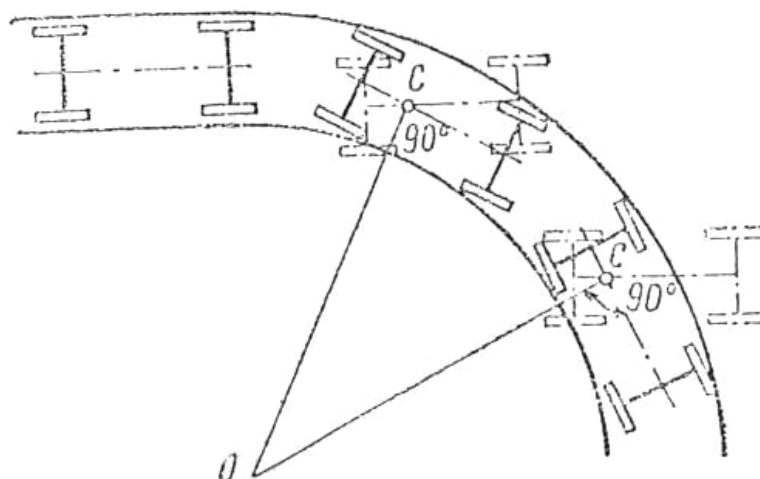


Рисунок 2.13 – Схема безперервного складання двох рухів екіпажу в кривій – поступального (поворот навколо центру “О” кривої) і обертального (поворот навколо точки полюса “С”)

Рух візка або вагона у кривій складається з двох рухів:
а) поступального (поворот навколо центру кривої – O);
б) обертального (поворот навколо точки полюса – C).

Ця точка C розташована на поздовжній осі екіпажу і називається миттєвим центром повороту (рис. 2.13).

Уписуванням рухомого складу в криві називається усталене положення колісних пар в кривій відносно робочих граней рейкових ниток в результаті взаємодії між рейковими нитками і ходовими частинами рухомого складу.

У залежності від ширини колії – S , радіусу кривої – R та довжини жорсткої бази – L уписування може бути:

- вільне;
- заклинюване;
- примусове.

Вільне уписування екіпажу – це таке положення його жорсткої бази, при якому направлення руху екіпажу здійснюється тільки зовнішньою рейковою ниткою, на яку набігає зовнішнє колесо передньої осі. При цьому задня вісь жорсткої бази займає або намагається зайняти радіальне положення, а центр обертання екіпажу C знаходиться на перетині радіусу кривої з поздовжньою геометричною віссю бази екіпажу (див. рис. 2.14).

Окремим випадком вільного уписування є *оптимальне уписування*, при якому:

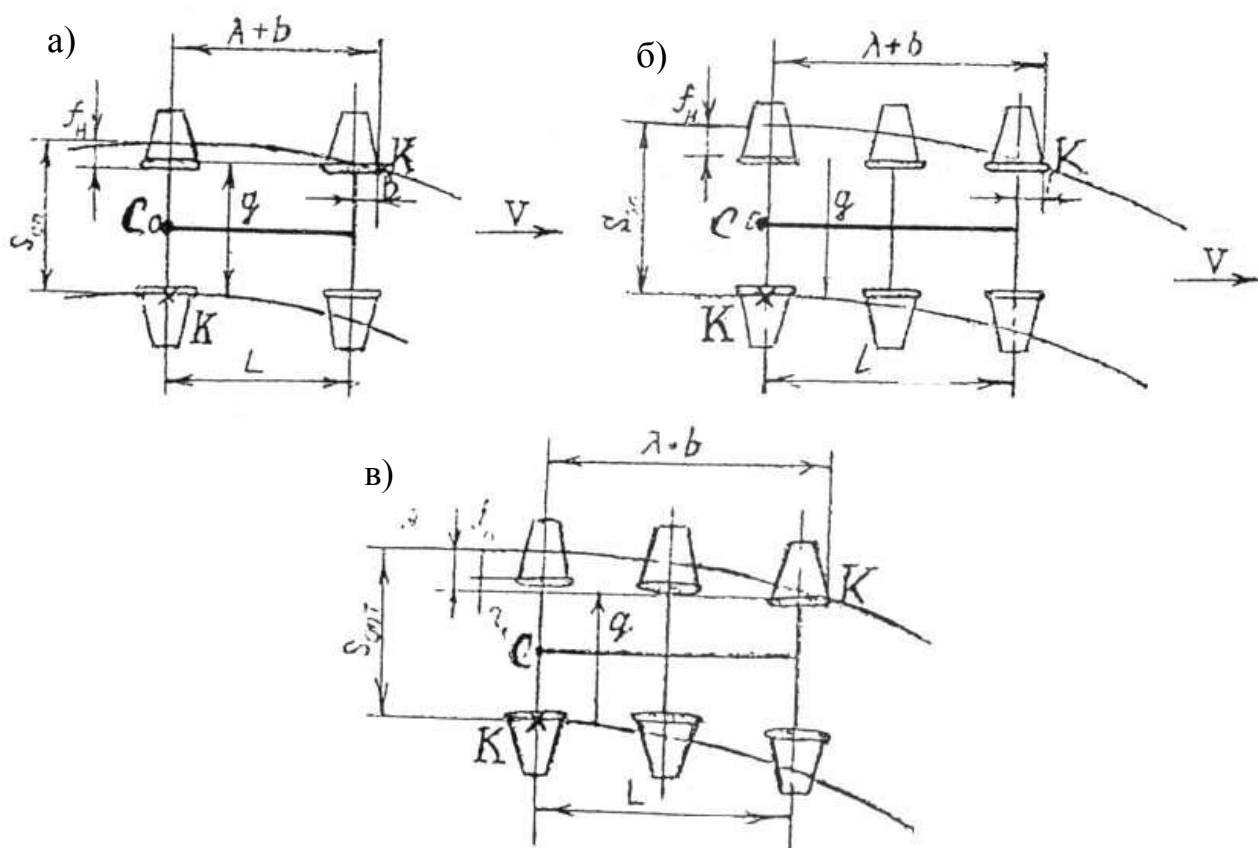
- а) забезпечується мінімальне зношення рейок і коліс;
- б) не допускається провал колісної пари.

Заклинюване уписування – це крайнє положення жорсткої бази, при якому зовнішні колеса крайніх осей жорсткої бази своїми гребенями упираються у зовнішню рейку кривої, а внутрішні колеса – упираються у рейку внутрішньої нитки. Центр обертання знаходиться посередині жорсткої бази. Зазори між гребенями коліс і боковими робочими гранями рейкових ниток – відсутні.

Заклинюване уписування не допускається.

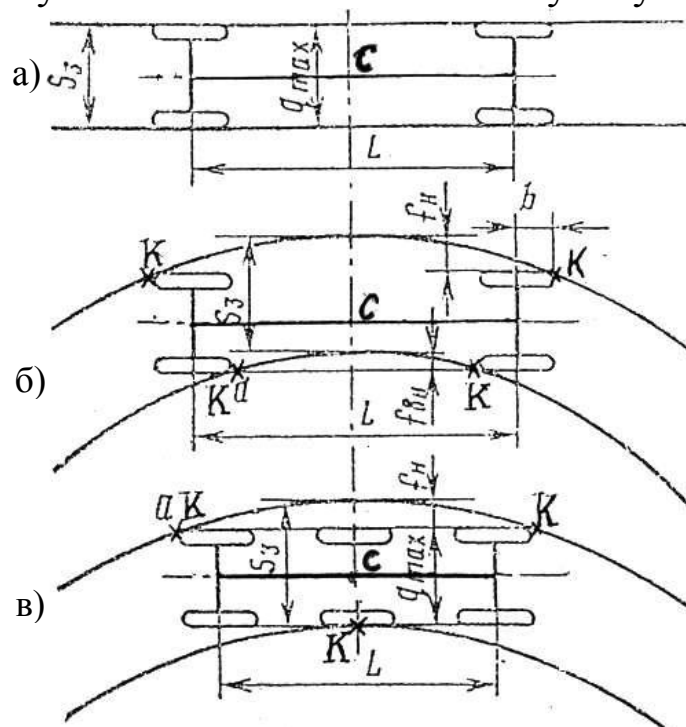
Примусове уписування – характеризується проміжним положенням жорсткої бази між вільним і заклинюваним уписуванням. При цьому між робочою гранню гребеня зовнішнього колеса задньої осі і робочою гранню зовнішньої рейкової нитки існує мінімальний зазор.

Центр обертання займає проміжне положення між його положенням при вільному й заклинюваному уписуванні.



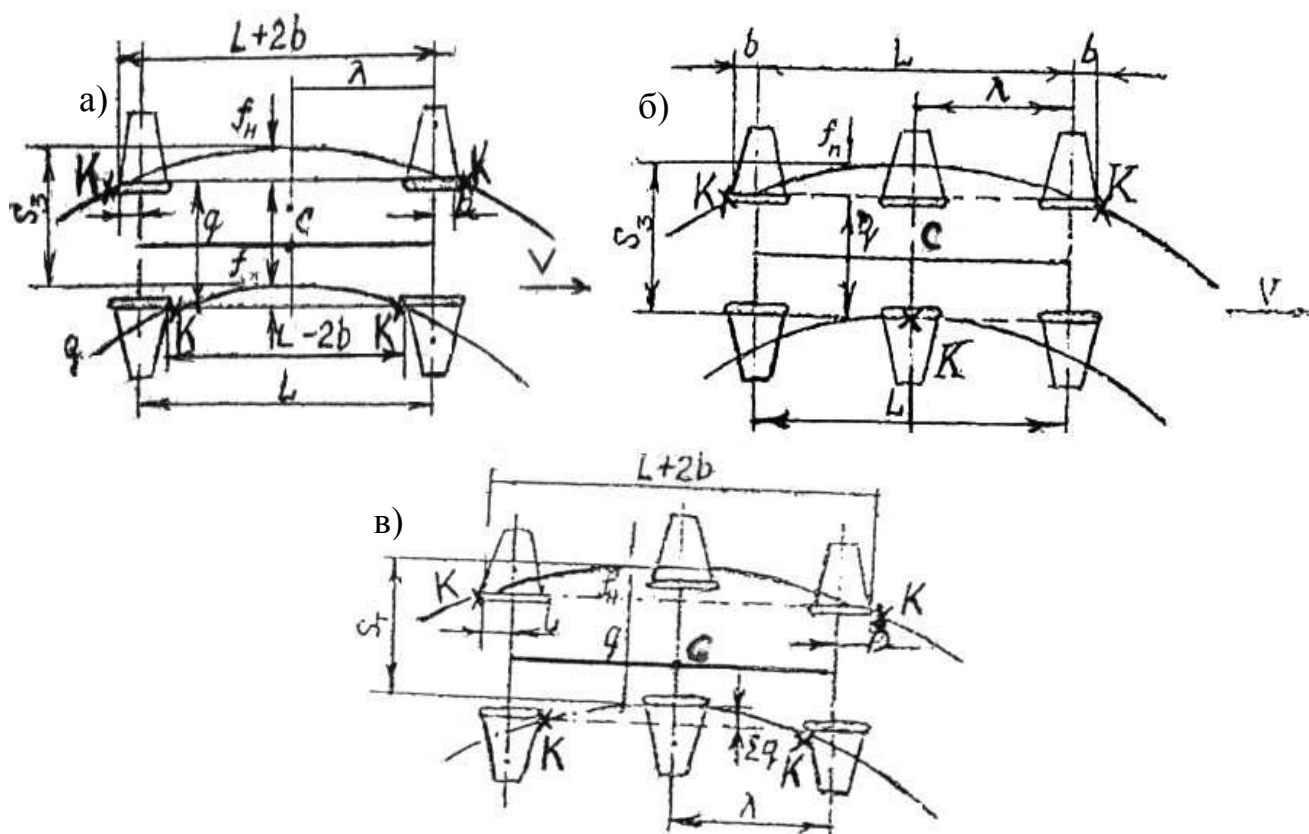
а – уписування двоосного візка; б – уписування трьохвісного візка без поперечних розбігів осей; в – те ж – з поперечними розбігами осей

Рисунок 2.14 – Схеми вільного уписування



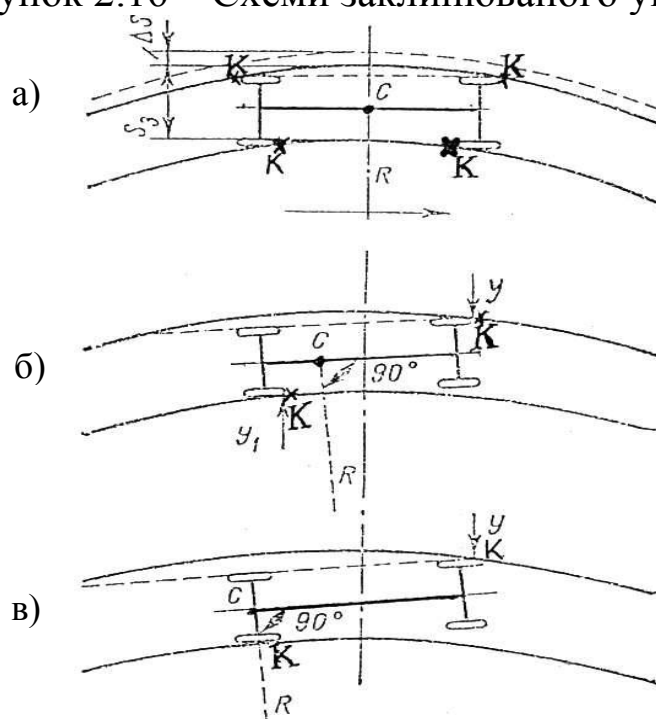
а – у прямій; б, в – у кривій

Рисунок 2.15 – Заклинюване положення колісних пар у колії в межах жорсткої бази



а – уписування двоосного візка; б – уписування трьохвісного візка без поперечних розбігів осей; в – те ж – з поперечними розбігами осей

Рисунок 2.16 – Схеми заклинюваного уписування



а) при заклинюваному уписуванні (злиті лінії); б) при примусовому уписуванні; в) при вільному уписуванні

Рисунок 2.17 – Положення полюса повороту в залежності від ширини колії

Конструктивні особливості рухомого складу, які полегшують його уписування у криві ділянки.

- 1) Частину осей багатоосних локомотивів включають в окремі візки, чим зменшують довжину жорсткої бази – L . Наприклад, локомотив ФД має 8 осей, одна з бігунками і дві задні підтримуючі осі, відокремлені в окремі візки. В результаті довжина жорсткої бази дорівнює $L = 5,85$ м. Якби усі 8 осей були в одній рамі, тоді довжина жорсткої бази була б $L = 12,6$ м.
- 2) Середню колісну пару одиниць рухомого складу з довгою базою формують без гребенів.
- 3) Окремі колісні пари виготовляють з поперечними розбігами в буксах.

2.3.3 Визначення ширини колії.

Визначення мінімального, максимального і оптимального зазорів “ δ ” між ребордою колеса та рейкою у прямих ділянках колії.

Якщо поставити колісну пару у прямій ділянці колії на рейки, так щоб гребінь одного колеса був притиснутий до рейки, то між гребенем другого колеса і робочою гранню головки рейки буде зазор δ (див. рис.2.18).

Визначаємо мінімальну величину зазору δ :

$$\delta_{\min} = S_{\min} - q_{\max} + E_s = S_{\min} - (T_{\max} + 2h_{\max} + 2\mu \pm E_q) + E_s, \quad (2.11)$$

де $S_{\min}$ – мінімальна ширина колії, мм;

$q_{\max}$ – максимальна ширина колісної пари, мм;

$T_{\max}$ – максимальна відстань між внутрішніми вертикальними ободами коліс, мм;

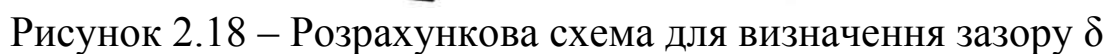
$h_{\max}$ – максимальна товщина гребеня, мм;

μ – потовщення гребеня вище розрахункової площини, мм;

E_s – величина пружного віджимання рейкової колії, мм, $E_s = 2$ мм;

E_q – вплив згину осі рухомого складу, мм, $E_q = -2$ мм – для вагонних коліс, $E_q = -1$ мм – для коліс електровозів і тепловозів; $E_q = +1$ мм – для коліс паровозів.

$$\delta_{\min} = 1520 - 4 - (1440 + 3 + 2 \cdot 33 + 2 \cdot 1 + 1) + 2 = 6 \text{ мм.}$$


$$\delta_{\max} = S_{\max} - (T_{\min} + 2h_{\min} + 2\mu \pm E_q) + E_s, \quad (2.12)$$
$$\delta_{\max} = 1520 + 8 - (1440 - 3 + 2 \cdot 25 + 2 \cdot 1 - 2) + 2 = 45 \text{ mm.}$$

Визначаємо нормальну величину зазору δ :

$$\delta_{\text{норм}} = S_{\text{H}} - (T_{\text{H}} + 2h_{\text{H}} + 2\mu \pm E_{\text{q}}) + E_{\text{s}}, \quad (2.13)$$

де S_n – нормальна ширина колії, мм;

T_n – нормальна відстань між внутрішніми вертикальними ободами коліс, мм;

h_H – нормальна товщина гребеня, мм;

$$\delta_{\max} = 1520 - (1440 + 2 \cdot 33 + 2 \cdot 1 - 2) + 2 = 16 \text{ mm.}$$

Визначення оптимальної ширини колії у кривій.

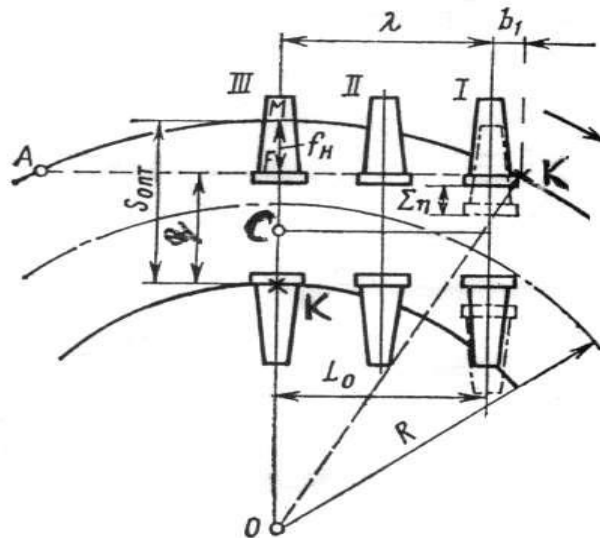


Рисунок 2.19 – Розрахункова схема вільного уписування в криву

На рис. 2.19 введені наступні позначення:

$S_{\text{опт}}$ – оптимальна ширина колії;

R – радіус кривої;

О – центр обертання екіпажу;

q – ширина колісної пари;

С – центр повороту екіпажу;

 f_n – стріла вигину зовнішньої рейки при хорді А-Б;

L_0 – жорстка база екіпажу;

λ – відстань від центра повороту екіпажу до геометричної осі крайнього колеса, яке упирається в зовнішню рейку, $\lambda = L_0$;

b – відстань від геометричної осі першої колісної пари до точки торкання гребеня колеса з рейкою;

$\Sigma\eta$ – сума поперечних розбігів колісних пар заданого екіпажу.

За розрахункову схему при визначенні оптимальної ширини колії приймаємо схему вільного уписування (рис. 2.19а).

Необхідну для вільного уписування ширину колії $S_{св}$ для жорстких баз з будь-якою кількістю осей визначаємо за формулою:

$$S_{св} = S_n + f_n - \delta_{min} - y_1, \quad (2.14)$$

де S_n – нормальна ширина колії, установлена ПТЕ для прямих ділянок колії, мм;

f_n – стріла вигину зовнішньої рейкової нитки, мм;

δ_{min} – величина мінімального зазору між боковими робочими гранями головок рейкових ниток і гребенями коліс, мм (розраховується за формулою 2.11);

y_1 – поперечний розбіг першої по ходу руху колісної пари, мм, (приймається за завданням).

Визначаємо стрілу вигину зовнішньої рейкової нитки f_n при півхорді λ :

$$f_n = \frac{\lambda^2}{2 \cdot R} = \frac{(L_0 + b)^2}{2 \cdot R}, \quad (2.15)$$

де λ – відстань від центру обертання екіпажу до геометричної осі крайнього колеса, мм;

L_0 – довжина жорсткої бази екіпажу, мм;

b – величина забігу точки торкання гребеня відносно осі, мм;

R – радіус кривої, м.

Визначаємо величину забігу точки торкання гребеня b :

$$b = \frac{l_1 \cdot r \cdot \operatorname{tg} \tau}{R}, \quad (2.16)$$

де l_1 – відстань від полюсу повороту жорсткої бази до її передньої осі, мм, при вільному уписуванні $l_1 = L_0$;

r – радіус колеса розрахункового екіпажу, мм

τ – кут нахилу робочої грані гребеня колеса до горизонту, ° (градуси); приймається для локомотивних коліс $\tau_{\text{л}} = 70^\circ$; $\text{tg } \tau_{\text{л}} = 2,747$; для вагонних – $\tau_{\text{в}} = 60^\circ$; $\text{tg } \tau_{\text{в}} = 1,732$.

Отриману таким чином ширину колії для забезпечення вільного вписування $S_{\text{св}}$ порівнюємо з шириною колії, установленною ПТЕ для кривої заданого радіусу.

Якщо виявиться, що:

- $S_{\text{св}} \leq S_{\text{ПТЕ}}$ – буде забезпечуватися вільне уписування розрахункового екіпажу в криву заданого радіусу;
- $S_{\text{св}} > S_{\text{ПТЕ}}$ – вільне вписування в задану криву відбуватися не буде. В цьому випадку перевіряється можливість примусового уписування.

Приклад. <u>Вихідні дані:</u> 2ТЭ10Л $r = 525$ мм; $\tau_{\text{л}} = 70^\circ$; $\text{tg } \tau_{\text{л}} = 2,747$; $L = 4200$ мм; $R = 310$ м; $\Sigma\eta = 14$ мм; $y_1 = 1,5$ мм. Кількість осей жорсткої бази – 3	$S_{\text{св}} = S_{\text{н}} + f_{\text{н}} - \delta_{\text{min}} - y_1$ $S_{\text{н}} = 1520 \text{ мм}$ $b_0 = \frac{L_0 \cdot r \cdot \text{tg} \tau}{R} = \frac{4200 \cdot 525 \cdot 2,747}{310000} = 19,539 \text{ мм}$ $f = \frac{(L_0 + b)^2}{2 \cdot R} = \frac{(4200 + 19,539)^2}{2 \cdot 310000} = 28,7 \text{ мм}$ $\delta_{\text{min}} = 7 \text{ мм}$ $S_{\text{св}} = 1520 + 28,7 - 7 - 1,5 = 1540,2 \text{ мм.}$ <u>Висновки.</u> $S_{\text{св}} = 1540,2 \text{ мм} > S_{\text{ПТЕ}} = 1535$, отже вільне вписування не забезпечується.
---	---

Визначення мінімально допустимої ширини колії у кривій.

При визначенні мінімально допустимої ширини колії S_{min} за розрахункову приймається схема заклиненого уписування екіпажу, при якій зовнішні колеса крайніх осей жорсткої бази ребордами упираються в зовнішню рейку кривої, а внутрішні колеса середньої осі – в рейку внутрішньої нитки.

Заклинене вписування – це таке вписування, при якому колеса кожної пари двоосного візка упираються гребенями в обидві рейкові нитки.

Зазори між гребенями коліс і боковими робочими гранями рейкових ниток відсутні, тобто колісні пари не мають ніякої поперечної свободи переміщення в рейковій колії – колісна пара заклинена рейковими нитками.

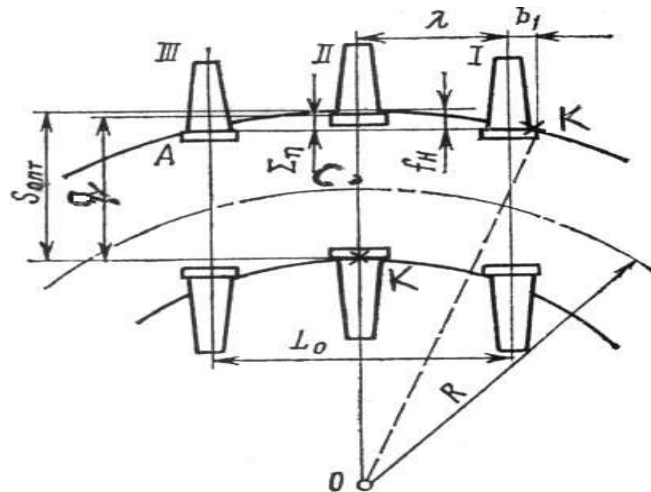


Рисунок 2.20 – Розрахункова схема вписування при визначенні мінімально допустимої ширини колії

На даному рисунку:

$S_{\text{опт}}$ – ширина колії;

q – ширина колісної пари;

R – радіус кривої;

λ – відстань від центра повороту екіпажу до геометричної осі крайнього колеса, яке упирається в зовнішню рейку, $\lambda = L_0/2$;

L_0 – жорстка база екіпажу;

i – відстань від точки C до осі другої колісної пари;

f_n – стріла вигину зовнішньої рейки при хорді А-Б;

f_b – стріла вигину внутрішньої рейки при хорді А-Б;

b_1 – відстань від геометричної осі п'ятої (або першої) колісної пари до точки торкання гребеня колеса із зовнішньою рейкою;

b_2 – відстань від геометричної осі четвертої (або другої) колісної пари до точки торкання гребеня колеса із внутрішньою рейкою;

$\Sigma \eta$ – сума поперечних розбігів осей.

Розрахунок ширини колії, при якій можливе примусове вписування розрахункового екіпажу в задану криву, виконується за формулами, виведеними окремо для вписування двоосного візка і окремо триосного візка з урахуванням і без урахування поперечних розбігів осей.

Розглянемо можливі випадки:

а) якщо визначається розрахунком ширина колії для примусового уписування розрахункового екіпажу з двоосними візками, то для цього випадку ширину колії (в мм) визначаємо за формулою:

$$S_{\text{пр}} = S_{\text{зак}} + \delta_{\text{min}} = S_{\text{н}} + f_{\text{н}} - f_{\text{в}}, \quad (2.17)$$

де $f_{\text{н}}$ – стріла вигину зовнішньої рейки, мм, визначається за формулою:

$$f_{\text{н}} = \frac{(L + 2 \cdot b)^2}{8 \cdot R}, \quad (2.18)$$

де $f_{\text{в}}$ – стріла вигину внутрішньої рейки, мм, визначається за формулою:

$$f_{\text{в}} = \frac{(L - 2 \cdot b)^2}{8 \cdot R}, \quad (2.19)$$

$S_{\text{н}}$ – нормальна ширина колії, встановлена ПТЕ для прямих ділянок колії, мм, $S_{\text{н}} = 1520$ мм;

b – величина забігу, мм, визначається:

$$b = \frac{L \cdot r \cdot \text{tg}\tau}{2 \cdot R} = \frac{\ell_1 \cdot r \cdot \text{tg}\tau}{R}, \quad (2.20)$$

де $\ell_1 = \frac{L}{2}$ – відстань від центру повороту візка до передньої осі

при примусовому вписуванні, мм;

L – довжина жорсткої бази, мм;

R – радіус кривої, м.

б) якщо визначається розрахунком ширина колії для примусового вписування розрахункового екіпажу з триосним візком без наявності полегшуючих пристроїв, то для цього випадку необхідна ширина колії (в мм) буде:

$$S_{\text{пр}} = S_{\text{н}} + f_{\text{н}}. \quad (2.21)$$

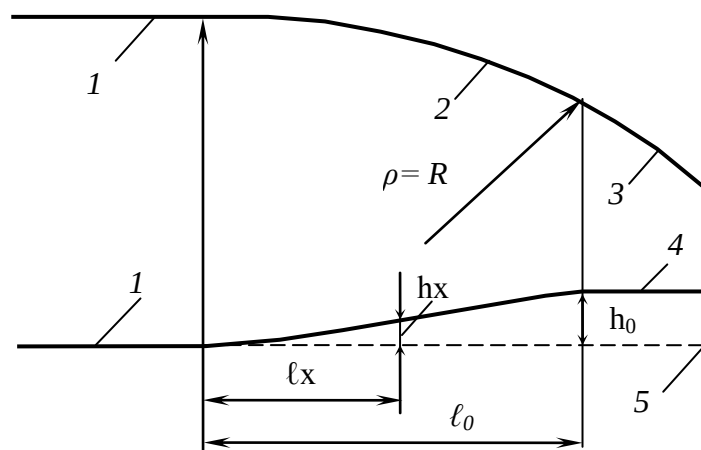
в) якщо осі розрахункового екіпажу мають поперечні розбіги і сума поперечних розбігів колісних пар ($\Sigma\eta$) більше або дорівнює стрілі вигину зовнішньої рейки ($f_{\text{н}}$), тобто $\Sigma\eta \geq f_{\text{н}}$, тоді ширина колії (в мм) для забезпечення примусового вписування визначається за формулою (2.17). При цьому стріли вигину зовнішньої та внутрішньої рейки, мм, визначаються за формулами (2.18) і (2.19).

Якщо сума поперечних розбігів колісних пар розрахункового екіпажу ($\Sigma\eta$) менша стріли вигину зовнішньої рейки, тобто $\Sigma\eta < f_{\text{н}}$, тоді

$$S_{\text{пр}} = S_{\text{н}} + f_{\text{н}} - \Sigma\eta. \quad (2.22)$$

2.3.4 Розрахунок основних елементів для розбивки перехідної кривої.

Визначення довжини перехідної кривої з умови плавного відводу підвищення зовнішньої рейки.



1 – пряма; 2 – перехідна крива; 3 – кругова крива; 4 – рівень головки зовнішньої рейки; 5 – рівень головки внутрішньої рейки

Рисунок 2.21 – Схема положення перехідної кривої в плані

$$\ell_o = \frac{h_o}{i}, \quad (2.23)$$

де h_o – підвищення зовнішньої рейки, мм; приймаємо значення $h = 100$ мм;

i – установлена норма ухилу відводу підвищення зовнішньої рейки, що забезпечує безпеку від сходження коліс з рейок внутрішньої нитки, прийнята в залежності від швидкості руху поїздів, ‰;

При $V \leq 120$ км/год, $i = 0,001$, тобто $i = 1$ ‰;

При $V = 120-160$ км/год, $i = 0,00067$, тобто $i = 1,5$ ‰.

$$\ell_o = \frac{100}{0,001} = 100 \text{ м}; \quad \ell_o = \frac{100}{0,00067} = 149,25 \text{ м}.$$

Перевірка довжини перехідної кривої з умови обмеження швидкості підйому колеса

$$i_{\max} \leq \frac{V_{\text{доп}}}{V_{\max}}, \quad i_{\max} \leq \frac{h}{\ell_o} = \frac{1}{10 \cdot V_{\max}}, \quad (2.24)$$

де $V_{\max}$ – максимальна швидкість руху поїзда по даній кривій, км/год.;

$V_{\text{доп}}$ – допустима швидкість підйому колеса на підвищення, км/год.;

$$i_{\max} = \frac{0,1 \text{ км/год}}{130 \text{ км/год}} = \frac{1}{10 \cdot 130} = 0,00076,$$

тому що $i_{\max} = 0,00076 < i_{\text{уст}} = 0,00067$ умова не виконана.

Швидкість підйому колеса по зовнішній рейці не повинна перевищувати $28 \text{ мм/с} = \frac{1}{10} \text{ км/год}$.

$$i = \frac{h}{\ell_1} = \frac{1}{10 \cdot V_{\max}} = \frac{0,1 \text{ км/год}}{V_{\max} \text{ км/год}}. \quad (2.25)$$

На підставі цих умов прийнята формула, по якій на практиці визначається $\ell_{\text{пк}}$.

Довжина перехідної кривої

$$\begin{aligned} \ell_1 &= 1000 \cdot h, & \ell_1 &= 10 \cdot h \cdot V_{\max}. \\ \ell_1 &= 1000 \cdot 100 = 100 \text{ м}, & \ell_1 &= 10 \cdot 100 \text{ мм} \cdot 130 \text{ км/год} = 130 \text{ м}. \end{aligned} \quad (2.26)$$

Перевірка довжини перехідної кривої з умови обмеження зміни непогашеного горизонтального прискорення

$$\ell_2 = \frac{a_{\text{нп}} \cdot V_{\text{max}}}{3,6 \cdot \psi}, \quad (2.27)$$

де $a_{\text{нп}}$ – величина непогашеного прискорення, м/с²; $a_{\text{нп}}=0,7\text{м/с}^2$;

V_{max} – максимальна швидкість руху поїздів, км/год;

ψ – розрахункова припустима величина зміни непогашеного прискорення в одиницю часу, м/с³; $\psi = (0,3 \div 0,6) \text{ м/с}^3$.

Величина ψ не повинна перевищувати 0,6 м/с³.

Приймаємо $\psi=0,5\text{м/с}^3$.

$$\ell_2 = \frac{0,7 \cdot 130}{3,6 \cdot 0,3} = 84,26\text{м},$$

$$\ell_2 = \frac{0,7 \cdot 130}{3,6 \cdot 0,5} = 50,5\text{м}.$$

Визначення довжини перехідної кривої за СНіП II-39-76(табл.2.4).

В залежності від величини радіуса $R = 1000 \text{ м}$, категорії лінії – I і зони швидкостей руху – 1 приймаємо довжину перехідної кривої $\ell_{\text{пк}} = 180 \text{ м}$.

Таблиця 2.4 – Довжина перехідних кривих в залежності від зони руху поїздів та радіуса кривої

Радіус кривої, м	Довжина перехідних кривих на залізничних лініях і під'їзних коліях, м					
	І категорії при швидкостях поїздів до 120 км/год та II категорії			III категорії		
	Зони швидкостей руху поїздів					
	1	2	3	1	2	3
4000	40	20	20	20	20	20
3000	60-40	40-20	20	40-30	30-20	20
2500	80-60	40-20	20	40-30	30	20
2000	100-80	60-40	20	60-40	40-30	20
1500	120-100	80-60	30	80-60	50-40	20
1200	160-140	100-80	40-30	80-60	60-50	20
1000	180-140	120-100	40-30	100-80	80-60	40-30
800	180-140	140-100	60-40	140-100	100-80	40-30
700	180-140	160-120	80-40	160-120	100-80	40-30
600	180-140	160-140	100-60	160-120	120-100	60-30

Визначення нового значення крутості відводу підвищення зовнішньої рейки

$$i = \frac{h_0}{\ell_{\text{пк}}}, \quad (2.28)$$

де h_0 – величина розрахованого значення підвищення зовнішньої рейки, мм;

$\ell_{\text{пк}}$ - остаточне значення довжини перехідної кривої, м.

$$i_0 = \frac{100}{180 \cdot 1000} = 0,0005.$$

Визначення параметра перехідної кривої

$$C = R \cdot \ell_{\text{пк}}, \quad (2.29)$$

де C – параметр перехідної кривої, м²;

R – радіус кривої, м;

$\ell_{\text{пк}}$ - довжина перехідної кривої, м.

$$C = 1000 \cdot 180 = 180\,000 \text{ м}^2.$$

Визначення виду перехідної кривої і координат для її розбивки.

Перевірка можливості застосування в якості перехідної кривої кубічної параболи

$$R \geq 1,602 \cdot C^{5/9}, \quad (2.30)$$

де R – радіус кривої, м;

C – параметр перехідної кривої, м².

$$R \geq 1,602 \cdot \sqrt[9]{C^5} = 1,602 \cdot \sqrt[9]{180000^5} = 1331,24 \text{ м.}$$

$$1,602 \cdot 180000^{5/9} = 1331,246 \text{ м} > 1000 \text{ м.}$$

Отже, умова для розбивки перехідної кривої за законом кубічної параболи не виконана.

В якості перехідної кривої застосовується крива, що розбивається за законом радіоїдальної спіралі.

Визначення ординат перехідної кривої.

Користаючись рівнянням радіоїдальної спіралі визначаємо ординати перехідних кривих через інтервали в 10 м, звівши підрахунки в табл. 2.5.

$$y = \frac{\ell^3}{6 \cdot C} - \frac{\ell^7}{336 \cdot C^3} + \frac{\ell^{11}}{42240 \cdot C^5}, \quad (2.31)$$

$$y = \frac{x^3}{6 \cdot C} \cdot \left(1 - \frac{x^4}{56 \cdot C^2} \right), \quad (2.32)$$

де x – абсциса перехідної кривої, м;

C – параметр перехідної кривої, м².

Таблиця 2.5 – Визначення ординат перехідної кривої

$x, \text{ м}$	$y = \frac{x^3}{6 \cdot C} \cdot \left(1 - \frac{x^4}{56 \cdot C^2} \right), \text{ м}$	$x, \text{ м}$	$y = \frac{x^3}{6 \cdot C} \cdot \left(1 - \frac{x^4}{56 \cdot C^2} \right), \text{ м}$
$x_1=10$		$x_{10}=100$	
$x_2=20$		$x_{11}=110$	
$x_3=30$		$x_{12}=120$	
$x_4=40$		$x_{13}=130$	
$x_5=50$		$x_{14}=140$	
$x_6=60$		$x_{15}=150$	
$x_7=70$		$x_{16}=160$	
$x_8=80$		$x_{17}=170$	
$x_9=90$		$x_{18}=180$	$y_{18}=5,397 \text{ м}$

Наприклад, для абсциси $x_{18} = 180$ м одержимо ординату

$$y = \frac{180^3}{6 \cdot 1000 \cdot 180} \cdot \left(1 - \frac{180^4}{56 \cdot (1000 \cdot 180)^2} \right) = 5,4 \cdot (1 - 0,0005) = 5,397 \text{ м.}$$

Якщо умова (2.30) виконується, то розбивка перехідної кривої виконується за рівнянням кубічної параболи

$$\mathbf{y} = \frac{\mathbf{x}^3}{6 \cdot \mathbf{C}}. \quad (2.33)$$

Користаючись цим рівнянням визначаємо ординати перехідних кривих через інтервали, зводячи підрахунки в табл. 2.6

Таблиця 2.6 – Визначення ординат перехідних кривих

X, M	$y = \frac{x^3}{6 \cdot C}$, M	X, M	$y = \frac{x^3}{6 \cdot C}$, M
x ₁ =10		x ₁₀ =100	
x ₂ =20		x ₁₁ =110	
x ₃ =30		x ₁₂ =120	
x ₄ =40		x ₁₃ =130	
x ₅ =50		x ₁₄ =140	
x ₆ =60		x ₁₅ =150	
x ₇ =70		x ₁₆ =160	
x ₈ =80		x ₁₇ =170	
x ₉ =90		x ₁₈ =180	

За результатами табл. 2.5 креслимо перехідну криву.

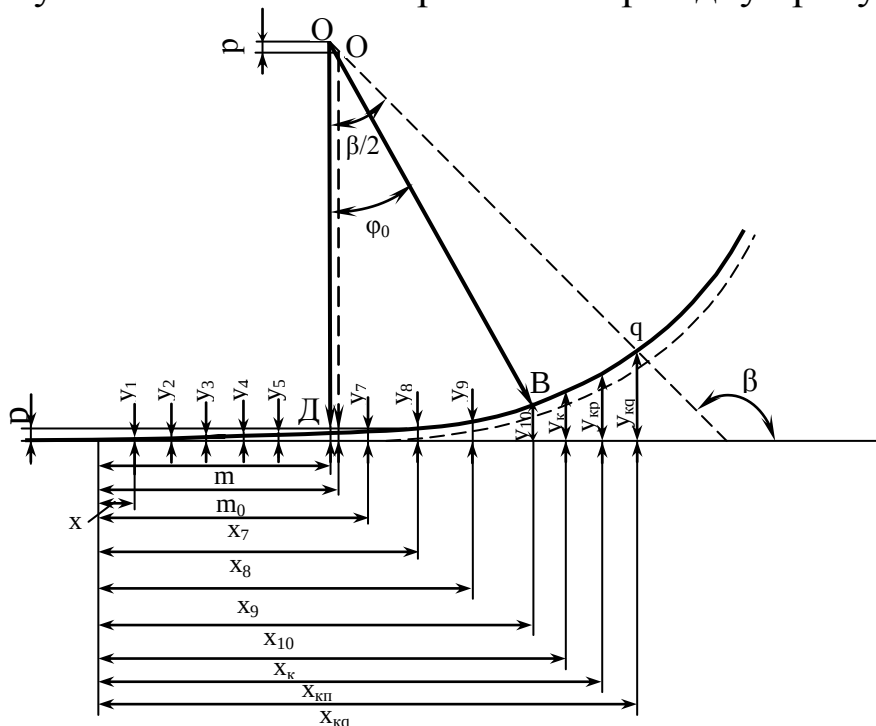


Рисунок 2.22 – Координати перехідної і кругової кривої при розбивці способом зсування кругової кривої усередину

Визначення елементів перехідної кривої.

Розрахункова схема розбивки перехідної кривої способом зсування кругової кривої усередину показана на рис. 2.23.

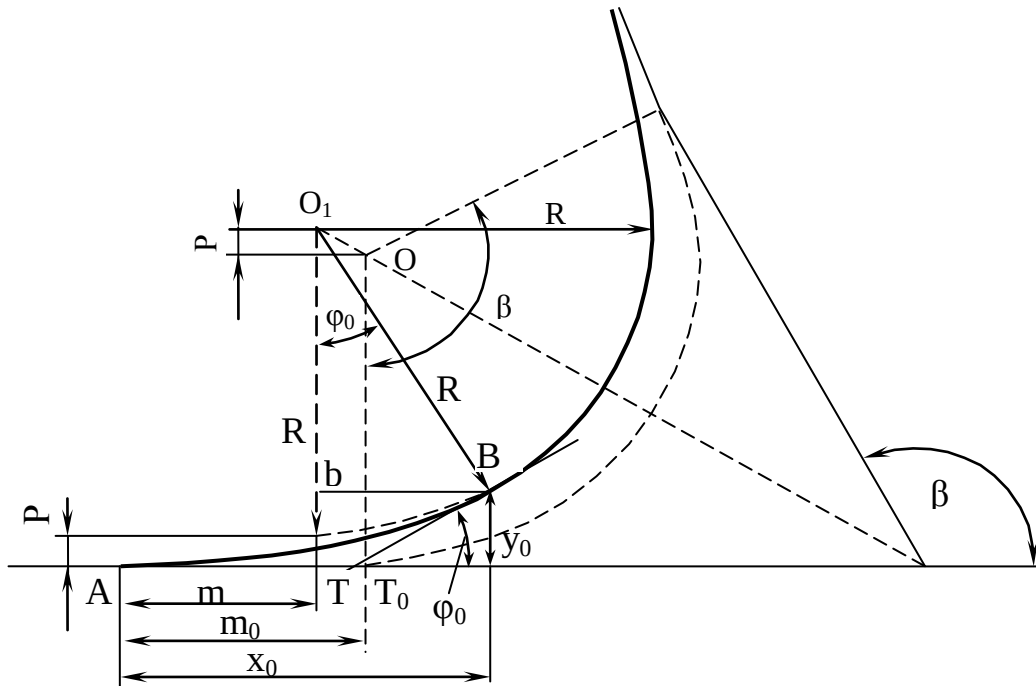


Рисунок 2.23 – Розрахункова схема розбивки перехідної кривої способом зсування кругової кривої усередину

Визначення кута повороту на протязі перехідної кривої (в її кінці точка В)

$$\varphi_0 = \frac{180 \cdot \ell_0}{2 \cdot \pi \cdot R}, \quad (2.34)$$

де ℓ_0 – довжина перехідної кривої, м;

R – радіус кругової кривої, м;

180 та π – переклад радіан в градуси.

$$\varphi_0 = \frac{180 \cdot 180}{2 \cdot 3,14159 \cdot 1000} = 5,15662^\circ = 5^\circ 09' 24''.$$

Перевірка можливості розбивки перехідної кривої за нерівністю наступного виду

$$2 \cdot \varphi_0 \leq \beta, \quad (2.35)$$

де β – кут повороту даної кривої, градуси.

$$2 \cdot 5^{\circ}09'24'' < 32^{\circ}.$$

Розбивка перехідної кривої способом зсування можлива. Якщо $2 \cdot \varphi_0 > \beta$, то приймаємо $\varphi_0 = \beta$ й уточнюємо ℓ_0 :

$$\ell_0 = \frac{2 \cdot \pi \cdot R \cdot \varphi_0}{180} = \frac{\pi \cdot R \cdot \beta}{180}.$$

Це значення округляється до 1м в меншу сторону.

Визначення зсування кругової кривої

$$P = y_0 - R \cdot (1 - \cos \varphi_0), \quad (2.36)$$

де P – зсування кругової кривої, м;

y_0 – ордината наприкінці перехідної кривої, $\ell_{ПК} = 180$ м.

$$P = \frac{\ell_0}{24 \cdot R} \text{ – для кубічної параболи.}$$

$$P = 5,397 - 1000 \cdot (1 - 0,9959526) = 1,35 \text{ м.}$$

Визначення відстані "m" від початку перехідної кривої (точки А) до віднесеного тангенсного стовпчика (точки Т) відповідно до рисунків 2.22 і 2.23.

$$m = x_0 - R \cdot \sin \varphi_0, \quad (2.37)$$

де m – відстань від початку перехідної кривої до віднесеного тангенсного стовпчика, м;

x_0 – довжина перехідної кривої, м.

$$m = 180 - 1000 \cdot 0,089879 = 90,121 \text{ м.}$$

Визначення відстані m_0 – від початку перехідної кривої (від точки А) до первісного положення тангенсного стовпчика (точки T_0)

$$m_o = m + P \cdot \operatorname{tg} \frac{\beta}{2}, \quad (2.38)$$

$$m_o = 90,121 + 1,35 \cdot 0,286745 = 90,508 \text{ м.}$$

Визначення довжини частини кругової кривої, що залишилася після влаштування двох перехідних кривих

$$\ell_{\text{кк}} = \frac{\pi \cdot R}{180} \cdot (\beta - 2 \cdot \varphi_o), \quad (2.39)$$

$$\begin{aligned} \ell_{\text{кк}} &= \frac{3,14159 \cdot 1000}{180} \cdot (32^\circ - 2 \cdot 5^\circ 09' 24'') = \frac{3,14159 \cdot 1000}{180} \cdot 21^\circ 41' 24'' = \\ &= \left[\begin{array}{l} 21^\circ 41' 12'' = 21,686667^\circ \\ 12'' \div 60 = 0,2' \\ 41,2' \div 60 = 0,686667. \end{array} \right] = \frac{3,14159 \cdot 1000}{180} \cdot 21,686767^\circ = 378,503 \text{ м.} \end{aligned}$$

Визначення повної довжини усієї кривої L_K

$$\begin{aligned} L_K &= 2 \cdot \ell_{\text{пк}} + \ell_{\text{кк}}, \quad (2.40) \\ L_K &= 2 \cdot 180 + 378,503 = 738,503 \text{ м.} \end{aligned}$$

2.4 Умови роботи залізничної колії під поїздами

Залізнична колія – складна інженерна споруда, що багато коштує. Вона працює у важких умовах експлуатації, зазнаючи впливу динамічних поїзних навантажень і кліматичних факторів.

До найважливіших *характеристик експлуатаційних умов* належать:

“V” – швидкість руху вантажних і пасажирських поїздів, км/год, м/с;

“P” – навантаження на осі рухомого складу, т, кН;

“Г” – вантажонапруженість – млн. т·км/км брутто на рік.

До *кліматичних факторів* належать: температура і вологість повітря, атмосферні опади, глибина промерзання ґрунтів, сніговий покрив, повторюваність і швидкість вітрів. Під впливом цих навантажень в колії виникають пружні деформації, які потім переходять у залишкові.

Процес розвитку деформацій проходить протягом трьох періодів. У *першому* з них відбувається стабілізація верхньої будови колії, яка залежить від баласту і його ущільнення. У *другому* періоді інтенсивність накопичення залишкових деформацій зменшується і залежить від типу верхньої будови колії і потужності рейок. У *третьому* – несуча здатність елементів верхньої будови колії значно знижується.

Під впливом вертикальних і горизонтальних сил в колії безперервно накопичуються залишкові нерівномірні деформації, які приводять до розладу колії і зношення елементів верхньої будови колії. Колесо діє на рейку з силою 100-115 кН, яка при русі поїзда збільшується у 1,5-2 рази.

Залишкові деформації.

1 В утриманні рейкової колії. Норми при дерев'яних шпалах:

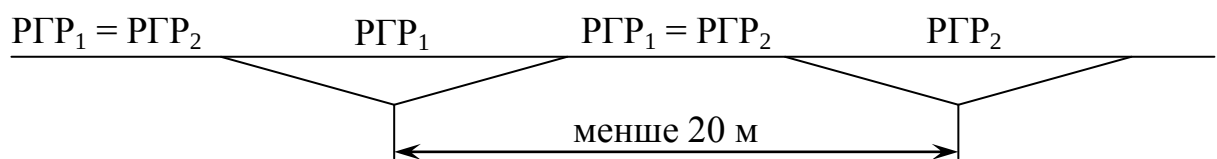
а) *Розширення або звуження рейкової колії*

в прямій ділянці: 1520 мм, +8 мм, -4 мм;

в кривій: залежно від радіуса – для $R \geq 650$ м – 1520 мм; для $R = 649 \div 450$ м – 1530 мм; для $R = 450 \div 300$ м – 1535 мм; для $R \leq 300$ м – 1540 мм.

б) *Зміна положення рейкових ниток за рівнем:*

- перекоси – це послідовне відхилення обох рейкових ниток за рівнем у різні боки при відстані між точками менше 20 м;



якщо відстань між вершинами більше 20 м – то це відхилення відноситься до плавного відхилення за рівнем;

- просадки – різкі зміни положення рейкових ниток у вертикальній площині з однаковими амплітудами, направлені в різні сторони, при відстані між вершинами протилежно направлених піків, рівній або меншій ніж 5,4 м, що складає дві бази візка;

- рихтування – зміна положення рейкових ниток в плані, вимірювана від хорди довжиною 21,495 м в точці, розташованій

на відстані 4,109 м від кінця хорди, при відстані між вершинами запису до 40 м.

в) *Нерівності в плані*. При русі екіпажу по кривій виникає відцентрова сила, пропорційна квадрату швидкості і кривизні

$$I = \frac{m \cdot V^2}{R},$$

де m – маса екіпажу, т;

V – швидкість екіпажу, км/год;

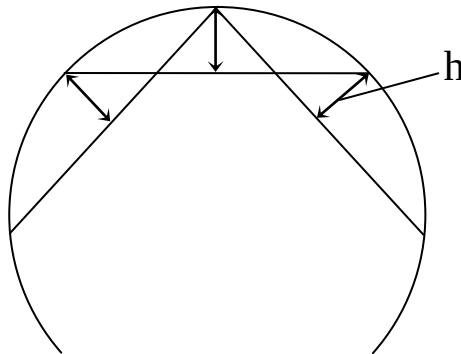
R – радіус кривої, м;

$K = \frac{1}{R}$ – кривизна кривої, m^{-1} .

При різкій зміні кривизни зменшується або збільшується і сила I , що створює горизонтальні поштовхи.

Положення колії в плані на кривих ділянках визначають вимірюванням стріл вигину упорної рейкової нитки від хорди довжиною 20 м (рідше – 10 м, або іншої).

Вимірювання виконують: вручну, стрілографом або колієвимірювальним вагоном.



Правильне утримання кривих ділянок колії за напрямом у плані є однією з вирішальних умов забезпечення плавного і безпечного руху поїздів. В кругових кривих колія повинна утримуватись без різких коливань у стрілах вигину, а на перехідних кривих – з рівномірним наростанням стріл.

г) *Угін колії*. При проходженні рухомого складу на колію передаються: вертикальні навантаження, поперечні сили від бокових поштовхів і бокових тисків коліс у кривих та сили, що діють уздовж колії. Викликане цими силами поздовжнє переміщення рейок відносно шпал або переміщення рейок разом із шпалами відносно баластного шару називають угоном колії.

З багатьох факторів, які спричиняють угін колії, найбільш суттєвими є:

- опір руху поїзда;
- переміщення рейок відносно опор внаслідок вигину рейок під навантаженням, яке по них рухається;
- гальмування рухомого складу;
- струшування рейок від ударів у стиках;
- зміна довжини рейок під впливом температурних сил;
- удари коліс в робочу грань зовнішніх рейок при вході у криву;
- не забиті (підсмикнуті) костилі і непрацюючі протиугони – при дерев'яних шпалах; нещільно притиснуті клеми – при залізобетонних шпалах.

Наслідки угону – порушення розмірів стикових зазорів: в одних місцях вони виявляються дуже розтягнутими, в інших – зменшеними і навіть злитими. Декілька злитих зазорів підряд можуть спричинити при подальшому підвищенні температури втрату стійкості рейко-шпальної решітки (викид колії), а при зниженні температури – зріз стикових болтів і розрив рейкової колії.

При угоні рейок разом зі шпалами – останні зміщуються з ущільнених постелей на менш ущільнений баласт, як наслідок:

- з'являються поштовхи;
- порушується відстань між шпалами;
- при перекосі шпал звужується рейкова колія;
- виникають додаткові силові впливи на проміжні і стикові кріплення.

2 Деформації елементів верхньої будови колії.

Деформації рейок.

а) *Знос рейок*: вертикальний і боковий.

Під впливом коліс рухомого складу головки рейок зношуються по висоті і боковій грані. Виникає вертикальний і боковий знос головок рейок. Знос рейок вимірюється у середині. Величина бокового зносу вимірюється на 13-14 мм нижче поверхні кочення.

Приведений знос = вертикальний знос + 50% бокового зносу.



вертикальний
знос



боковий
знос



приведений
знос

Приклад: вертикальний знос = 6 мм; боковий = 4 мм
приведений знос = $(6+4/2) = 8$ мм.

Для зменшення зносу рейок проводиться їх лубрикація (див. додаток Б).

б) *Хвилеподібний знос рейок.*

в) *Зім'яття рейкових кінців* – виникає при розтягнутих зазорах, металевих поштовхах та провисах.

г) *Дефекти в рейках.*

В рейках з часом з'являються різного роду дефекти:

I група – відшарування й викришування металу на поверхні кочення головки рейки;

II група – поперечні тріщини головки рейки та зломи;

III група – поздовжні тріщини головки;

IV група – зім'яття і нерівномірний знос головки;

V група – дефекти і ушкодження шийки;

VI група – дефекти й ушкодження підшви;

VII група – зломи рейок по всьому перерізу (окрім зломів по II групі);

VIII група – згини рейок;

IX група – інші дефекти.

д) *Послаблення гайок стикових і клемних болтів;*

е) *Деформація дерев'яних шпал:* гниття, утворення тріщин, механічний знос, розробка костильних отворів.

ж) *Деформація залізобетонних шпал* – виникає від силових навантажень і атмосферних факторів – при недостатній міцності, щільності, морозостійкості і товщині захисного шару. У відповідності з класифікацією дефекти залізобетонних шпал поділяються на 6 груп:

I група – тріщини в шпалах;

II група – відколи бетону;

III група – результат виготовлення шпал із недоброякісного бетону;

IV група – належить до стержневих шпал;

V група – заводські дефекти, коли втулки поставлені з нахилом або вони низької якості; експлуатаційні, якщо шурупний отвір розхитався;

VI група – інші дефекти.

з) *деформації баластного шару*. Від доброго стану баластного шару залежить справна робота колії в цілому. Баластний шар відповідає своїм вимогам, якщо він не забруднений або забруднений у межах допустимих норм і забезпечує відведення води. Втрата дренуючих властивостей спричиняє розрідження баластного шару і веде до загального розладу колії. У зв'язку з цим виникає необхідність обмеження швидкостей руху поїздів.

і) *деформації основної площадки земляного полотна* – це баластові корита, ложа, мішки; баластові гнізда; процес пучиноутворення. Інші види деформацій – осідання земляного полотна, розповзання насипу, вплив укосів насипу або виїмки, зсуви та ін.

Внаслідок утворення і накопичення залишкових деформацій залізнична колія періодично вимагає проведення модернізації, капітального, середнього, комплексно-оздоровчого ремонтів. А в період між ремонтами колія підтримується у справному стані виконанням робіт із поточного утримання колії.

Роботи із поточного утримання колії поділяються на:

а) невідкладні – такі, до яких входить усунення грубих відхилень від встановлених норм і допусків, які раптово з'явилися;

б) планово-запобіжні – такі, які мають на меті запобігання появи несправностей колії.

Невідкладні роботи виконуються, як правило, негайно – після перевірки колії, при цьому тільки в місцях несправностей, в інтервали між поїздами. Тому у більшості випадків застосування машин при невідкладних роботах неможливе. Колійні бригади при невідкладних роботах намагаються використати набір легкого інструменту, який забезпечує мобільність бригади протягом робочого дня і швидке виконання технологічних операцій. Його легко прибрати з колії при пропуску поїздів.

Планово-запобіжні роботи, на відміну від невідкладних, виконуються за заздалегідь складеними місячними, сезонними або річними планами. Їх проводять суцільно на ділянці (по пікетах або по кілометрах і навіть по перегонах). Наприклад, виправляють колію з підбивкою шпал по всій обраній ділянці незалежно від ступеня нерівномірності просадок, відхилення за рівнем і обтрушеності шпал. **Саме на планово-запобіжних роботах можливе і необхідне застосування машин.**

Загальні відомості.

Планово-запобіжні роботи із поточного утримання колії поділяються на:

- *комплексні*, коли разом із виправкою колії, як основною роботою, на ділянці виконуються за єдиним технологічним процесом супутні роботи (заміна непридатних шпал, очищення або заміна баласту у місцях виплесків, закручування гайок клемних, закладних і стикових болтів та ін.);
- *самостійні*, коли є необхідність тільки в одній роботі, наприклад, в рихтуванні колії, суцільному закріпленні клемних болтів і т. ін., інші види робіт при цьому непотрібні.

За переліком і технологією комплексні планово-запобіжні роботи нагадують комплексно-оздоровчий ремонт колії. Різниця тільки в об'ємах робіт.

Роботи із поточного утримання колії здійснюються за півмісячними, сезонними і річними планами. З півмісячними планами, які складаються ПД і ПДБ у кінці кожної половини місяця на основі натурного огляду і промірів, у перші дні наступного півмісяця виконуються невідкладні роботи, а в подальші дні – планово-запобіжні.

До невідкладних робіт належать:

- заміна рейок з небезпечними дефектами;
- заміна рейок, стрілочних переводів і інших елементів у безстиковій колії з граничним зносом;
- усунення небезпечних поштовхів, перекосів, різких відхилень у плані.

Усі несправності, які загрожують безпеці руху поїздів, повинні виявлятися й усуватися негайно.

При планово-запобіжних роботах усувають причини, які викликають несправності. Вони виконуються у певній послідовності, щоб уникнути повторення. Наприклад, спочатку замінюють непридатну шпалу новою, а потім виконують підбивку.

За *сезонними планами* виконуються роботи, об'єм і періодичність яких обумовлені кліматичними обставинами: змазування болтів, очищення кюветів, знищення рослинності на баластній призмі й земляному полотні. *Річні плани* складаються за результатами весняного і осіннього оглядів колії та даними технічного паспорта, в якому відображається стан колії на всій дистанції.

Роботи із поточного утримання колії, як правило, повинні проводитися без порушення графіка руху поїздів в інтервали між поїздами. На лініях з великою інтенсивністю руху поїздів роботи із поточного утримання колії повинні проводитись у спеціально надавані технологічні “вікна” або під прикриттям “вікон”, які надаються для ремонту колії. У “вікна” виконуються роботи з використанням машин важкого типу та коли за умовами технології і безпеки руху поїздів неможливо виконувати ці роботи в інтервали часу між поїздами.

На багатьох дистанціях колії поточне утримання організують за кільцевим графіком, коли планово-запобіжні роботи на кожному кілометрі, станційній колії, стрілочному переводі виконують через 1,0-1,5 місяця (10-15 люд.-дн.) – мале кільце, або 1-2 рази за літо (до 50 люд.-дн.) – велике кільце.

Ефективність планово-запобіжних робіт підвищується, якщо заздалегідь скласти робочі технологічні процеси з урахуванням місцевих умов, передового досвіду і застосуванням машин важкого типу.

За даними ВНІЗТу усі роботи із поточного утримання колії та їх періодичність визначались для найбільш характерних варіантів експлуатаційних умов. Вони розділені на три групи, до яких належать:

I – виправка і рихтування колії, підкріплення клемних, закладних і стикових болтів; поодинокі заміна рейок;

II – поодинокі заміна шпал, перевідних брусів; опорядження баластної призми, зрізання та планування обочин;

III – змазування клемних і стикових болтів, очищення кюветів, знищення рослинності на баластній призмі і земляному полотні.

3 Габарити

Уздовж колії в безпосередній близькості від неї розташовані різноманітні споруди і пристрої, які необхідні для роботи залізничного транспорту.

Для безпеки руху поїздів потрібно, щоб локомотиви і вагони, а також вантажі на відкритому рухомому складі могли вільно проходити мимо пристроїв і споруд колії, не чіпляючи їх, а також мимо рухомого складу, що слідує по сусідній колії.

З метою забезпечення безпеки руху поїздів і праці робітників залізничного транспорту усі споруди та улаштування залізничних колій, а також рухомий склад повинні знаходитись у визначених габаритах.

Габарити підрозділяються на:

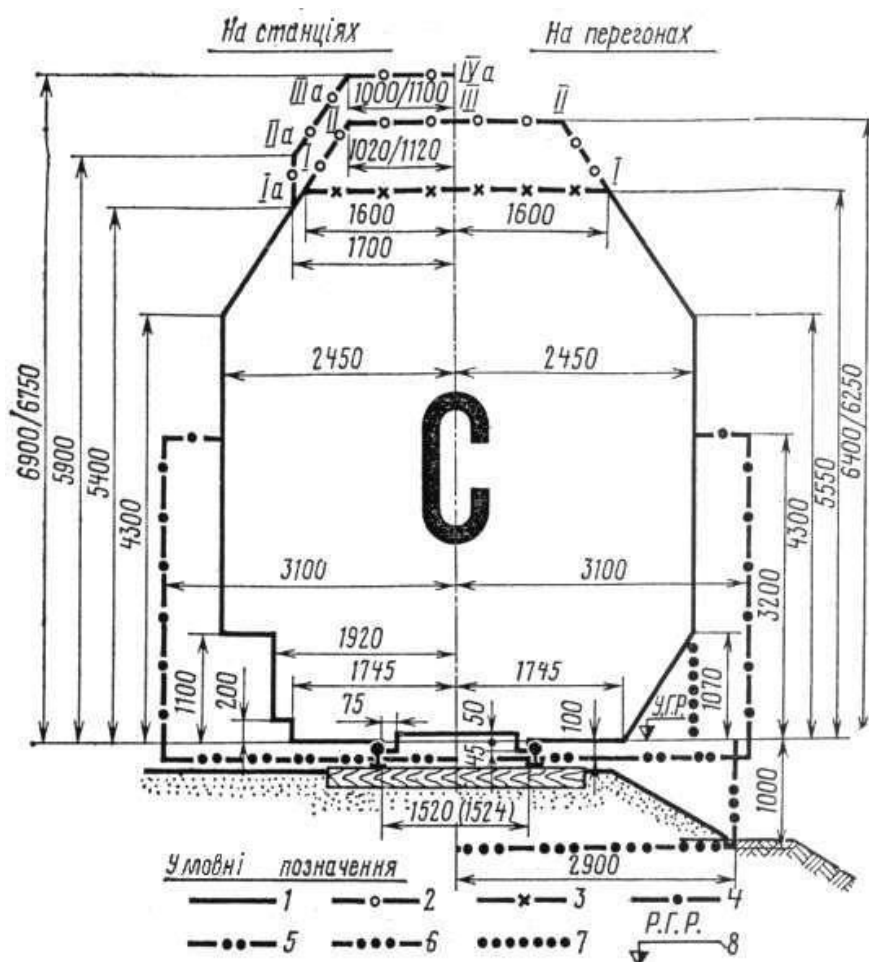
"С" – габарит наближення споруд;

"Т" – габарит рухомого складу залізничних колій;

"Г.Н" – габарит навантаження вантажів.

Габаритом наближення споруд "С" до залізничних колій (див. рис. 3.1) називають граничне поперечне перпендикулярне вісі колії окреслення усередину якого, крім рухомого складу, не може заходити ніяка частина споруд, улаштувань, а також матеріалів, запасних частин і устаткування, які лежать біля колії, за винятком частин і улаштувань, призначених для безпосередньої взаємодії з рухомих складом (гіркові сповільнювачі, контактні дроти і т.д.).

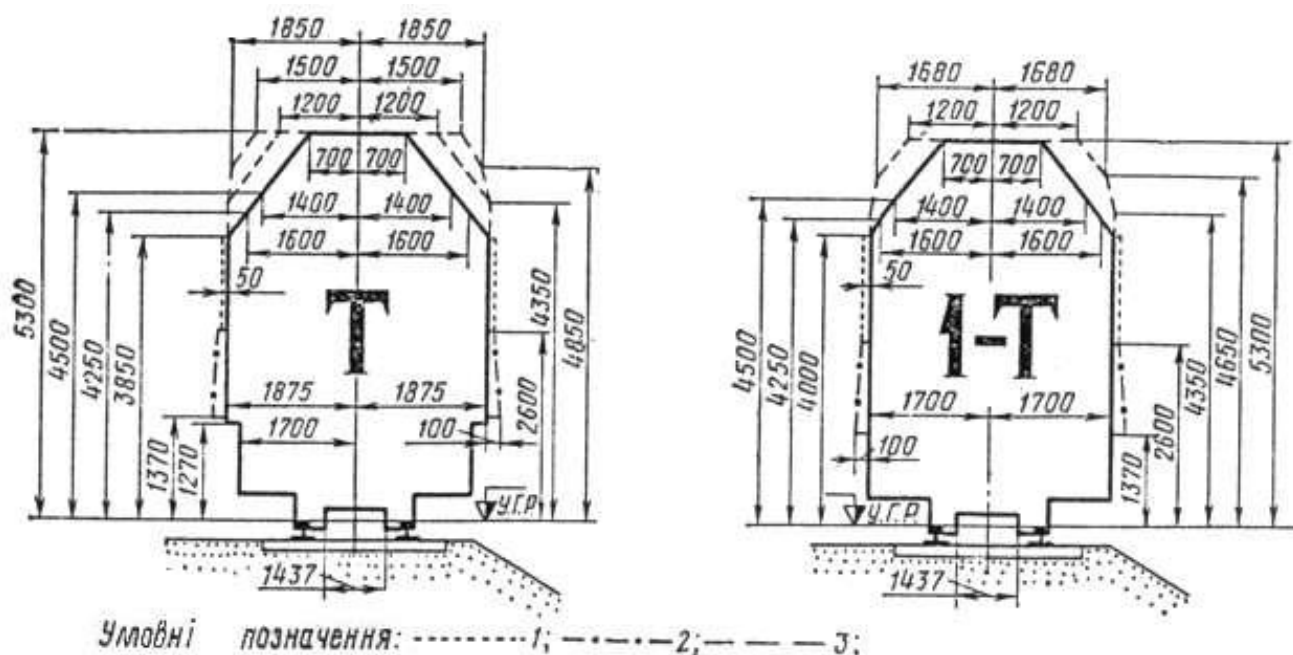
Габаритом рухомого складу – "Т" (див. рис. 3.2) називають граничне поперечне, перпендикулярне осі колії окреслення, з якого нічого не виходить назовні, але має розміщатися установлений на прямій горизонтальній колії, як у порожньому, так і в завантаженому стані, рухомий склад.



Умовні позначення:

1 – обриси габариту при усіх видах тяги поїздів; 2 – для усіх споруд і пристроїв на електрифікованих коліях або на коліях, по яких можливе в перспективі введення електровозної тяги; числа дробом дані: в чисельнику – для контактної підвіски з несучим тросом; в знаменнику – для контактної підвіски без несучого тросу; 3 – для споруд та пристроїв на коліях, електрифікація яких виключена навіть при електрифікації даної лінії; 4 – лінія наближення будівель, споруд та пристроїв (крім мостів, тунелів, галерей та платформ), розміщених із зовнішнього боку крайніх колій перегонів і станцій, а також у окремо лежачих колій на станціях. При цьому в усіх випадках опори, щогли, стовпи й інші споруди та пристрої не повинні обмежувати необхідну дальність видимості світлофорів та семафорів. В особливо складних умовах ця відстань при відповідному обґрунтуванні може бути за дозволом міністерства або відомства, у відомі якого знаходяться залізничні колії, зменшена: до 2750 мм на перегонах й до 2450 мм – на станціях; до виступаючих частин карликових світлофорів при висоті їх не більше 1100 мм над рівнем головки рейки – 1920 мм; 5 – лінія, вище якої на перегонах й у межах корисної довжини колій на станціях не повинний підніматись жодний пристрій, крім штучних споруд, настилів переїздів, індукторів локомотивної сигналізації, а також стрілочних переводів й розміщених в їх межах пристроїв СЦБ; 6 – лінія наближення фундаментів споруд, фундаментів опор, прокладки тросів, кабелів, трубопроводів та інших пристроїв

Рисунок 3.1 – Габарит наближення споруд С



Умовні позначення (ті ж, що й на рис. 3.1):

1 – тільки для сигнальних пристроїв; 2 – для виступаючих частин: поручнів (тільки в габариті 1-Т), підлокітників, параванів, козирків для стоку води та ін.; 3 – рухомий склад може проектуватися та будуватися після приведення споруд та пристроїв на лініях, в межах яких намічається його обертання, до основного обрису габариту С

Рисунок 3.2 – Габарит рухомого складу 1-Т

Між габаритом наближення споруд і габаритом рухомого складу є простір певної величини. Цей простір необхідний для того, щоб рухомий склад при поперечному зміщенні або нахиленні не міг зачепити за якісь частини споруди або пристроїв. Зміщення або нахил рухомого складу може бути викликаний відхиленням в утриманні колії, а також боковими коливаннями рухомого складу на ресорах.

Габаритом навантаження (див. рис. 3.3) – зветься граничне поперечне перпендикулярне осі колії окреслення, в якому не виходячи назовні, повинен розміщатися установлений на прямій горизонтальній ділянці колії, навантажений на відкритий рухомий склад вантаж (з урахуванням упакування та кріплення).

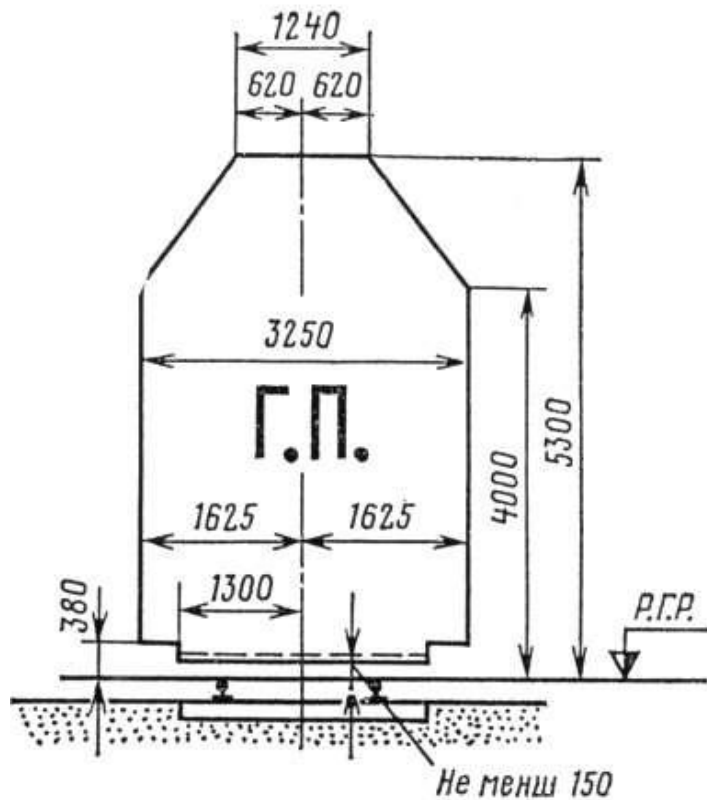


Рисунок 3.3 – Габарит навантаження

Вантажі, які виходять за габарити навантаження називаються негабаритними. Негабаритність може бути:

- негабаритність бокова;
- негабаритність нижня;
- негабаритність верхня.

До вантажів бокової негабаритності відносяться такі, які виходять за габарит навантаження на висоті між 1230 і 4000 мм від головки рейки.

До вантажів нижньої негабаритності відносяться такі, які перевищують габарит навантаження в межах висоти до 1230 мм від головки рейки.

До вантажів верхньої негабаритності відносяться такі, які виходять за габарит навантаження на висоті від 4000 до 5300 мм над рівнем головки рейки.

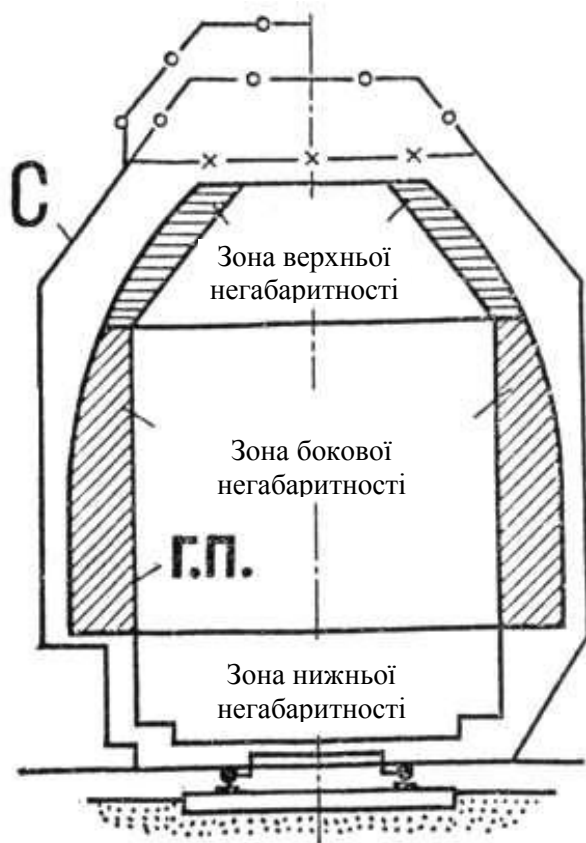


Рисунок 3.4 – Ступені негабаритності вантажів

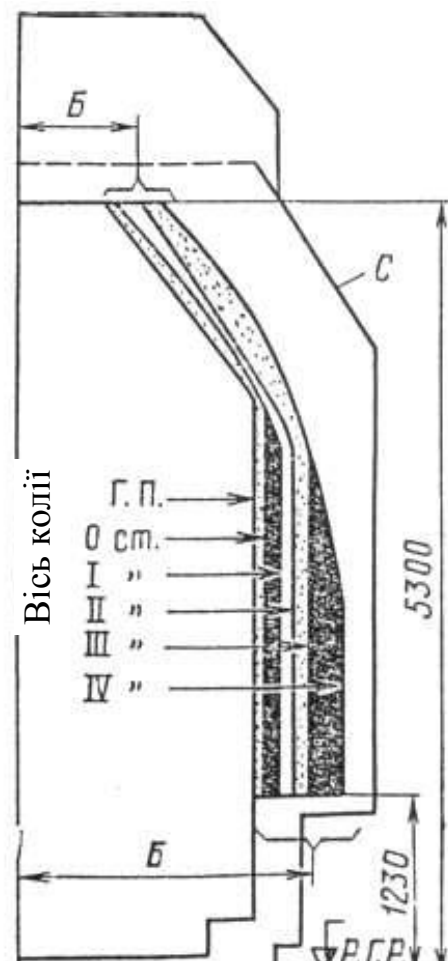


Рисунок 3.5 – Ступені негабаритних вантажів

Зони негабаритності вантажів верхня, бокова і нижня в залежності від величини виходу за габарит навантаження підрозділяються на ступені.

Бокова негабаритність має 5 ступенів (0, I, II, III, IV).

Верхня негабаритність має 3 ступені (0, II, III).

Нижня негабаритність ступенів не має і допускається у виняткових випадках.

Вантажі, які виходять за межі окреслення негабаритності IV ступеня або III ступеня, на висоті більше 3600 мм, або мають висоту більше 5300 мм відносяться до зверхнегабаритних.

Для перевірки правильності розміщення вантажів у місцях масового навантаження встановлюються габаритні ворота.

Класи габаритної прохідності.

Під класом габаритної прохідності розуміють:

- 1 Мінімальну відстань між осями суміжних колій, яка необхідна для схрещування рухомого складу на перегоні.
- 2 Перпендикулярне осі колії окреслення, яке обмежує простір, мінімально необхідний для пропуску рухомого складу визначеного габариту, а при необхідності – відповідного ступеня негабаритності.
- 3 Відстань від осі колії до кінця опори контактної мережі, щогл світлофорів та семафорів, а також окремо стоячих стовпів, які характеризують умови проходу колійних машин.

Вантажі різного ступеня негабаритності пропускають по коліях з різними класами габаритної прохідності згідно табличних даних. Встановлені такі класи габаритної прохідності:

а) 6 основних класів (I, II, III, IV, V, VI) з 3-ма підкласами (V-а, V-б, VI-а), які характеризують габаритність споруд і улаштувань від висоти 1100 до 5450 мм над рівнем головки рейки;

б) 3 додаткових класи (габаритність по відстані між осями головних колій на перегонах).

Пропускання негабаритних вантажів.

Негабаритний вантаж IV ступеня негабаритності, а також понад негабаритний – повинні слідувати з габаритною рамою. Вагон з контрольно-габаритною рамою проходить за локомотивом, а вагони з негабаритними вантажами – у середині поїзду, але не ближче ніж за 20 осей від вагона з контрольно-габаритною рамою, і не ближче ніж за 4 осі від хвоста поїзду.

Негабаритні вантажі 0, I, II і верхнього III ступеня негабаритності пропускаються як правило по найкоротшому напрямку. У межах станції їх пропускають по спеціально виділених коліях, осі яких відстоять від сусідніх колій не ближче ніж на 4800 м.

Розміри габаритів наближення споруд залізничних колій повинні дотримуватись протягом усього періоду експлуатації. В процесі експлуатації можливі різні зміни у положенні колії, як у

профілі, так і у плані, а також у положенні споруд та улаштувань. Часто такі зміни викликають порушення габаритів.

Для виявлення можливих відступів габаритних розмірів систематично повинні перевірятися габарити наближення споруд. Суцільна перевірка габаритних наближень споруд у тунелях виконується щорічно, а у головних коліях – не рідше одного разу в 5 років. Перевірка здійснюється за допомогою спеціальної дерев'яної габаритної рами, встановленої на рухомий склад.

Габаритна рама за своїми окресленнями відповідає габаритним нормам. Конструкція рами має частини, що відгинаються, які при зіткненні з спорудами вказують на порушення габаритних розмірів. Вільний прохід рами біля споруд і улаштувань означає, що габарит “С” дотримується.

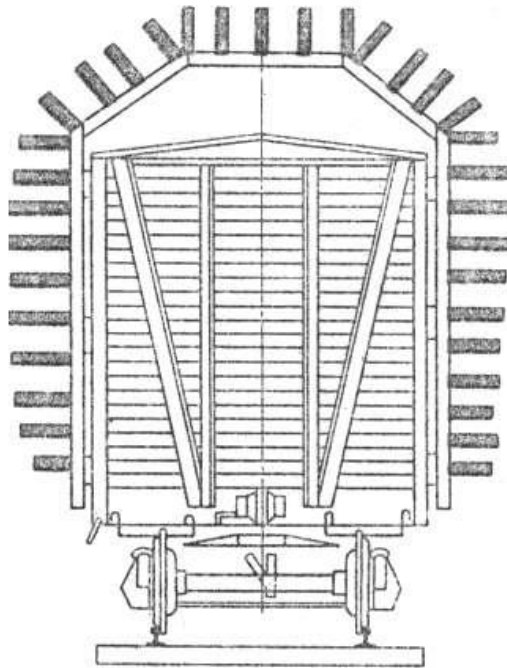


Рисунок 3.6 – Контрольна габаритна рама, закріплена на вагоні

4 Організація снігоборотьби на залізниці

4.1 Загальні положення

Залізниці в будь-який час року повинні забезпечувати виконання плану перевезень пасажирів і вантажів зі встановленими швидкостями незалежно від стану погоди при безумовному забезпеченні безпеки руху поїздів.

Визначають наступні явища, пов'язані з випаданням та переносом снігу:

- циклон – область зниженого тиску з найменшим значенням у центрі. Характеризується хмарністю, зростанням вологості, перемінною погодою, опадами;
- антициклон – область підвищеного тиску з найвищим значенням у центрі. Характеризується ясным небом, пониженням вологості, стійкою погодою;
- снігопад – випадання снігу при відсутності вітру;
- хуртовина низова (при вітрі до 10 м/с – поземок) – переміщення по земній поверхні снігу, що раніше випав, при відсутності снігопаду. Вона не дає приросту сніжного шару;
- хуртовина верхова (загальна) – випадання снігу при вітрі та одночасне пересування снігу.

В залежності від швидкості вітру розрізняють хуртовини:

- слабкі – до 10 м/с;
- середні – 10-20 м/с;
- сильні – 20-30 м/с;
- дуже сильні – більше 30 м/с.

Прогнози погоди бувають:

- довгострокові;
- періодичні (на декілька діб);
- екстрені (на добу).

Прогнози видають Гідрометцентр України та дорожні гідрометеорологічні відділи на основі дорожніх гідрометеорологічних станцій. Гідрометеорологічне обслуговування залізничного транспорту здійснюють геофізичні станції управління залізниць та їх філії.

Чітка та безперервна робота залізничного транспорту в зимовий період залежить від прийнятих заходів щодо попередження снігових заносів колії та своєчасного прибирання снігу на перегонах і станціях.

Усі снігозаносні ділянки залізниці характеризуються двома ознаками:

- 1) *категорією занесення*, яка залежить від поперечного профілю земляного полотна;
- 2) *мірою занесення*, визначеною розрахунковим річним об'ємом хуртовинного снігу, піднесеного хуртовинами до 1 км колії з ймовірністю повторення 1 раз на 15-20 років.

Категорією занесення необхідно керуватися при визначенні черги захисту колій від снігових заметів. Мірою занесення необхідно керуватися при виборі і проектуванні типу та снігозбірної здатності снігозахисних огорожень.

В залежності від категорії занесення повинні огорожуватися в першу чергу заносні місця 1 категорії:

- а) нульові місця, розташовані на косогорах;
- б) виїмки глибиною від 0,4 до 8,5 м і більше;
- в) ділянки на перегонах з коліями в різних рівнях;
- г) території станцій і вузлів.

В другу чергу – заносні місця 2 категорії:

- а) виїмки глибиною до 0,4 м;
- б) нульові місця.

В третю чергу – заносні місця 3 категорії:

- а) насипи висотою до 0,7 м в рівнинній місцевості;
- б) насипи до 1 м на косогорах.

За мірою снігозаносності ділянки залізничні колії підрозділяють на 4 категорії:

- 1) слабо заносні;
- 2) середньо заносні;
- 3) сильно заносні;
- 4) особливо сильно заносні.

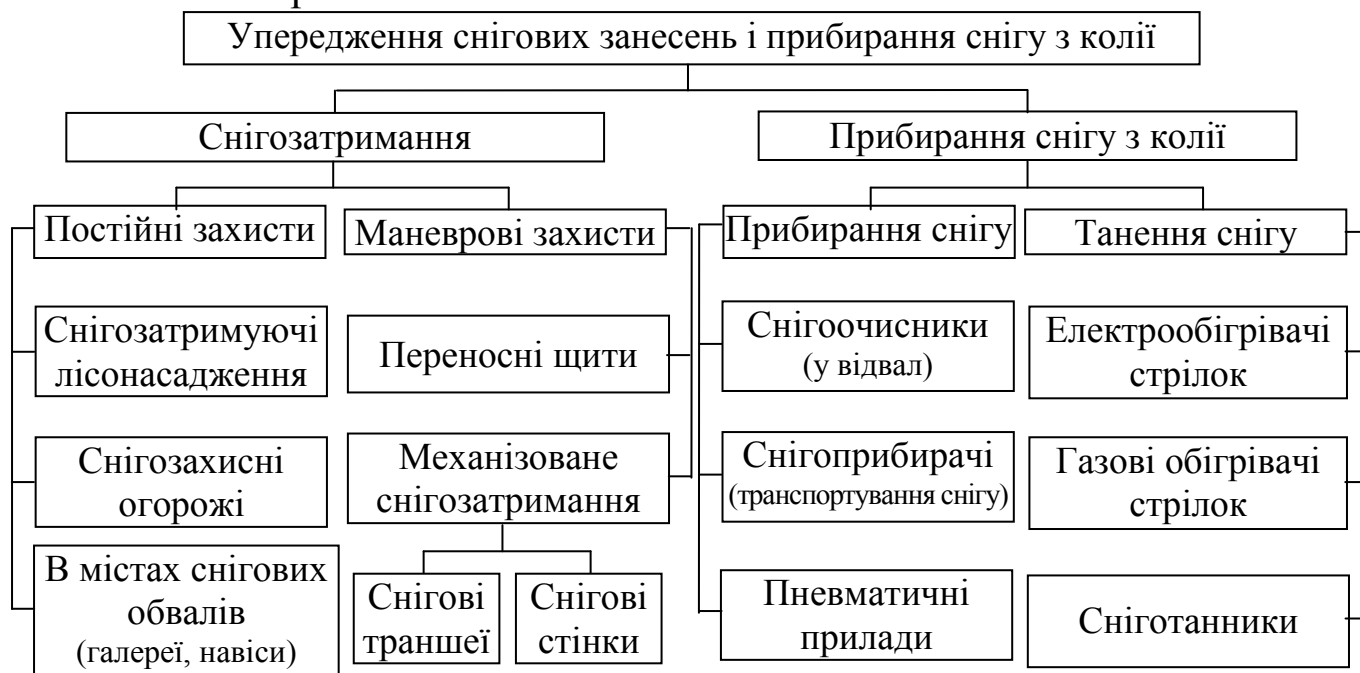
Засоби захисту колії від снігових занесень вибирають з урахуванням місцевих умов (кількістю перенесеного снігу за зиму – снігозбірність)

Таблиця 4.1 – Можливі варіанти захисту колії від занесення снігом

Об'єм перенесеного снігу за зиму, м ³	Засоби захисту колії від снігових занесень
1	2
до 100	Слабо заносні ділянки: - одно-двохсмугові насадження; - щити з рівномірною просвітністю, щити з рідкою низовою частиною
101-300	Середньо заносні ділянки: - двох-трьохсмугові лісонасадження; - постійна огорожа висотою до 5,5 м; - огорожа легкого типу висотою 5 м
301-600	Сильно заносні ділянки: - трьох-чотирьохсмугові лісонасадження; - один-два ряди постійних огорож висотою до 5,5 м; - огорожа легкого типу висотою 5 м, доповнена огорожею з просвітністю 60-70 %
більше 600	Особливо сильно заносні ділянки: - чотирьох і більше - смугові лісонасадження; - два ряди постійних огорож висотою до 5,5 м або огорож легкого типу висотою 5 м; снігопродувні огорожі; - улаштування снігозаносних профілів земляного полотна

Огородження снігозаносних ділянок може бути зроблено:

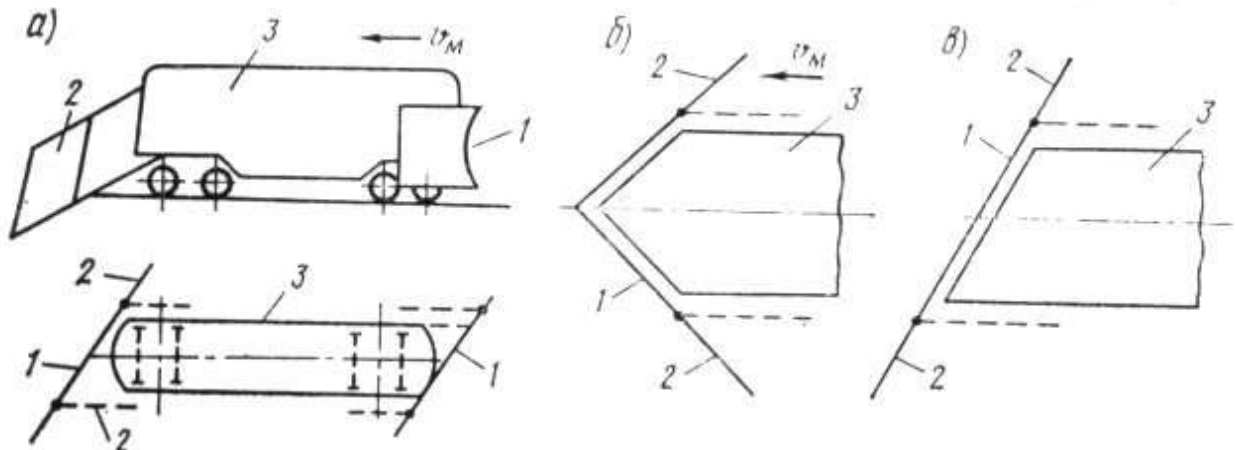
- 1) захисними лісонасадженнями;
- 2) постійними огорожами;
- 3) переносними щитами;
- 4) системами снігових траншей і валків, нарізаних у сніговому покриві.



4.2 Організація снігоборотьби

Машини, які застосовуються для очищення колій від снігу:

- 1) снігоочисники: СДП і СДПМ (плугові), роторні та з реактивним авіаційним двигуном;
- 2) струги;
- 3) снігоприбиральні машини.



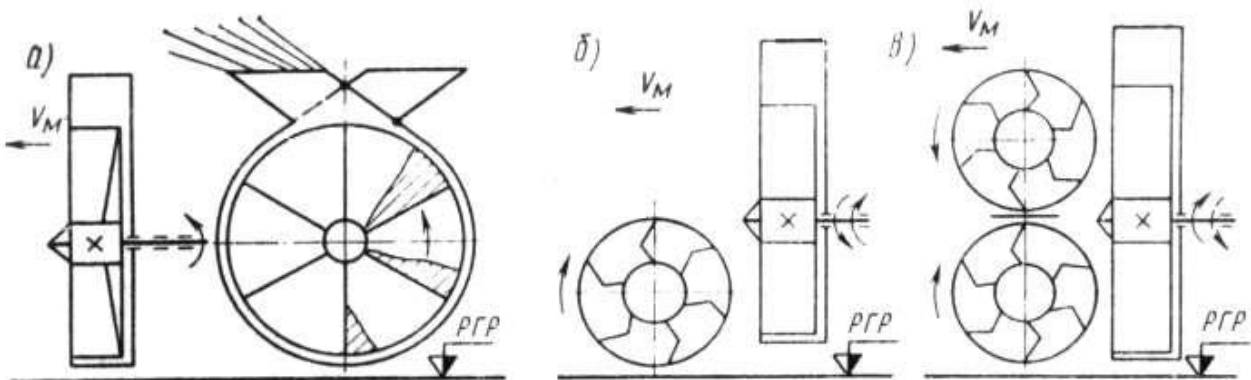
а) плуговий снігоочисник; б), в) одно і двоколіїні очищувальні прилади;
1 – передній щит; 2 – крила; 3 - кузов

Рисунок 4.1 – Схеми снігоочисника та снігоочищувальних приладів

4.2.1 Снігоочисники.

а) *Плуговий снігоочисник* – це спеціальний валок, з торців якого встановлені снігоочищувальні прилади. Одноколіїний снігоочисник відкидає сніг в одну сторону (польову). $V_{\text{очищення}}$ = до 70 км/год. Товщина снігу, який очищується – до 1,5 м.

б) *Роторні снігоочисники* – призначені для очищення глибоких снігових занесень.



а – однороторні; б – двошоторні; в – трьохшоторні
Рисунок 4.2 – Роторні снігоочищувальні прилади

Робочими органами служать роторні прилади: вони зрізають і захоплюють сніг лопатями обертового ротора і відкидають в сторону від колії.

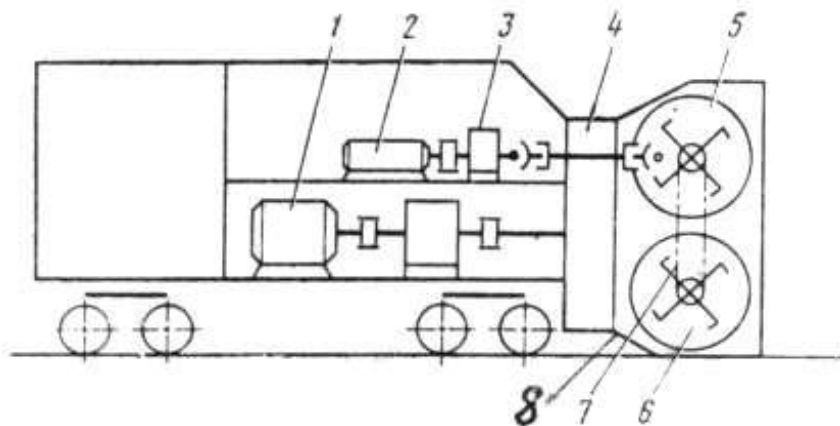
Однороторні снігоочисники мають обертовий ротор великого діаметру, встановлений на передній стінці машини. Вісь обертового ротора паралельна осі колії. Тут вирізка, захват і відкидання снігу виконуються одним ротором.

У двохроторного снігоочисника процес роздільний: один ротор-живильник відділяє сніг від масиву і подає його на другий ротор – викидний, котрим сніг відкидається вбік. Ротор-живильник, розташований горизонтально (вісь його обертання перпендикулярна осі колії), складається з барабана з лопатями.

Трьохроторний снігоочисник має один викидний ротор і два ротори-живильники, розташовані один над одним.

Глибина очищення – до 4,5 м при будь-якій щільності снігу.

Фрезерно-роторний снігоочисник (див. рис. 4.3) призначений для пробивання та розробки траншей при занесеннях до 4,5 м. Створений на базі машини ЕСО-3. Замість лопатних роторів-живильників встановлюють дві фрези-живильники (5, 6), розташовані одна над одною спереду на підйомній рамі, викидний ротор (4) і підрізний ніж (8).

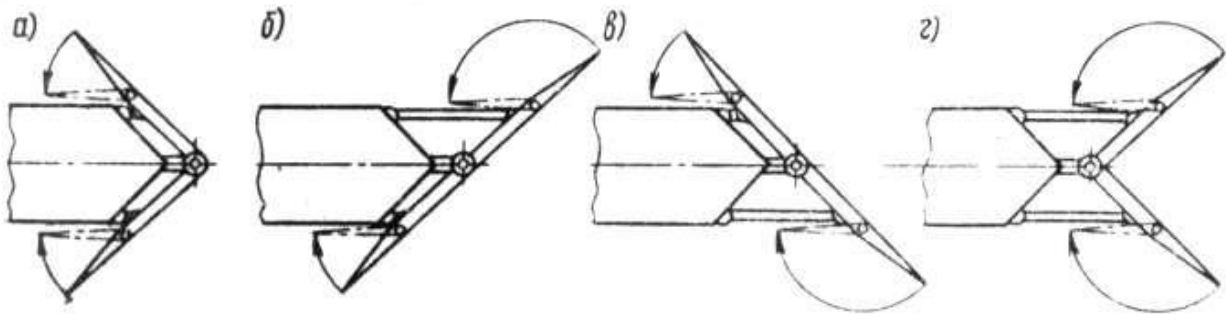


1, 2 – електродвигуни; 3 – редуктор; 4 – викидний ротор; 5, 6 – фрези;
7 – ланцюгова передача; 8 – підрізний ніж

Рисунок 4.3 – Схема фрезерно-роторного снігоочисника

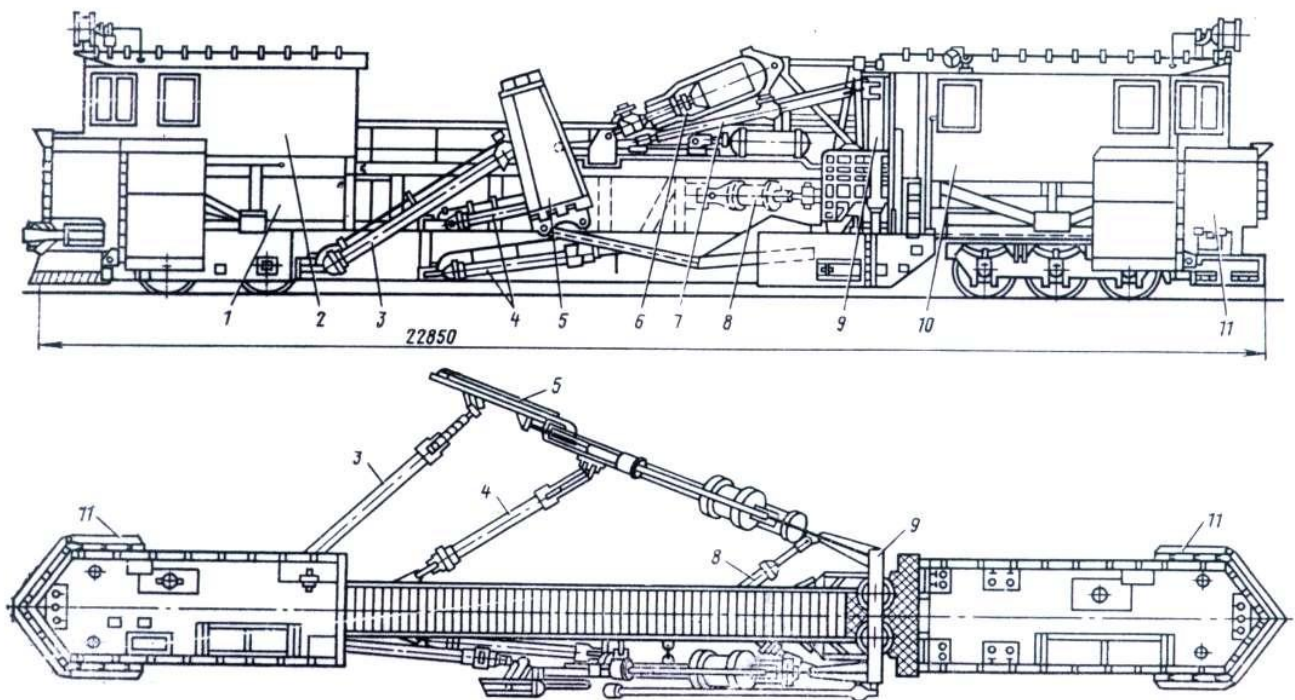
4.2.2. Струги.

Найбільш розповсюджений струг-снігоочисник СС-1. Він використовується для очищення станцій і перегонів від снігу, а також відвалювання снігу від колії в місцях його вивантаження. Робочі органи – 2 крила і 2 снігоочищувальні прилади.



а) на одноколійній ділянці; б), в) на двоколійній ділянці; г) як волокуші

Рисунок 4.4 – Схема роботи снігоочищувального приладу



1 – ферма; 2 – господарча будка; 3, 4 – телескопічні розпірки; 5 – укісне крило; 6 – телескопічна нахилена тяга; 7 – тяга; 8 – пневмоциліндр розкриття крила; 9 – портална рама; 10 – будка управління; 11 – снігоочищувальні прилади

Рисунок 4.5 – Струг-снігоочисник СС-1

4.2.3. Снігоприбиральні машини.

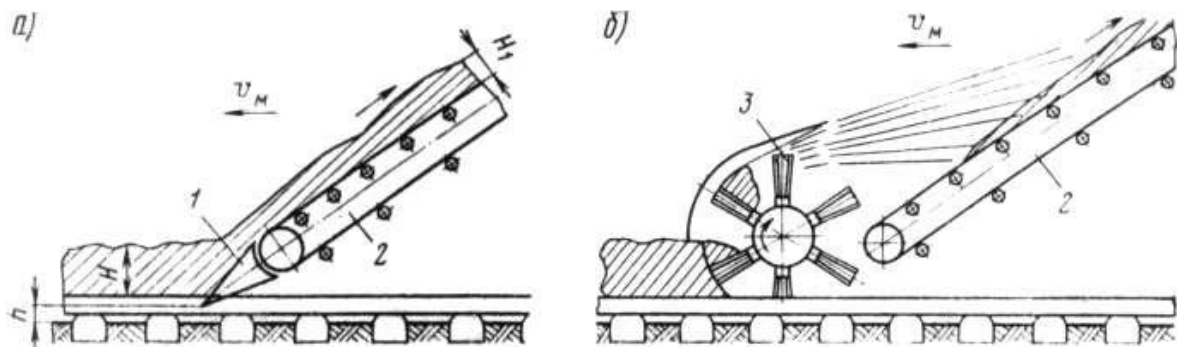
Для очищення колії від снігу, навантаження снігу на спеціальний рухомий склад, його транспортування і вивантаження служать снігоприбиральні машини: СМ-2, СМ-2М, СМ-3, СМ-4, ЗУБ – Балащенко, Гавриченко.

До складу снігоприбирального поїзда входять:

- а) головна одиниця;
- б) один або декілька проміжних піввагонів для нагромадження снігу;
- в) кінцевий піввагон з пристроєм для його викидання.

Сніг з колії забірний орган подає на конвеєр машини, котрий доставляє його в піввагони, які знаходяться позаду. Забірний орган – основний робочий орган машини.

Існує два типи забірних органів: ножовий та роторний. Ножовими робочими органами забезпечувалися ЦУМЗ Гавриченко. Усі випущені зараз снігоприбиральні машини устатковані щітковим ротором-живильником.



а) ножовий; б) роторний; 1 – ніж; 2 – конвеєр; 3 – ротор-живильник

Рисунок 4.6 – Робочі органи снігоприбиральних машин

Снігоприбиральний поїзд конструкції ПТКБ ЦП МПС.

ПСЕ – поїзд снігоприбиральний електрифікований – складається з: головної снігоприбиральної машини СМ-2 (СМ-2А, СМ-2Б), одного або двох проміжних вагонів, одного кінцевого піввагона і локомотива.

Самохідні снігоприбирачі.

Для зменшення простою машин через відсутність локомотивів розроблені самохідні снігоприбиральні машини СМ-3, СМ-4. Самохідний снігоприбиральний поїзд СМ-3 може компонуватися у таких варіантах:

- 1) 2 одиниці – головний і кінцевий піввагони;

- 2) 3 одиниці – головний, проміжний і кінцевий піввагони;
- 3) 4 одиниці – головний, 2 проміжних і кінцевий піввагони (місткість 410 м³).

Одновагонний снігоприбирач (місткість 100-140м³) – призначений для очищення від снігу горловин станцій, а літом – для прибирання сміття з колій.

Щітковий снігоприбирач конструкції ЦНП – призначений для очищення стрілочних переводів від снігу товщиною $h_{\text{снігу}}$ до 80 см. Складається з одного піввагона, обладнаного як і машина СМ-4 ротором-живильником та транспортером. Живлення отримує від мотовоз-електростанції, яка є також джерелом електропостачання та тяговою одиницею.

На цей час цілий ряд машин, локомотивів, поодиноких платформ обладнані вентиляційними приладами для видування стисненим повітрям снігу зі стрілочних переводів та колій станцій.

Засоби очищення стрілочних переводів від снігу:

- а) вручну – віником;
- б) ручне шлангове очищення стисненим повітрям;
- в) автоматичне очищення стисненим повітрям доповнюється шланговим обдуванням;
- г) електрообігрівання стрілочних переводів;
- д) газовий зігрів стрілочних переводів;
- е) обдування гарячим повітрям; у цьому випадку сніг випаровується до зіткнення з металом, вода і лід – не утворюються;
- ж) механічне очищення щітковими машинами;
- з) очищення стисненим повітрям від вентиляційних приладів (компресор, вентилятор, сопло), якими обладнують СМ, локомотиви, снігоочисники, поодинокі платформи.

4.3 Оперативний план снігоборотьби

ПЧ – організує попередження снігових заметів за розробленим та щорічно коректованим оперативним планом, який узгоджується з відповідними службами і затверджується до 1 жовтня. Оперативний план снігоборотьби найважливіших

станцій в цей же термін розглядається та затверджується начальником залізниці.

Оперативний план включає:

- а) схематичну карту огорож, заносних ділянок колії;
- б) відомість розташування та організацію роботи снігоочищувальних та снігоприбиральних машин;
- в) план залучення додаткової робочої сили та транспортних засобів для прибирання снігу в період снігопадів та хуртовин і ліквідації їх наслідків; порядок використання бригад першої, другої та третьої черги;
- г) організацію робіт з очищення колій, ув'язану з графіком руху поїздів і маневровою роботою в об'єднану технологію роботи станції;
- д) порядок використання засобів снігоочищення, в т.ч. пневмообдувки і електричного обігрівання стрілок.

4.4 Технологія очищення колій і прибирання снігу на станції

Найбільш уразливими місцями на станціях при снігових заносах є:

- стрілочні вулиці та централізовані стрілочні переводи;
- поворотні кола та трикутники;
- колії паливних складів;
- пасажирські колії в межах високих і низьких платформ.

Всі станційні колії за порядком їх очищення від снігу поділяють на три черги.

До першої черги відносять:

- головні, гіркові, сортувальні колії та маневрові витяжки;
- приймально-відправні колії з розташованими на них стрілочними переводами;
- колії стоянок відбудовних, пасажирських поїздів, снігоочисників і снігоприбиральних машин;
- колії, які ведуть до складів палива та чергових пунктів контактної мережі.

До другої черги відносять:

- пакгаузні і вантажні колії;

- деповські (екіпірувальні) колії;
- колії до матеріальних складів і майстерень.

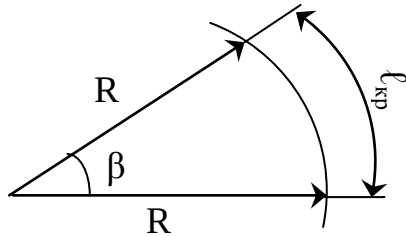
До третьої черги – усі інші колії.

Очищення колій від снігу на проміжних станціях виконується, як правило, снігоочисниками та стругами.

Прибирання снігу на сортувальних, дільничних та великих пасажирських станціях виконується снігоприбиральними поїздами.

Розрахунки кутів

Радіан – центральний кут, відповідний дузі, довжина якої рівна радіусу. Радіан приймається за одиницю вимірювання кутів.



Радіан вміщує $\approx 57^{\circ}17'45''$.

Кут в 30° містить $\pi/6$ радіан;

Кут в 45° містить $\pi/4$ радіан;

Кут в 60° містить $\pi/3$ радіан;

Кут в 90° містить $\pi/2$ радіан.

Довжина кривої в (м) дорівнює радіусу в (м), помноженому на кут повороту в радіанах:

$$l_{\text{кр(м)}} = R_{\text{(м)}} \cdot \beta_{\text{радіан}}.$$

Для того, щоб перевести кут у градусах в кут у радіанах необхідно:

$$\frac{\angle^{\circ} \cdot \pi}{180^{\circ}}.$$

Наприклад, $\beta = 30^{\circ}$, в радіанах кут дорівнює

$$\frac{30^{\circ} \cdot \pi}{180^{\circ}} = 0,524 \text{ радіан}.$$

Для того, щоб перевести кут в радіанах у кут в градусах, необхідно:

$$\frac{0,524 \cdot 180^{\circ}}{\pi} = 30^{\circ}.$$

Переведення градусів та часток градусів у хвилини та секунди:

$$5,19444^{\circ} = 5^{\circ}11'40'';$$

$$0,19444^{\circ} \cdot 60 = 11,6664';$$

$$0,6664' \cdot 60 = 39,984''.$$

Переведення хвилин та секунд в частки градуса:

$$5^{\circ}11'40'' = 5,19444^{\circ};$$

$$11' + \frac{40''}{60} = 11,66667' \div 60 = 0,19444^{\circ};$$

$$0,6664' \cdot 60 = 39,984''.$$

Лубрикація рейок

Лубрикація – це нанесення мастила на робочу грань головки зовнішньої рейки у кривих ділянках, що дозволяє знизити коефіцієнт тертя між колесами рухомого складу і бокового граню рейок і зменшити їх знос.

Нанесення мастила здійснюється за допомогою рейкозмазувачів (лубрикаторів) 2^х типів:

- локомотивного;
- колійного стаціонарного.

Локомотивний рейкозмазувач (лубрикатор)

У зв'язку з інтенсивним зносом рейок у кривих ділянках колії і зносу бандажів колісних пар рухомого складу на локомотивах встановлюються рейкозмазувачі націпні модульного типу.

Товщина гребеня колеса $h_{\max} = 35\text{мм}$

$h_{\min} = 25\text{мм}$

При $V > 120\text{ км/год}$ $h_{\min} = 28\text{мм}$

Лубрикатор призначений для нанесення графітізованих покриттів змащення консистенцією, яка тече на бокові грані головок рейок на ділянках великої протяжності.

До початку змазування локомотив зупиняється на прямій ділянці колії і спускається правий чи лівий модуль.

Максимальна робоча швидкість $V_{\max} = 60\text{ км/год}$; $R_{\min} = 200\text{ м}$.

Забороняється рух по:

стрілках, переїздах і сортувальних гірках.

Застосування лубрикаторів дозволяє в 5 і більше разів знизити коефіцієнт тертя і підтримує його у такому стані при проходженні 15 – 20 повновагих поїздів.

Колійні лубрикатори.

Установлюються в колії на початку кривої ділянки і подають мастило на кожне колесо поїзда.

Колеса поїзда разносять мастило протягом 2 – 3 км.

Мастило витискається на живильну пластину, розташовану на 10 – 12 мм нижче рівня верху головки рейки. Колійники 1 раз на тиждень перевіряють рівномірність виходу мастила.

Приклади застосування габаритів

1 В колійному господарстві:

а) розміщення баласту

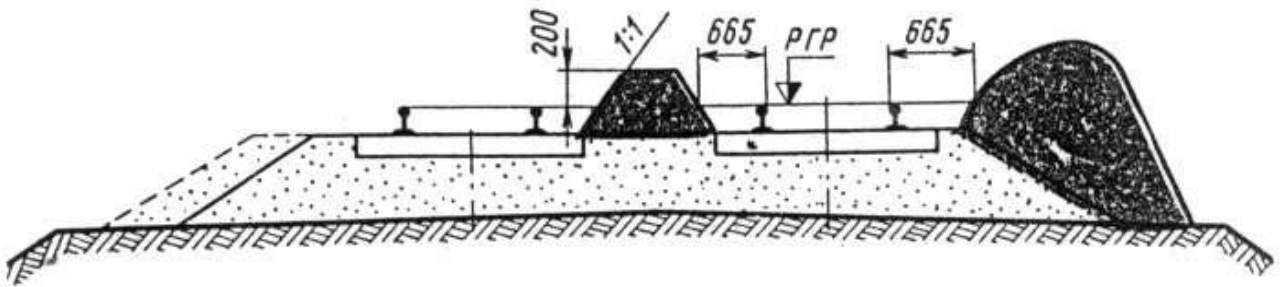


Рисунок В.1 – Габаритне положення баласту, вивантаженого для колійних робіт

б) розміщення рейок

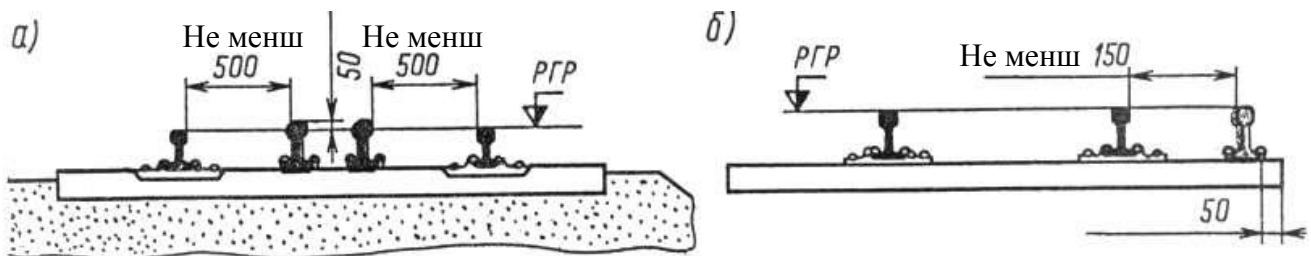


Рисунок В.2 – Габаритне положення рейок, вивантажених для колійних робіт

в) габаритні ворота на переїздах

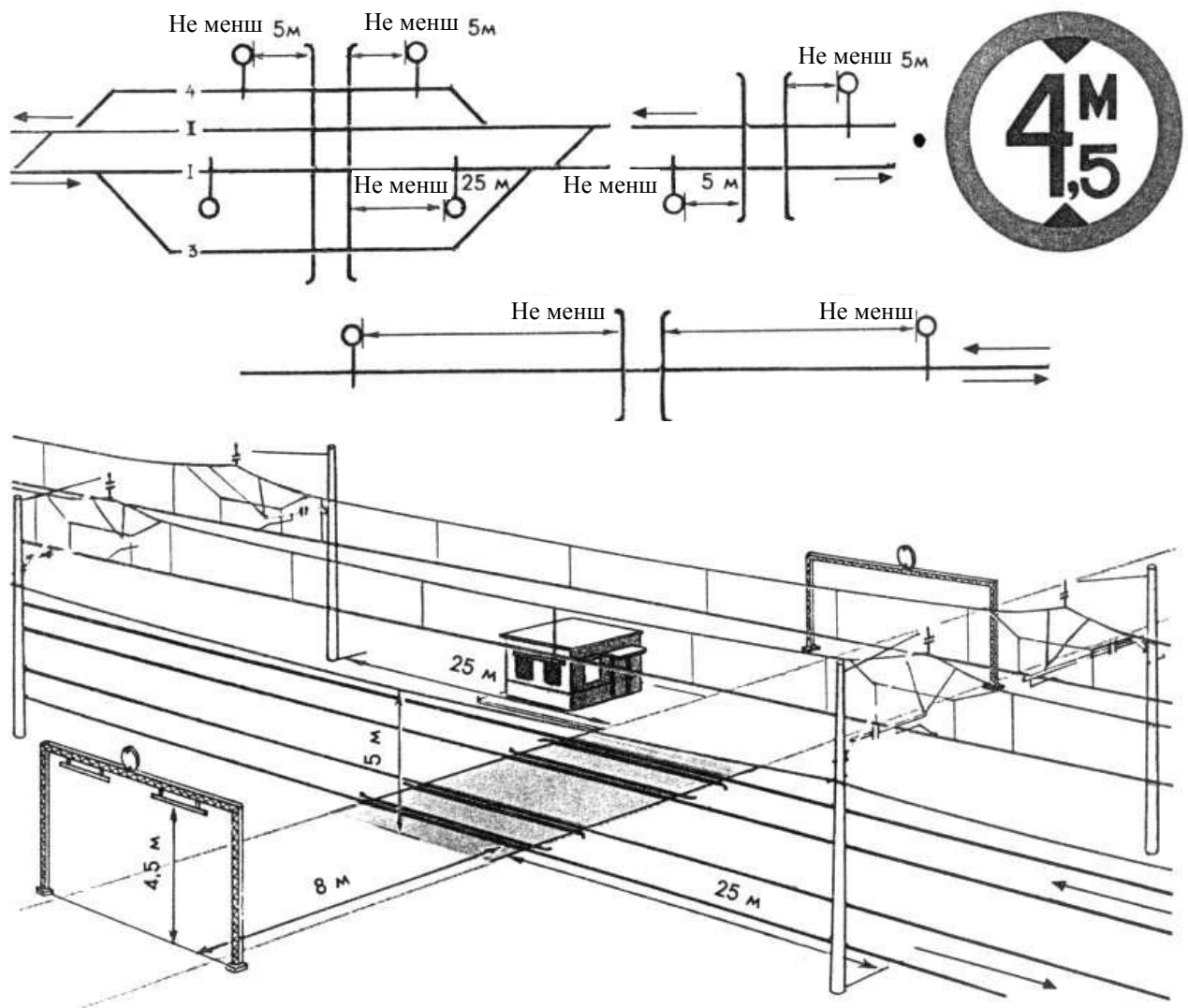


Рисунок В.3 - Розташування габаритних воріт на переїздах

2 По пристроях енергопостачання

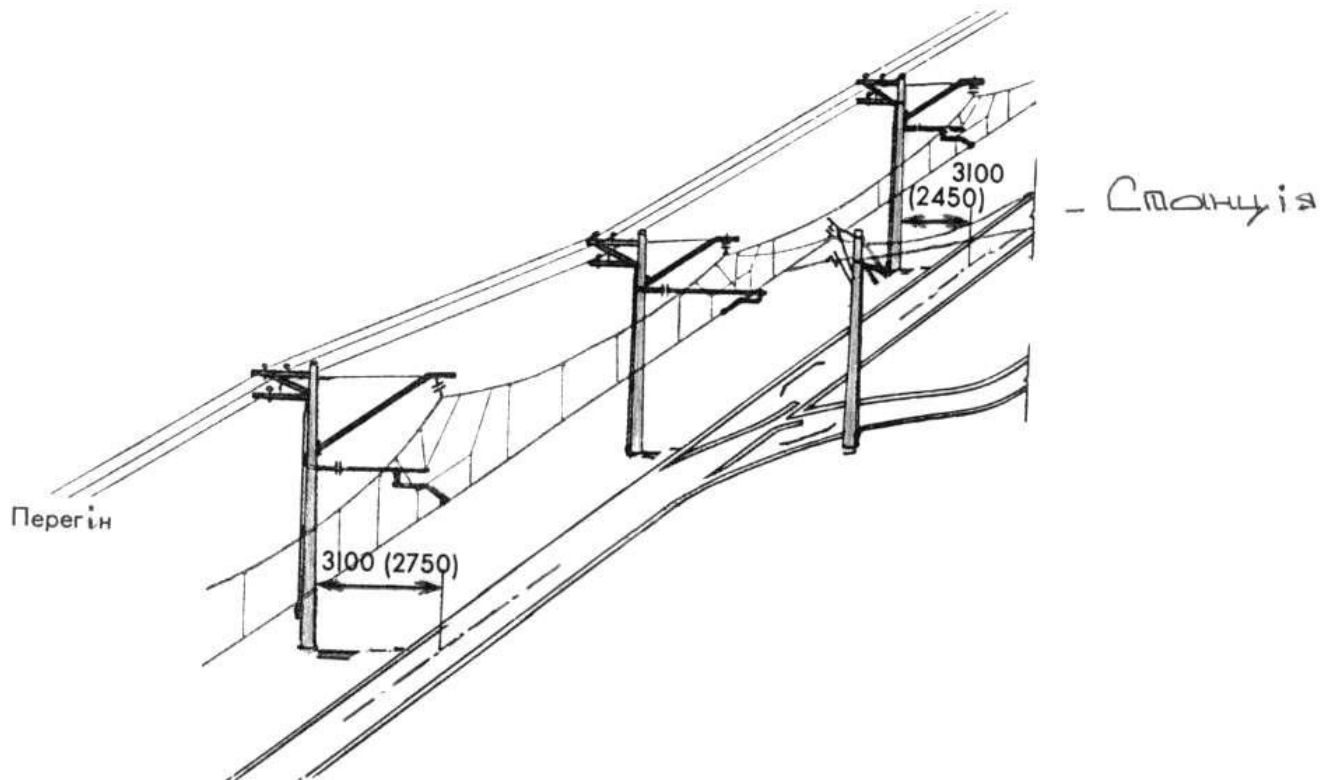
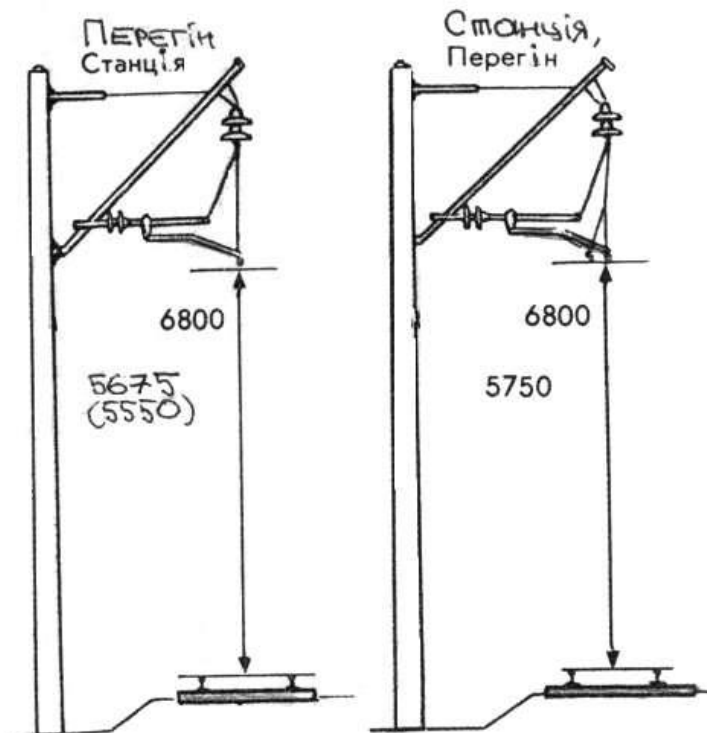


Рисунок В.4 - Відстані до опор контактної мережі



5675 мм – на коліях станцій, на яких не передбачається стоянка рухомого складу, а також для колій на перегонах при електрифікації ліній на змінному струмі; до 5550 мм – при електрифікації на постійному струмі.

Рисунок В.5 - Відстані від головки рейки до контактного проводу

Кафедра „Будівництво і експлуатація колії та споруд”

В.І. Білий

ЗАЛІЗНИЧНА КОЛІЯ

НАВЧАЛЬНИЙ ПОСІБНИК

**для студентів IV курсу
спеціальності 7.100502**

"Залізничні споруди та колійне господарство"

Донецьк – 2007

Білий Володимир Іванович

ЗАЛІЗНИЧНА КОЛІЯ

НАВЧАЛЬНИЙ ПОСІБНИК

для студентів IV курсу

спеціальності 7.100502

"Залізничні споруди та колійне господарство"

Ком'ютерний макет: *Самойлов В.В.*

Технічні редактори *Григор'єва Л.В.,
Пасько Л.С.*

Підписано до друку 20.08.2007.

Формат 60×84/16. Папір писальний. Гарн. Times New Roman.

Друк на ризографі

Умов. друк. арк. 10,0. Наклад 100 прим. Зам. № .

Донецький інститут залізничного транспорту

Надруковано в редакційно-видавничому відділі ДонІЗТ
Свідоцтво про внесення до Держ. реєстру від 22.06.2004р.,
серія ДК №1851

83018, м. Донецьк – 18, вул.Горна,6.
