



**МІНІСТЕРСТВО ТРАНСПОРТУ ТА ЗВ'ЯЗКУ УКРАЇНИ
ДЕРЖАВНИЙ ЕКОНОМІКО-ТЕХНОЛОГІЧНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ ТРАНСПОРТУ**

**Е.І. ДАНИЛЕНКО
В.Д. БОЙКО**

**ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНІ РОЗРАХУНКИ З ВИБОРУ
КОНСТРУКЦІЇ ВЕРХНЬОЇ БУДОВИ КОЛІЇ**

НАВЧАЛЬНИЙ ПОСІБНИК

Київ • 2009

Укладачі:

Даніленко Е.І., доктор техн. наук, професор кафедри “Реконструкція та експлуатація залізниць і споруд” ДЕГУТ, (розділи: 1, 2, 4, 5, 7)

Бойко В.Д., ст. викладач кафедри “Реконструкція та експлуатація залізниць і споруд” ДЕГУТ, (розділи: 3, 6, додатки)

Рецензенти:

Карпов М.І., канд. техн. наук, доцент (Київський університет економіки і технологій транспорту)

Койдан В.І., начальник відділу діагностики надійності і якості колії та нормативів відділення залізничної колії та колійних споруд (ДП «Державний науково дослідний центр Укрзалізниця»)

Даніленко Е.І., Бойко В.Д.

Техніко-економічні розрахунки з вибору конструкції верхньої будови колії: Навчальний посібник. – К.: ДЕГУТ, 2009. - 100 с.

Навчальний посібник містить основні методи і правила техніко-економічних розрахунків з вибору раціональної конструкції верхньої будови колії (ВБК), визначенню строків служби елементів верхньої будови колії, встановленню періодичності проведення ремонтно-колійних робіт, визначенню капітальних вкладень і експлуатаційних витрат, проведення порівняння варіантів ВБК за натуральними та грошовими показниками.

Посібник затверджено на засіданні кафедри “Реконструкція та експлуатація залізниць і споруд” (протокол №3 від 13 жовтня 2006 р.) та засіданні методичної комісії факультету ІРСЗТ (протокол №2 від 24 жовтня 2006 р.).

Розраховано на студентів спеціальності “Залізничні споруди та колійне господарство”.

ЗМІСТ

Вступ	4
1. Техніко-економічні розрахунки з вибору типу і конструкції верхньої будови колії (ВБК)	6
1.1. Задачі техніко-економічних розрахунків. Методика розрахунків	6
1.2. Вибір варіантів типу і конструкції верхньої будови колії для порівняння	9
2. Визначення строків служби елементів верхньої будови колії (ВБК)	11
2.1. Визначення строків служби рейок	11
2.1.1. Визначення строків служби рейок по зносу	11
2.1.2. Визначення строків служби рейок за дефектністю (за одиночним виходом)	29
2.2. Визначення строків служби скріплень	35
2.3. Визначення строків служби шпал	36
2.3.1. Строки служби дерев'яних шпал	36
2.3.2. Строки служби залізобетонних шпал	40
2.4. Визначення строків служби баласту	42
3. Встановлення періодичності ремонтів колії	49
4. Визначення капітальних вкладень та річних експлуатаційних витрат	60
4.1. Визначення капітальних вкладень та одночасних витрат	60
4.2. Визначення річних експлуатаційних витрат	61
5. Визначення сумарних витрат за прийнятими варіантами. Строк окупності витрат. Вибір раціонального варіанта конструкції колії	67
6. Порівняння варіантів верхньої будови колії за натуральними та додатковими грошовими показниками	71
7. Питання для самоперевірки	74
Використана література	76
	79
	81
	86

Вступ

Українські залізниці являють собою потужну транспортну систему. Так за насиченістю залізницями території держави Укрзалізниця займає чільне місце серед країн СНД і наближається за цим показником до найрозвинутіших європейських держав, поступаючись Німеччині, Великобританії, Польщі та Франції. За експлуатаційною довжиною залізниці України посідають 4-е місце в Європі після Німеччині, Франції та Польщі. Але за обсягами перевезень займають друге місце серед країн СНД і Європи, а на світовому рівні поступаються за показниками вантажообігу лише Росії та США, а пасажирообігу – Росії та Японії, при цьому за вище вказаними показниками Укрзалізниця працює в 3-3,5 рази інтенсивніше залізниць Європи.

Основою залізничного транспорту є колійний комплекс – залізнична колія та колійне господарство. Від безпечної та якісної роботи, в першу чергу, саме цієї галузі залежить забезпечення процесу перевезень на залізницях, а також забезпечення безпеки руху поїздів із встановленими швидкостями.

В колійному господарстві залізниць України найбільшого поширення набули нові конструкції залізничної колії та стрілочних переводів, під час виконання колійних робіт щодо ремонтів і поточного утримання застосовуються нові матеріали й технології. Також упроваджуються нові колійні машини, механізми та інструменти.

До нових конструкцій залізничної колії та стрілочних переводів в першу чергу необхідно віднести такі: безстикові рейкові пліті довжиною з перегін і блок-ділянку; рейки європейського стандарту UIC-60; пружні проміжні рейкові скріплення; стикові рейкові скріплення на основі полімерних матеріалів; стрілочні переводи на залізобетонних брусах; стрілочні переводи зі зменшеним зносом конструктивних елементів; стрілочні переводи пологих марок (1/18); стрілочні переводи нового геометричного окреслення.

Сучасні колійні машини, механізми та інструменти, що запроваджуються в колійному господарстві залізниць України, мають

покращені конструктивні характеристики, потребують менших витрат паливо-мастильних матеріалів і енергетичних ресурсів, дозволяють з більш високою якістю виконувати колійні роботи з ремонтів, поточного утримання, діагностування та контролю параметрів технічного стану залізничної колії.

Нові конструкції залізничної колії та стрілочних переводів, сучасні технології виконання колійних робіт із ремонтів і поточного утримання залізничної колії, машини, механізми та інструменти дозволяють впроваджувати в колійному господарстві залізниць України перспективні новітні ресурсозберігаючі технології, що дозволяють отримати значний техніко-економічний ефект, який полягає в економії матеріальних, грошових та людських ресурсів.

Тому для оцінки впровадження нових конструкцій залізничної колії необхідно проводити техніко-економічні розрахунки, які є заключним етапом вибору та дозволяють найбільш точно встановлювати переваги тієї чи іншої конструкції колії для конкретних умов експлуатації не лише з технічної, а й з економічної точки зору.

1. Техніко-економічні розрахунки з вибору типу і конструкції верхньої будови колії (ВБК)

1.1. Задачі техніко-економічних розрахунків. Методика розрахунків

Техніко-економічні розрахунки є заключним і головним етапом під час вибору конструкції верхньої будови колії (ВБК). Саме ці розрахунки дозволяють вибрати найраціональнішу конструкцію ВБК, в той час, як перші два етапи: 1 – вибір ВБК за наближеними залежностями; 2 – розрахунки ВБК на міцність і стійкість – не дозволяють це зробити, (перший етап дозволяє лише приблизно визначити відповідність чи невідповідність типу ВБК, який розглядається, по міцності і стійкості заданим умовам експлуатації, тобто осьовим навантаженням, швидкостям руху і температурним впливам).

Техніко-економічні розрахунки дозволяють зробити порівняльну оцінку декількох, прийнятих до розгляду варіантів ВБК (які задовольняють умовам міцності і стійкості) і вибрати з них економічно найефективніший, тобто найбільш раціональний.

Для визначення порівняльної економічної ефективності можливих варіантів ВБК можна використовувати різні методики [1,2 і 3], з яких частіше за інші застосовують дві:

1. за строком окупності додаткових витрат більш капіталомісткого варіанту:

$$t = \frac{K_1 - K_2}{E_2 - E_1} \leq t, \quad (1.1)$$

2. за мінімумом сумарних приведених витрат:

$$= + \sum_{t=1}^t E_t \eta_t + \sum_{t=0}^t C_t \eta_t \Rightarrow \min. \quad (1.2)$$

У формулах (1.1) і (1.2) позначено:

K_1 і K_2 - капітальні вкладення за 1 і 2-м порівняльними варіантами;

E_1 і E_2 - річні експлуатаційні витрати за 1 і 2-м порівняльними варіантами;
 K_i - капітальні вкладення на проведення ремонту i -го варіанту конструкції колії, грн./км (модернізація або капітальний ремонт колії);
 E_{t_i} - річні експлуатаційні витрати за i -м варіантом, грн./км за рік;
 C_i - одночасні витрати (на комплексно-оздоровчі, середні та інші ремонти) за i -му варіантом в кожному конкретному році t_i , грн./км;
 t - рік, в якому визначають витрати;
 t - строк служби найбільш довгострокового варіанту конструкції колії, років;
 η_t - коефіцієнт віддалення витрат, який визначається за формулою:

$$\eta_t = \frac{1}{(1 + E)^t}, \quad (1.3)$$

де E - норматив для приведення різночасних витрат (нормативний коефіцієнт ефективності) $E = 0,08$, приймається таким для об'єктів залізничного транспорту при нормативному строку окупності $t = 10 - 12$ років.

Методика визначення строку окупності (формула 1.1) використовується при попарному порівнянні варіантів. При цьому один з варіантів передбачає укладання більш важких рейок або інші більш дорогі елементи колії, які збільшують тим самим капітальні вкладення ($K_1 > K_2$), але за рахунок цього досягається така суттєва економія експлуатаційних витрат ($E_1 < E_2$), що строк окупності додаткових капітальних витрат є меншим, ніж строк проведення найближчого капітального ремонту.

Тобто, методику №1 визначення строку окупності (формула 1.1) для визначення порівняльної економічної ефективності варіантів звичайно використовують лише у найпростіших випадках, коли одночасні витрати одноетапні, а експлуатаційні витрати практично незмінні і рівномірно розподілені по роках.

Проте в реальних умовах необхідно враховувати те, що строки служби та строки проведення ремонтів конструкцій, що розглядаються, неоднакові. Відмінності в експлуатаційних витратах виникають не одразу, а самі витрати нерівномірно розподілені по роках. В зв'язку з цим, розрахунки за строком окупності можуть суттєво викривити уявлення про ефективність прийнятого варіанта порівняно з вихідним. Тому при рішенні задач вибору варіанта типу і конструкції колії необхідно враховувати нерівномірність експлуатаційних витрат, багатоетапність капітальних вкладень і одночасних витрат.

Всі зазначені умови враховуються при застосуванні методики №2 визначення порівняльної економічної ефективності за мінімумом сумарних приведених витрат (формула 1.2). Тому для практичних інженерних розрахунків з техніко-економічного порівняння варіантів конструкції колії і вибору раціональної конструкції слід рекомендувати використовувати методику №2 (формула 1.2). Ця методика потребує даних щодо виходу елементів колії з ладу, опору руху поїздів від колії та інших параметрів залежно від строку служби (тоннажу), що нормативами не завжди враховується, але цей метод дозволяє найбільш обґрунтовано прийняти раціональну конструкцію колії у порівнянні з іншими.

Для проведення техніко-економічних розрахунків необхідно знати параметри та етапність капітальних вкладень і одночасних витрат, а також експлуатаційних витрат, враховуючи амортизаційні відрахування. При визначенні цих параметрів необхідно враховувати види ремонтів, які застосовуються до ВБК, а також необхідно знати вартість цих ремонтів і поточного утримання колії. Всі ці характеристики розглядаються в курсі “Колійне господарство”, тому тут докладно не подаються. Відмітимо лише, що для призначення ремонтів необхідно, насамперед, вміти визначати строки служби елементів ВБК (рейок, скріплень, шпал і баласту). Ці питання розглядаються в розділі 2.

1.2. Вибір варіантів типу і конструкції верхньої будови колії для порівняння

Як відомо, тип ВБК визначається типом рейки, яка є основним елементом ВБК. Типізація ВБК основана на поділі ВБК за типами рейок залежно від заданих експлуатаційних умов. При цьому кожному типу ВБК може відповідати декілька різновидів конструктивного оформлення, які полягають як в особливостях улаштування ВБК (ланкова або безстикова колія, різна епюра укладання шпал), так і у використанні різних елементів ВБК (баласт, шпали, скріплення та ін.). Вибір варіанта типу і конструкції ВБК для заданих умов експлуатації, як правило, поділяється на декілька етапів: 1 етап – приблизне визначення типу рейки за емпіричними залежностями між масою рейки і заданими умовами експлуатації; 2 етап – визначення типу ВБК і конструкції колії за затвердженою типізацією ВБК, залежно від заданих умов експлуатації; 3 етап – розрахунки на міцність і стійкість вибраного типу ВБК; 4 етап (заключний) – техніко-економічні розрахунки з вибору раціональної конструкції ВБК на основі порівняння техніко-економічних показників варіантів, що порівнюються.

- і вибору раціональної конструкції
, :

а) - , визначені за приблизними емпіричними залежностями, з урахуванням умов експлуатації (формула проф. Г.М. Шахунянца (1.1.1) [3]);

б) - , відповідають прийнятій на залізницях типізації ВБК, яка встановлена Положенням про проведення планово-запобіжних ремонтно-колійних робіт на залізницях України [4], з урахуванням існуючих на залізницях експлуатаційних умов (за вантажонапруженістю і швидкостями руху);

в) - , відповідають по міцності і стійкості заданим умовам експлуатації (тобто результати виконаних розрахунків на міцність і стійкість демонструють відповідність прийнятого типу ВБК заданим експлуатаційним

умовам, а саме: осьовим навантаженням, встановленим швидкостям руху та відповідним температурним впливам);

г) - , крім прийнятого по пунктах),),) вихідного варіанту ВБК для порівняльних розрахунків, приймаються один або два інші типи ВБК, які також задовольняють п. п.),),), але конструктивно мають інші особливості або елементи, що робить ці типи ВБК конкурентноспроможними з вихідним типом ВБК.

Таким чином для техніко-економічного порівняння приймають два або більше варіантів: один (вихідний), той, що підібраний по п. п.),) та перевірений по п.) розрахунками на міцність і стійкість та інший (або 2 і більше інших), порівняний з вихідним і конкурентноспроможний з ним, але який не поступається йому по міцності і стійкості, (так, наприклад, якщо вихідний варіант прийнятий: Р50 ланкової колії на дерев'яних шпалах при щебеновому баласті, то для порівняння можуть бути прийняті: а) Р50 безстикової колії на залізобетонних шпалах при щебеновому баласті; б) Р65 ланкової колії на дерев'яних шпалах; в) Р65 безстикової колії на залізобетонних шпалах та інші. Або інший приклад: якщо за вихідний варіант прийнято Р65 ланкової колії на дерев'яних шпалах при костильному скріпленні та на щебеновому баласті, то для порівняння можуть бути прийняті: а) Р65 ланкової колії на дерев'яних шпалах при роздільному скріпленні; б) Р65 ланкової колії на залізобетонних шпалах; в) Р65 безстикової колії на залізобетонних шпалах при роздільному скріпленні з жорсткими клемами; г) Р65 безстикової колії на залізобетонних шпалах при роздільному скріпленні з пружними клемами та інші).

2. Визначення строків служби елементів верхньої будови колії

2.1. Визначення строків служби рейок

Строки служби рейок визначаються їх або . В нормальних умовах, тобто при належній якості рейок (яка відповідає вимогам встановлених колісних навантажень), а також при правильній технічній експлуатації колії і нормальному (безаварійному) впливі технічно-справного рухомого складу, рейки повинні виходити з ладу по зносу поверхні кочення їх головки при досяганні регламентованих норм зносу.

Однак, внаслідок різних причин, пов'язаних з недоліками виготовлення рейок, утримання колії або ненормальним впливом рухомого складу в сучасних умовах експлуатації, рейки виходять з ладу передчасно, до досягнення регламентованого зносу по дефектності.

На вітчизняних залізницях лише в кривих малих радіусів ($R \leq 650$ м) строк служби рейок, як правило, визначається зносом, а в інших випадках – дефектністю. В даний час строки служби рейок по дефектності в прямих і пологих кривих в 2 – 3 рази менший, ніж по зносу.

2.1.1. Визначення строків служби рейок по зносу

Головка рейки під час впливу коліс рухомого складу зношується по площинам контакту рейки і коліс. Контактна взаємодія коліс і рейки відбувається по верхній поверхні кочення головки рейки, а також по боковій робочій грані і радіусній викружці, яка з'єднує поверхню кочення і бокову робочу грань. Таким чином має місце вертикальний знос поверхні кочення головки (від впливу ободів коліс) і боковий знос робочої грані рейки (від впливу гребенів коліс) (рис. 2.1).

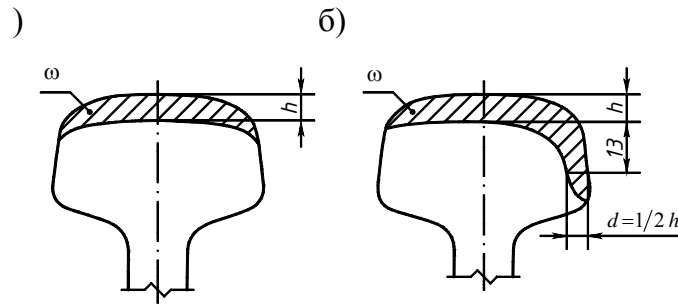


Рис. 2.1

В кількісному відношенні – величина зносу залежить від кількості колісних впливів (тобто пропущеного по рейках тоннажу, T), а також від величини діючих колісних навантажень P і швидкості руху коліс відносно рейок та інших фактів. В якісному відношенні слід розуміти, що те, що прийнято називати зносом поверхні кочення головки рейки, є насправді деформація (тобто зміни розміру і форми) головки рейки під впливом навантажень. Фізично ця деформація початкового окреслення головки рейки пояснюється наслідком двох процесів, що протікають одночасно: зминанням металу під впливом високих контактних тисків і його стиранням внаслідок тертя кочення. В першому випадку відбувається деформація зминання, в другому – винос частинок металу з поверхні кочення рейки. І в тому і в іншому випадку це виражається у зменшенні початкових розмірів головки рейки по висоті і ширині, що й прийнято називати вертикальним і боковим зносом.

Дослідження [5,6] показали, що знос ω залежить від цілої низки експлуатаційних факторів:

$$\omega = f(T, P, V, d, \Delta P). \quad (2.1)$$

До експлуатаційних факторів відносяться:

T - пропущений по рейках тоннаж, млн. т брутто за період, який розглядається;

P - статичні колісні навантаження на осі рухомого складу, який пройшов по рейках (в розрахунках зазначена характеристика враховується

середньозваженою по тоннажу величиною пропущених колісних навантажень, кН/вісь);

V – дотична швидкість переміщення коліс відносно рейки (в розрахунках слід враховувати середньозважену по тоннажу швидкість рухомого складу, м/с);

d – діаметри коліс рухомого складу, який пройшов по рейках (в розрахунках враховується середньозваженим значенням діаметрів коліс, що пройшли по рейках, м);

ΔP – додаткові до статичного колісного навантаження динамічні силові добавки від коливань рухомого складу, які передаються від коліс на рейки.

Криву залежності глибини зносу рейок від переважаючого експлуатаційного фактора – пропущеного тоннажу $h = f(T)$ (рис. 2.2) можна описати залежністю, близькою до рівняння параболи:

$$h = aT^{\frac{1}{2}} + bT. \quad (2.2)$$

Залежність (2.2) враховує в накопиченні зносу вплив двох вищезгаданих фізичних процесів, що протікають одночасно: за рахунок зминання металу в результаті впливу високих контактних тисків і за рахунок стирання металу внаслідок фрикційної взаємодії між колесами і поверхнею кочення. Ведуча роль того чи іншого фізичного процесу визначається інтенсивністю накопичення зносу в конкретний період експлуатації. Структура формули (2.2) прямо відповідає фізичній сутності явища зносу.

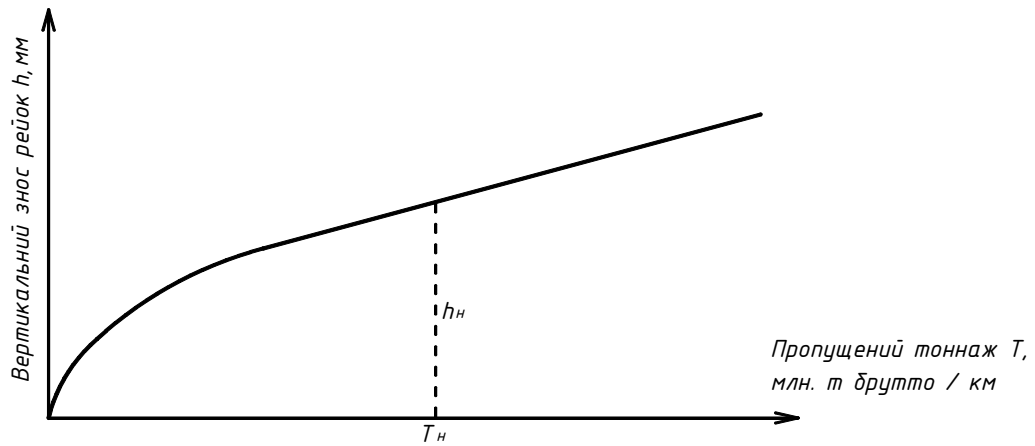


Рис. 2.2

В початковий період експлуатації накопичення зносу відбувається головним чином за рахунок зминання металу і в цей період найбільше навантаження бере на себе 1-й член правої частини рівняння (2.2), з функціональним коефіцієнтом , потім, після набуття наклепу металу на поверхні кочення, накопичення зносу продовжується, головним чином, за рахунок стирання металу, і в цей період найбільше навантаження бере на себе 2-й член правої частини рівняння (2.2), з функціональним коефіцієнтом при пропущеному тоннажі, .

Усі інші експлуатаційні фактори (крім пропущеного тоннажу,) у формулі (2.2) можна врахувати за допомогою коефіцієнтів і . В роботі [6] показано, що коефіцієнти і функціонально взаємопов'язані з цілим комплексом експлуатаційних умов.

В цій же роботі знайдено вираз комплексної (інтегральної) характеристики експлуатаційних умов у вигляді:

$$U = f(P, V, d, \Delta P) = \frac{\bar{P}_{(T)} \cdot \bar{V}_{(T)}}{g \cdot \bar{d}_{(T)}} + \frac{\Delta P_{(K)} \cdot \Delta t}{\bar{d}_{(T)}}, \quad (2.3)$$

де $\bar{P}_{(T)}$; $\bar{V}_{(T)}$; $\bar{d}_{(T)}$ - середньозважені по тоннажу значення колісного навантаження швидкості руху і діаметрів коліс рухомого складу, що пропускається по рейках;

$\Delta P_{(K)}$ - додаткова до статичного навантаження динамічна добавка контактної сили від коливань рухомого складу ($\Delta P_{(K)} = f(V)$);

Δt - час дії динамічної сили при проходженні колесом нерівності;

g - прискорення сили тяжіння.

Функціональна залежність коефіцієнтів і рівняння (2.2) від комплексної характеристики експлуатаційних умов U має вигляд:

$$\left. \begin{aligned} a_i &= (K_1)_i \cdot U + (C_1)_i - |b|^{1/2}, \\ i &= A_i \cdot \sin(\bar{\omega} \cdot U + \varphi_i) + (K_2)_i; \end{aligned} \right\} \quad (2.4)$$

де K_1 , K_2 , C_1 - числові коефіцієнти, які визначаються розрахунком і мають конкретні значення для кожного типу рейки (з урахуванням їх якості);

A_i , ω , φ_i - відповідно амплітуда, кругова частота і фаза зміщення відносно початку координат синусоїди, по рівнянню якої змінюється величина коефіцієнта рівняння (2.2).

Враховуючи те, що допустиме значення глибини зносу рейки h нормується Технічними умовами [7], можна з формули (2.2) отримати значення нормативного допустимого строку служби рейок по зносу:

$$T = \frac{a^2 + 2h \cdot \frac{a^2}{2 \cdot \frac{a^2}{2}}}{2 \cdot \frac{a^2}{2}} + \left[\left(\frac{a^2 + 2h \cdot \frac{a^2}{2}}{2 \cdot \frac{a^2}{2}} \right)^2 - \left(\frac{h}{\frac{a^2}{2}} \right)^2 \right]^{\frac{1}{2}}. \quad (2.5)$$

Поточне значення глибини зносу h_i в будь-який момент експлуатації відповідно до [6] може бути знайдено залежно від пропущеного тоннажу і всього іншого комплексу експлуатаційних умов U_i за формулою:

$$\begin{aligned} h &= \left[K_1 \cdot U_i + C_1 \pm \sqrt{A_i \cdot \sin \left(\frac{\pi \cdot U_i}{|U_{B \max} - U_{B \min}|} + \varphi_i \right) + K_2} \right] \cdot \sqrt{T} + \\ &+ \left[A_i \cdot \sin \left(\frac{\pi \cdot U_i}{|U_{B \max} - U_{B \min}|} + \varphi_i \right) + K_2 \right] \cdot T. \end{aligned} \quad (2.6)$$

Слід відмітити, що залежність виду (2.2) донині застосовувалась лише в додатку до досліджень зносу рейкових елементів стрілочних переводів, але не застосовувалась щодо звичайних рейок. Залежність виду (2.5) взагалі є результатом найновіших досліджень 1990-х – 2000 рр. і в широких інженерних

розрахунках поки що не застосовувалась. Проте сучасні дослідження [6,8] показали правильність і доцільність використання цих залежностей для усіх рейкових елементів як для звичайної колії, так і для стрілочних переводів. Задача полягає лише в тому, щоб правильно встановити значення коефіцієнтів β для різних типів рейок.

В зв'язку з тим, що в існуючій технічній літературі поки відсутні результати досліджень з визначення коефіцієнтів β і рівняння (2.2) для рейок, скористаємося при розрахунках строку служби рейок по зносу іншою методикою, апробованою в раніше виконаних дослідженнях і практичних розрахунках. Ця методика основана на тому, що встановлює взаємозв'язок між пропущеним по рейках тоннажем T і допустимим зносом $[\omega]$ через величину так званої характеристики «питомого зносу» головки рейки β .

Оскільки головка рейки зношується колесами, які по ній проходять, то знос вимірюється площею зносу ω поперечного зрізу головки рейки (рис. 2.1), яку можна визначити за виразом:

$$\omega = \beta T. \quad (2.7)$$

Допустиму величину площі зносу прийнято визначати за формулою:

$$[\omega] = b[h] - \varepsilon. \quad (2.8)$$

Допускається експлуатувати рейки в колії доти, доки розрахунковий знос головки не перевищить допустимий:

$$\omega \leq [\omega] \quad (2.9)$$

Допустима величина зносу головки рейки $[\omega]$ нормується Технічними умовами [7] залежно від типу рейки і встановлених швидкостей руху поїздів. Таким чином, використовуючи формулу (2.7), можна вивести вираз для визначення допустимого строку служби рейок по зносу (в млн. т бруто пропущеного тоннажу):

$$T = \frac{[\omega]}{\beta}. \quad (2.10)$$

Строк служби рейок в роках визначається за формулами:

при постійній вантажонапруженості:

$$t_p = \frac{T}{0}, \quad (2.11, a)$$

при змінній вантажонапруженості:

$$t_p = \frac{\lg(\alpha(\frac{T}{01}) + 1)}{\lg(\alpha + 1)}. \quad (2.11, б)$$

У формулах (2.7) – (2.11) позначено:

β - питомий знос головки рейки, який вимірюється в мм² площі головки рейки, що набувається за кожний 1 млн. т бруто пропущеного тоннажу, мм²/млн. т;

T - тоннаж, який пройшов по рейці, млн. т;

$[\omega]$ - площа зносу, яка допускається, мм²;

b - ширина головки рейки по верху (в розрахунковій площині на відстані 13 мм від поверхні кочення), мм;

ε - параметр, який враховує викривлення обрисів форм головки рейки у порівнянні з прямокутником (для рейок сучасних типів $\varepsilon \approx 70$ мм²);

$[h]$ – допустиме значення приведенного зносу рейки, мм;

t_p - строк служби рейок, років;

T_0 - постійна вантажонапруженість по роках;

T_{01} - вантажонапруженість у 1-ий рік після укладання рейок (при змінній вантажонапруженості по роках);

α - річний приріст вантажонапруженості, долі одиниці. Якщо відсутні спеціальні вказівки (наприклад, змінна вантажонапруженість може задаватись у табличному вигляді), тоді можна приймати α в межах $\alpha = 0,02 \div 0,04$.

В кривих ділянках колії площа приведенного зносу ω залежить від глибини приведенного зносу, який визначається як сума вертикального і половина бокового. (Вертикальний знос h вимірюється по осі головки рейки,

боковий h - по горизонталі на відстані 13 мм від поверхні кочення головки рейки).

$$h = h + 0,5h . \quad (2.12)$$

Допустимі значення приведенного зносу наведено в [7]. Так, для головних колій з вантажонапруженістю за рік від 10 млн. т км брутто /км за рік та більше (при $V \leq 120$ км/год. та $V \leq 90$ км/год.) приведений знос допускається для рейок Р50 – 10 мм, а для рейок типів Р65 та Р75 – 12 мм; при вантажонапруженості менше 10 млн. т км/км за рік – відповідно 13 мм та 16 мм.

Для вирішення задач з визначення середнього строку служби рейок для ділянки колії, необхідно визначити значення питомого зносу головки рейки β від впливу кожного типу коліс, які проходять по голівці рейки, потім знайти середньозважене значення $\bar{\beta}$ від впливу усіх коліс, які проходять по ділянці і лише після цього можна визначити середнє значення питомого зносу для цілої ділянки колії β .

Питомий знос головки рейки від дії коліс рухомого складу β залежить від типів і осьового навантаження коліс, тягових режимів руху, плану лінії, кліматичних умов [3, 9]. Для однотипних коліс та подібних тягових та кліматичних умов питомий знос визначається за формулою:

$$\beta_k = \alpha \lambda \cdot c \cdot K \left(n_{\psi} \frac{P_k}{r_k} \right)^n (1 + aS^m). \quad (2.13)$$

Після підставлення конкретних значень α , a та m отриманих в результаті обробки великої кількості експериментальних даних за декілька років формула питомого зносу рейки від впливу одиночного колеса матиме вигляд:

$$\beta_k = 1,3\lambda \cdot c \cdot K n_{\psi} \frac{P_k}{r_k} (1 + 9S^2). \quad (2.13, a)$$

Параметри, які входять до формули (2.13, а) знаходяться за такими виразами:

$$\left. \begin{aligned}
 \lambda &= \frac{900}{R} + \frac{100000}{R^2} \alpha ; \\
 \lambda &= \frac{900}{R} + \frac{200000}{R^2} \alpha ; \\
 \lambda &= \frac{900}{R} ; \\
 c &= 0.5 + 11600 \frac{k}{U} ; \\
 K &= K_0 \cdot K_1 ; \\
 S &= S_0 + S_\mu ; \\
 S_\mu &= 0.4\mu + 1.6\mu_0 ; \\
 \mu &= \mu_0 \frac{F_k}{F_{k \max}} .
 \end{aligned} \right\} \quad (2.14)$$

В формулах (2.13 – 2.14) позначені:

λ - середнє значення параметра, який враховує вплив кривих ділянок колії радіусом R ;

λ і λ - аналогічні параметри для зовнішньої та внутрішньої рейок, при $R \geq 1000$ м треба приймати $\lambda = \lambda = \lambda \cong 1$;

λ - параметр, який враховує вплив лубрикації (середнє для зовнішньої та внутрішньої рейок) (при повному усуненні бокового зносу $\lambda = 0$, при відсутності лубрикації $\lambda = 1$);

P_k - колісне статичне навантаження, т ;

r_k - радіус колеса, см ;

c - параметр, який враховує вплив конструкції верхньої будови колії ;

U - модуль пружності підрейкової основи, МПа ;

k - коефіцієнт відносної жорсткості підрейкової основи та рейки, см⁻¹ .

Коефіцієнт якості сталі K , що залежить від технології виготовлення рейок K_0 та від вмісту вуглецю в сталі K_1 . Для термічно необроблених рейок $K_0=1$, для загартованих $K_0=0,55 \div 0,66$. (Перше значення відноситься до 1-го класу термообробки, друге – до 2-го класу). Параметр K_1 визначається за такими формулами залежно від кількості вуглецю в сталі:

$$K_1 = 1,0 + 1,4(0,76 - C) \text{ (при вмісті вуглецю в сталі } C=0,66 \div 0,759);$$

$$K_1 = 1,14 + 4,56(0,66 - C) \text{ (при } C=0,63 \div 0,659);$$

$$K_1 = 1,28 + 35,0(0,63 - C) \text{ (при } C=0,4 \div 0,629).$$

Коефіцієнт n_{ψ} враховує умови зчеплення коліс з рейками. В звичайних умовах $n_{\psi}=1$. Під час несприятливих умов (ожеледь) “Правила тягових розрахунків” [11] допускають зниження коефіцієнта зчеплення до 85%, тобто $n_{\psi}=0,85$. В зимовий час при мінусових температурах (нижче -10°C) коефіцієнт зчеплення різко знижується у порівнянні з літніми умовами, тому його можна приймати $n_{\psi}=0,67$.

Відносне ковзання колеса по рейці позначене через S , %. Відносне ковзання S_0 , яке не залежить від навколишніх умов, для незношених і справних ходових частин рухомого складу можна приймати за даними **табл. 2.1**. Відносне ковзання S_{μ} залежить від обвідного зусилля колеса (сили тяги, гальмування, опору руху), і приймається за **табл. 2.2**.

Другий член у виразі для S_{μ} починає впливати лише при $\mu \geq 0,4$ [9].

2.1

Екіпаж	Діаметр колеса, см	S_0	Екіпаж	Діаметр колеса, см	S_0
Вагони навантажені	105	0,055	Локомотив	150	0,035
	95	0,060		120	0,040
Вагони порожні	105	0,040		105	0,050
	95	0,045			

2.2

μ	S_{μ}	μ	S_{μ}	μ	S_{μ}
0,0001	0,0000	0,3000	0,1200	0,9000	0,8621
0,0005	0,0002	0,4000	0,1600	1,0000	2,000
0,0010	0,0004	0,5000	0,2008	1,1000	4,96469
0,0100	0,0040	0,6000	0,2458	1,2000	12,36778
0,1000	0,4000	0,7000	0,3116	-	-
0,2000	0,0800	0,8000	0,4574	-	-

Величина F_k являє собою обвідне зусилля, що реалізується, а $F_{k \max}$ - найбільше обвідне зусилля колеса, при перевищенні якого починається буксування, а при гальмуванні – юз.

Коефіцієнт μ_0 враховує можливі відступи розрахункових умов від фактичних, неточність визначення сили й інші умови. В середньому $\mu_0=1$ для вагонів і $\mu_0=1,1$ для локомотивів. Проте значення μ в звичайних умовах не повинно перевищувати 1,1. Тому, якщо по розрахунках отримано $\mu > 1,1$, його слід приймати $\mu=1,1$.

Сила тяги, що створюється різними колесами локомотивів, різна. Ця різниця для електровозів і тепловозів може доходити до 12 %. Розрахункове значення колового тягового зусилля для кожного колеса i -ї осі локомотива $F_{k,i}$ (при кількості осей в секції локомотива n) визначається через загальне тягове зусилля локомотива F_{k-} за формулою (2.15), де частка участі i -го колеса в створенні загальної сили тяги всього локомотива позначена через α_i :

$$F_{k,i} = \alpha_i F_{k-} \quad ; \quad \alpha_i = \frac{1}{2n} \left(1 \pm \frac{\gamma}{n-2} i \right). \quad (2.15)$$

Значення γ приймається рівним $\gamma \approx 0,12$; приймається послідовно від 0 до $0,5 \cdot (n-2)$. Значення α_i підраховують для двох осей: для однієї зі знаком плюс в дужках, для іншої – зі знаком мінус.

Розрахункове значення F_{k-} для локомотива при відомих вагах вагонного складу поїзда Q і локомотива P для рівномірного руху визначається за правилами тягових розрахунків за формулою:

$$F_{k-} = \omega_0'' \cdot Q + \omega_0' \cdot P + \omega_r (Q + P) + \omega_i (Q + P), \quad (2.16)$$

де ω_0'' - основний питомий опір руху завантажених вагонів у складі поїзда, визначається за формулами:

- для двовісних вагонів на підшипниках ковзання

$$\omega_0'' = 1,4 + \left(0,02 + \frac{0,25}{P} \right) V, \quad (2.17, a)$$

- для завантажених чотиривісних вагонів ($P > 6$ т) на підшипниках ковзання і шестивісних вагонів на роликівих підшипниках:

$$\omega_0'' = 0,7 + \frac{8 + 0,1V + 0,0025V^2}{P}, \quad (2.17, б)$$

- для завантажених чотиривісних вагонів ($P > 6$ т) на роликівих підшипниках:

$$\omega_0'' = 0,7 + \frac{3 + 0,1V + 0,0025V^2}{P}, \quad (2.17, в)$$

- для пасажирських суцільнометалевих вагонів:

$$\omega_0'' = 1,2 + 0,012V + 0,0002V^2. \quad (2.17, г)$$

У формулах (2.16 – 2.17, г і далі) одиниці виміру приймають: ω_0'' - кг/т; V - середня швидкість рух поїзда, км/год.; P - середнє для вагонного складу поїзда значення осьового навантаження на рейки, т; ω_0' - основний питомий опір руху локомотивів, кг/т, визначається за формулами:

- в тяговому режимі:

$$\omega_0' = 1,9 + 0,01V + 0,0003V^2, \quad (2.18, а)$$

- на холостому ході (без струму):

$$\omega_x = 2,4 + 0,011V + 0,00035V^2, \quad (2.18, б)$$

ω_r - додатковий опір від кривої, визначається за формулами:

- при довжині поїзда $L \leq R\beta$:

$$\omega_r = \frac{200}{R} + 1,5a, \quad (2.19, а)$$

- при довжині поїзда $L > R\beta$:

$$\omega_r = \left(\frac{200}{R} + 1,5a \right) \frac{R\beta}{L}, \quad (2.19, б)$$

де a – непогашена частина відцентрового прискорення (абсолютне значення), м/с², що визначається за формулою:

$$a = \frac{V^2}{R} - \frac{gh_0}{S_1}, \quad (2.20)$$

де β - кут повороту лінії, виражений в радіанах;

R - радіус кривої, м;

L - довжина поїзда, м;

S_1 - відстань між осями колії, м;

ω_i - додатковий питомий опір від ухилу, визначається:

$$\omega_i = i. \quad (2.21)$$

Зі знаком плюс приймається ухил під час руху поїзда на підйом, і зі знаком мінус – під час руху на спуск. Величина ухилу приймається в промілях, ‰.

$$\left(\begin{array}{l} \text{...} \\ \text{...} \end{array} \right), \quad \lambda \quad (2.13)$$

$$\left(\begin{array}{l} \text{...} \\ \text{...} \end{array} \right), \quad (2.16)$$

$$\omega_r(Q + P)).$$

Найбільша розрахункова сила F_{\max} , (кг) зчеплення одного рухомого колеса, при перевищенні якої починається недопустиме буксування, чи найбільше можливе гальмівне зусилля одного колеса, при перевищенні якого починається недопустимий юз, визначається за формулою:

$$F_{k-\max} = 1000m\psi_k P_k, \quad (2.22)$$

де m - коефіцієнт переходу від коефіцієнта зчеплення до коефіцієнта тертя;

ψ_k - коефіцієнт зчеплення або коефіцієнт юзу;

P_k - статичне навантаження на колесо, т.

Значення m можна прийняти: 1,17 для паровозів; 1,06 для тепловозів і електровозів; для вагонів 1,00; при гальмуванні 1,00.

Значення ψ_k відповідно [10] визначається за формулами:

для тепловозів і електровозів постійного струму

$$\psi_k = 0,25 + \frac{8}{100 + 20V}, \quad (2.23, \text{ а})$$

для електровозів змінного струму:

- при швидкостях руху V до 40 км/год.:

$$\psi_k = 0,228 + \frac{7}{53 + 3V}; \quad (2.23, \text{ б})$$

- при швидкостях руху V від 40 до 150 км/год.:

$$\psi_k = 0,09 + \frac{95}{413 + 3V}. \quad (2.23, \text{ в})$$

Коефіцієнт юзу ψ_k для вагонів наведено в **табл. 2.3**.

2.3

Швидкість, V, км/год.	0	10	20	30	40	50	60	70	80
ψ_k	0,240	0,100	0,085	0,070	0,065	0,060	0,055	0,050	0,045
Швидкість, V, км/год.	90	100	110	120	130	140	150	160	
ψ_k	0,040	0,040	0,035	0,035	0,030	0,030	0,030	0,030	

Розрахунок колових зусиль на колесах для вагонних коліс

Розрахункові колові зусилля у вагонів від кожного колеса рівні основному опору, який розвивається колесом, за вирахуванням частини, що залежить від повітряного опору, і з урахуванням впливу конструкції колії та визначаються за формулою:

$$F_k = P_k \left[n_{\psi} (1 + \alpha_i) \omega_0 + \tau + \frac{14}{q} - 0,28 - \frac{V^2}{an_0} \right]. \quad (2.24)$$

У формулі (2.24) крім відомих позначень:

q - маса рейки, кг/пог. м;

n - кількість осей у екіпажу;

ω_0 - навантаження на його вісь, т/вісь;

τ - опір від гальмування, кг/т, який враховується тільки від дії гальмівних коліс. При відсутності гальмування $\tau = 0$.

Параметр τ приймає такі значення: для вантажного вагона – 105, пасажирського вагона – 97, вантажного локомотива – 20, пасажирського локомотива – 27.

Значення питомої гальмівної сили поїзда τ , кг/т, визначається відповідно до [10] за формулою:

$$\tau = \frac{1000 A \varphi \theta}{P}, \quad (2.25)$$

де θ – розрахункова величина натискання однієї колодки на одне колесо, виражене як і в т. Величини θ визначаються при чавунних колодках [10] чи по табл. 2.4.

2.4

Вагони	2А, т	Локомотиви	2А, т при режимі	
			завантаженому	порожньому
Вантажні:		ЧС1, ЧС3, Ф, Ф ^П , К, ЧС2, ЧС4:	14,0	-
а) на порожньому режимі гальмування	3,5	а) при швидкісному режимі	16,0	-
б) з однорежимним гальмом	3,5	б) при швидкісному режимі, але швидкостях менше 60 км/год. і при пасажирському режимі	12,0	-
Чотиривісні і двовісні вантажні:		в) при наявності допоміжного гальма	13,0	-
на завантаженому режимі	7,0	ВЛ80, ВЛ80 ^К	14,0	-
на середньому режимі	5,0	ВЛ23, ВЛ60 (усіх індексів)	11,0	5,0*
		Електровози інших серій	10,0	5,0*

Рефрижераторний рухомий склад:		Тепловози:		
на завантаженому режимі	9,0	ТЕП60, ТЕ1	12,0	5,0*
на середньому режимі	6,0	ТЕП 10, ТЕ7	11,5	-
Чотиривісні ізотермічні і багажні суцільнометалеві з одностороннім гальмуванням	6,0	ТЕ2, ТГ102	9,0	4,0
Суцільнометалеві пасажирські (СМВ)	10,0	ЧМЕЗ	11,0	5,0
Пасажирські довжиною 20,2 м і більше	9,0	ТГМЗФ	8,0	4,0
Суцільнометалеві міжобласного типу:		Тепловози інших серій	10,0	5,0*
з тарою 48 т і більше	9,0			
з тарою до 48 т	8,0			
Інші пасажирського парку	6,5			
* При наявності порожнього режиму				

Розрахункові сили натискання композиційних колодок у пасажирських вагонів при перерахунку на чавунні колодки приймаються однаковими з чавунними при швидкостях руху до 60 км/год. При швидкостях від 60 до 100 км/год. вони збільшуються на 10%, від 100 до 110 км/год. – на 15%, від 110 до 120 км/год. – на 20%, від 120 до 140 км/год. – на 25%, від 140 до 160 км/год. – на 30%.

Розрахункові сили натискання 2 для восьми-, шести- та чотиривісних вагонів, що експлуатуються з композиційними колодками, приймаються за спеціально встановленими нормами [10].

Розрахункові коефіцієнти тертя колодок визначаються за формулами:

- для чавунних стандартних колодок:

$$\varphi = 0,27 \frac{V + 100}{5V + 100}, \quad (2.26, \text{ а})$$

- для чавунних колодок з підвищеним вмістом фосфору:

$$\varphi = 0,30 \frac{V + 100}{5V + 100}, \quad (2.26, \text{ б})$$

- для композиційних колодок:

$$\varphi = 0,36 \frac{V + 150}{5V + 150}. \quad (2.26, \text{ в})$$

Значення θ приймаються $\theta = 0,6$ при звичайному службовому гальмуванні для зупинок на станціях і роздільних пунктах, передбачених графіком руху поїздів, $\theta=0,5$ при гальмуванні вантажних поїздів і $\theta=0,8$ – пасажирських поїздів з локомотивною тягою, а також для електро- і дизель-поїздів. При повному службовому гальмуванні для усіх поїздів $\theta=0,8$, а при екстреному гальмуванні приймається $\theta=1,0$.

Максимально можлива величина колового зусилля колеса $F_{k-\max}$ при гальмуванні (до настання юзу) визначається за тією самою формулою (2.22), що і для локомотивів.

В середньому від усіх коліс локомотива або \dots β_e визначається з тієї умови, що знос від проходу усіх коліс рухомої одиниці, що має \dots осей, або 2 коліс є сума зносу від окремих коліс:

$$\sum_{i=1}^{i=2n} \beta \cdot P = \beta_e \sum_{i=1}^{i=2n} P \quad (2.27)$$

Звідси значення питомого зносу β_e знаходиться за формулою:

$$\beta_e = \frac{\sum_{i=1}^{i=2n} \beta P}{\sum_{i=1}^{i=2n} P} \quad (2.28)$$

$\bar{\beta}_e$, з одноманітним режимом ведення поїзду визначається як сума впливів усіх одиниць рухомого складу за формулою:

$$\bar{\beta}_e = \sum_{i=1}^{i=m} \beta_{e-i} \varepsilon_{e-i} \quad (2.29)$$

де ε_{e-i} - частки за масою \dots -го однотипного рухомого складу від усіх типів рухомих одиниць, що проходять по даному елементу ділянки колії;

β_{e-i} - питомий знос від \dots -го типу рухомого складу.

$\bar{\beta}_e$

:

$$\beta = \sum_{i=1}^{i=m} \bar{\beta}_{e-i} \Delta i. \quad (2.30)$$

Величина Δi у формулі (2.30) є часткою від протяжності усієї ділянки, що складається з m частин.

Після визначення середнього значення питомого зносу рейок β для цілої ділянки колії від впливу усіх коліс, що проходять по цій ділянці, можна визначити строк служби рейок (в млн. т бруто) до моменту досягнення граничного зносу. При відомому значенні β і допустимій площі зносу $[\omega]$ тоннаж, який може бути пропущений за строк служби рейок, визначається на основі приведені на початку параграфу формули (2.10):

$$T = \frac{[\omega]}{\beta}. \quad (2.10')$$

Для приблизних розрахунків можна використати середньомережеві значення по питомому зносу поперечного перерізу рейки β , таблиця (2.5), для незагартованих рейок різних типів, укладених на дерев'яні шпали і щебеневий баласт, розроблені ВНДІЗТ (РФ) [11].

2.5

Радіус кривої, м	β мм ² /млн. т бруто для рейок типу:		
	P43	P50	P65, P75
300	5,89	4,42	3,87
400	4,35	3,26	2,86
500	3,17	2,38	2,08
600	2,47	1,85	1,62
700	1,79	1,34	1,17
800	1,42	1,01	0,93
900	1,29	0,97	0,85
1000	1,22	0,91	0,80
1100	1,14	0,86	0,75
1200	1,11	0,83	0,73
більше 1200 і прямі	1,09	0,81	0,71

Примітки: 1. Для термооброблених рейок слід ввести корективи у вигляді коефіцієнта σ , який входить до формули (2.14) – $\sigma=0,55$ для рейок 1 сорту 1 класу загартування, $\sigma=0,66$ для рейок 2 сорту і 2 класу загартування.
2. Для середньомережевих умов прийнято 160 кН для рейок типу P65 і важче та 135 кН для рейок типу P50.

2.1.2. Визначення строків служби рейок за дефектністю

(за одиночним виходом)

В сучасних умовах експлуатації строки служби рейок в прямих і кривих радіусом $R > 1000$ м насамперед визначаються їх виходом за дефектністю, яка враховується або загальною кількістю рейок γ , що вилучаються з колії на 1 км за весь їх строк служби, або їх найбільшим річним виходом на 1 км - γ_1 .

Передчасний вихід рейок за дефектністю (до набуття допустимого зносу) відбувається внаслідок цілої низки причин, пов'язаних або з недоліками виготовлення рейок, або недоліками утримання колії, або з ненормальним впливом рухомого складу, або ін. З метою забезпечення безпеки руху поїздів дефектні рейки повинні бути замінені в межах строку їх життєздатності, тобто до того часу, поки дефект не досягає небезпечного рівня.

На **рис. 2.3** показані експериментальні криві залежності виходу незагартованих рейок за дефектністю (сумарне одиночне вилучення на 1 км) для прямих і пологих кривих ($R > 1000$) ланкової колії, отримані за результатами тривалих досліджень [12] для умов експлуатації переважно вантажного рухомого складу

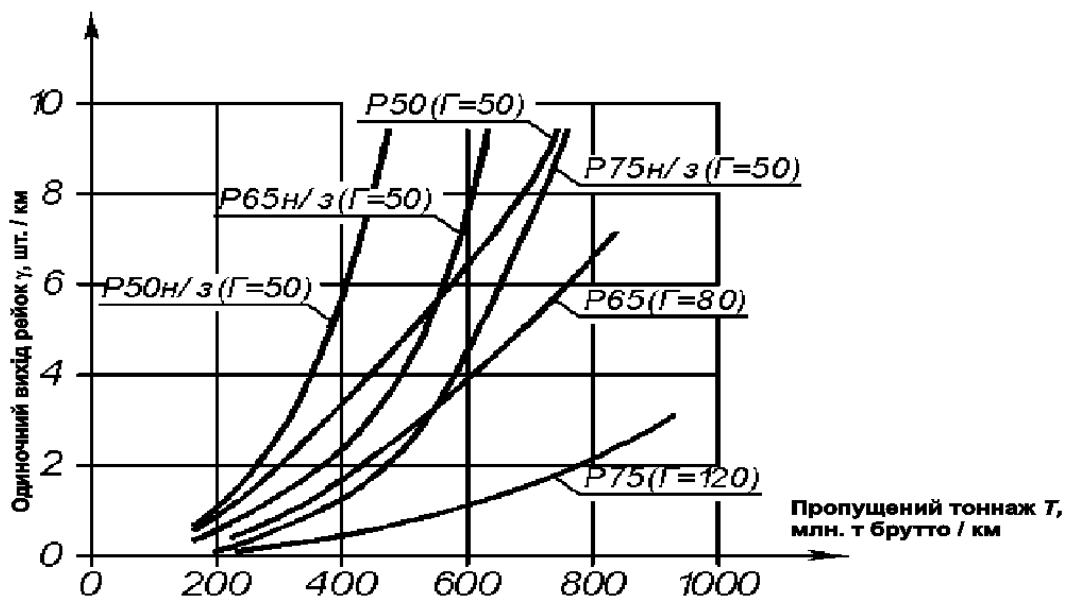


Рис. 2.3. Інтегральні криві (експериментальні) нарощення одиночного вилучення рейок залежно від пропущеного тоннажу брутто на прямих і в пологих кривих

Рисунок 2.3 наочно демонструє, що на вилучення рейок за дефектністю впливають пропущений тоннаж і тип рейки (тобто його погонна маса). Крім того, дослідження і досвід експлуатації довели, що суттєвий вплив на вилучення рейок за дефектністю здійснює колісне навантаження, що діє на рейки і деякий вплив також здійснює вантажонапруженість T_0 , що реалізується на даній ділянці. При цьому при розгляданні строків служби рейок за одиночним виходом, який допускається у вельми незначній кількості, слід мати на увазі, що з ладу виходять в першу чергу рейки, які мають мінімум опору зародженню або подальшому розвитку того чи іншого дефекту, і знаходяться під найбільшим впливом динамічних сил. Тому при визначенні строків служби рейок за одиночним виходом слід врахувати вплив саме цих динамічних сил P .

На основі тривалих спостережень за вилученням рейок [3,11] отримано таку формулу для визначення γ ,

$$\gamma = A \frac{\bar{P}^{3/2} T_0^{1/5} T^2}{q^4 \sum_{i=1}^n \lambda_i^2} \quad (2.31)$$

де $A \approx 0,85$;

q - погонна маса рейки, кг/м;

T_0 - річна вантажонапруженість, млн. т км/км за рік;

\bar{P} - середньозважене по тоннажу динамічне навантаження на вісь, т/вісь, на тій ділянці, для якої визначається γ , наближено може бути визначена за формулою:

$$\bar{P} = (1 + \alpha \bar{V}) \bar{P} \quad (2.32)$$

де $\alpha \approx 0,012$;

\bar{V} - середньозважена по тоннажу швидкість руху по ділянці, км/год.;

\bar{P} - аналогічне середньозважене статичне навантаження на вісь, т/вісь.

Фактори, що впливають на одиночний вихід рейок враховуються як добуток коефіцієнтів та визначаються за формулою:

$$\lambda_i^2 = \lambda_e^2 \cdot \lambda_R^2 \cdot \lambda_p^2 \cdot \lambda^2 \cdot \lambda^2 \cdot \lambda^2 \cdot \lambda^2 \cdot \lambda^2 \cdot \lambda^2 \cdot \lambda^2 \quad (2.33)$$

Вплив довжини рейок l , м, і радіуса кривизни колії в плані R , м, визначається коефіцієнтами:

$$\lambda = 1,2 - \frac{2,5}{l}, \quad (2.34)$$

$$\lambda_R = \frac{1}{1 + \frac{ca}{R}}. \quad (2.35)$$

При розрахунках за формулою (2.35), слід приймати $c = 0$ при $R \geq 1200$ м, і при $R < 1200$ м $c = 800$.

Проведення в кривих різних заходів, що змінюють умови взаємодії рухомого складу і колії (наприклад, змащування бокових робочих граней рейок), враховуються величиною a . При відсутності заходів $a = 1$. Якщо ці заходи прирівнюють вихід рейок на кривих з виходом рейок на прямих, то $a = 0$.

Якість рейок враховується коефіцієнтом λ_p . Для незагартованих рейок стандартного виробництва $\lambda_p = 1$; для термозміцнених рейок сучасного виробництва можна прийняти $\lambda_p \approx 1,75$.

Вплив якості підрейкової основи враховується коефіцієнтом λ (дерев'яні чи залізобетонні шпали, плитна або інша основа) і коефіцієнтом λ (що враховує епюру укладання шпал, їх конструкцію та конструкцію скріплень). Коефіцієнтом λ визначається з формули:

$$\lambda = \frac{1}{\dots}, \quad (2.36)$$

де \dots - коефіцієнт, що визначається по 4-й строчці формули (2.14).

Вплив баластного (підстилаючого) шару враховується коефіцієнтом - λ , земляного полотна - λ , кліматичних умов - λ , своєчасності і якості

утримання колії - λ , вплив будь-якого іншого фактора – коефіцієнтом λ_i . Якщо на колії з залізобетонними шпалами застосовуються прокладки підвищеної пружності, то одиночний вихід рейок буде не більше ніж на колії з дерев'яними шпалами, тому для шпальної основи можна прийняти $\lambda = 1$. Для щебеневого баласту $\lambda \approx 1$; для звичайного справного земляного полотна $\lambda \approx 1$; для середньомережевих умов $\lambda \approx 1$; $\lambda \approx 1$; якщо вплив будь-яких інших факторів спеціально не враховується, то можна приймати $\lambda_i = 1$.

На рис. 2.4 наведені розрахункові криві сумарного одиночного виходу рейок, що отримані за формулою (2.31) для варіантів верхньої будови колії:

1. Рейки Р65, епюра шпал 1840 шт/км, скріплення КБ, товщина баласту $h_6 = 55$ см;
2. Рейки Р65, епюра шпал 1680 шт/км, скріплення КБ, товщина баласту $h_6 = 55$ см;
3. Рейки УІС60, епюра шпал 1680 шт/км, скріплення КПП-5, товщина баласту $h_6 = 55$ см.

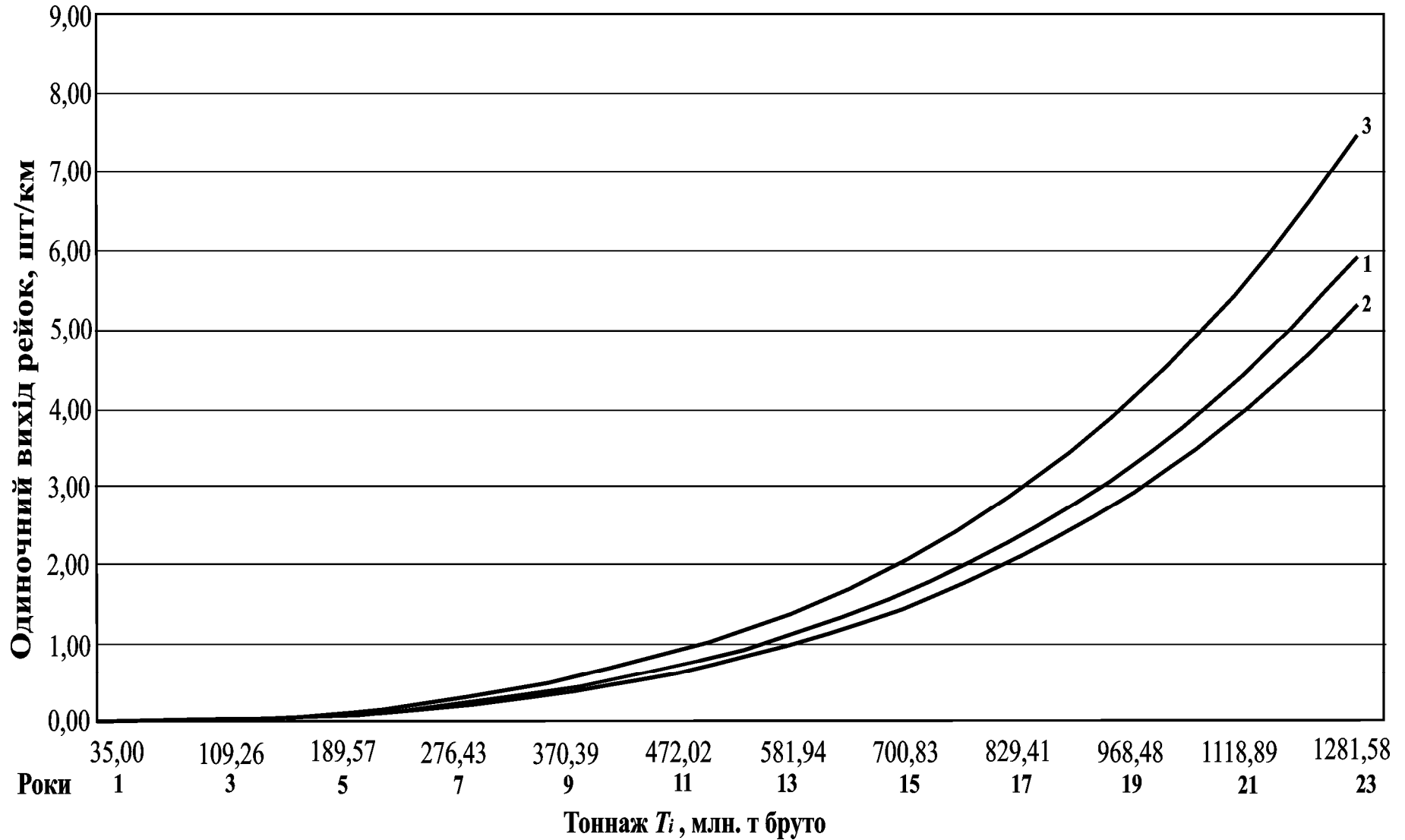


Рис. 2.4 Залежність сумарного одиночного виходу рейок на 1 км по дефектності в залежності від пропущеного тоннажу для конструкцій ВБК: 1) Рейки Р65, еюра шпал 1840 шт/км, скріплення КБ, товщина баласту $h_6 = 55$ см; 2) Рейки Р65, еюра шпал 1680 шт/км, скріплення КБ, товщина баласту $h_6 = 55$ см; 3) Рейки UIC60, еюра шпал 1680 шт/км, скріплення КПП-5, товщина баласту $h_6 = 55$ см.

Найбільший річний вихід рейок γ_1 , шт/км за рік визначається за формулою:

$$\gamma_1 = \frac{T - \frac{T_0}{2}}{B \cdot \prod_{i=1}^n \lambda_i^2}, \quad (2.37)$$

де

$$B = \frac{q^4}{2A \cdot \bar{P}^{3/2} T_0^{6/5}}. \quad (2.38)$$

Взаємозв'язок між γ і γ_1 встановлюється формулами:

• при $T > T_0$:

$$\gamma = \frac{T^2}{2T_0 \left(T - \frac{T_0}{2} \right)} \gamma_1, \quad (2.39, a)$$

• при $T \leq T_0$:

$$\gamma = \gamma_1. \quad (2.39, б)$$

За результатами досліджень Положенням ППР 2004 р.[4] встановлені

I : для ланкової колії: $\gamma=6$ шт. - для рейок Р50 і Р65, що вкладені на IV і V категоріях колій; Для ланкової колії з рейок Р65, Р75 і UIC60, що вкладені на коліях I–III категорій приймається: $\gamma=5$ шт. – для безстикової колії встановлено $\gamma=3$ шт. – для рейок Р65, Р75 і UIC60, що вкладені на коліях I–III категорій; для рейок тих же типів, що вкладені на коліях IV і V категорій і для рейок Р50 для безстикової колії прийнято $\gamma=4$ шт.

I встановлений $\gamma_1=2$ шт./км на рік – для усіх типів рейок.

При цьому порогові значення допустимого пропущеного тоннажу брутто T , після проходження якого необхідна перша суцільна заміна рейок, згідно з Положенням [13] і [4], встановлені такими:

а) для рейок без термозміцнення:

• типу Р50 – 350 млн. т брутто;

- для типу UIC60, P65 і P75 – 550 (650) млн. т брутто;

б) для рейок з термозміцненням:

- типу P50 – 420 млн. т брутто;
- для типу UIC60, P65 і P75 – 700 (800) млн. т брутто;

В дужках наведені нормативи для безстикової колії, без дужок – для ланкової колії.

За тими самими ознаками (тобто за дефектністю) отримані значення найбільшої допустимої вантажонапруженості млн. т км/км за рік, яка рекомендується для кожного типу рейок (термозміцнених): для P50 $T_0 = 25$; для UIC60 $T_0 = 55$; для P65 $T_0 = 85,0$; для P75 $T_0 =$ більше 85,0 млн. т км/км на рік.

2.2. Визначення строків служби скріплень

Строки служби скріплень безпосередньо пов'язані зі строками служби рейок. При суцільній заміні рейок виконується і суцільна заміна скріплень, при цьому скріплення суцільно перевіряють, сортують їх і використовують вдруге, в тому разі, якщо відсутні дефекти, які не допускаються за нормативами Інструкції [7], або використовують скріплення після їх ремонту, якщо можна видалити дефекти відповідно до Інструкції по використанню старопридатних матеріалів (ЦП/0021 [14]). На колії з безстиковими рейковими плітьми і залізобетонними шпалами введений додатковий середній ремонт колії в зоні зрівнювальних рейок із суцільною переробкою елементів скріплень і заміною тих, що вийшли з ладу.

Як доведено досвідом експлуатації нашпальних гумових прокладок підвищеної пружності (товщиною 13 – 14 мм), строк служби їх співставляється із строком служби рейок. Колійні підкладки при прокладках підвищеної пружності у поєднанні їх з підрейковими прокладками товщиною 8 мм виходять з ладу значно менше ніж при тонких (товщиною 6 мм) прокладках

[15]. Чим товщі прокладки, тим менша кількість зламів підкладок; кількість зламів нашпальних прокладок товщиною 13 мм в 3 рази менша, ніж тонких прокладок [16]. Кількість руйнувань нашпальних прокладок підвищеної пружності в декілька разів менша ніж у порівнянні з тонкими прокладками [16] і строк їх служби може доходити до подвійного строку служби рейок [15].

В період між суцільними замінами рейок і скріплень, в порядку поточного утримання і проміжних ремонтів, необхідна одиночна заміна скріплень, обсяг якої нормується відповідно до Інструкції ЦП/0074 [17].

Таким чином при техніко-економічних розрахунках строк служби скріплень приймається рівним строку служби рейок, а вторинне використання придатних скріплень (після заміни рейок) враховується у зворотній вартості матеріалів, що вираховується із вартості робіт, які включають суцільну заміну рейок.

Відомості про вихід окремих елементів скріплень при різних умовах експлуатації можна отримати в технічній літературі [1, 2, 16, 18 та ін.].

2.3. Визначення строків служби шпал

2.3.1. Строки служби дерев'яних шпал

В процесі експлуатації в колії, дерев'яні шпали, які виходять з ладу, замінюють в одиночному порядку (в тому випадку, коли вони в одиночному порядку стають непридатними) або замінюють шпали суцільно (коли більшість шпал на ділянці стають непридатними і для оздоровлення колії вже не може застосовуватись одиночна заміна шпал або заміна кущів непридатних шпал).

Непридатність шпал до подальшої експлуатації характеризується переліком недопустимих дефектів або пошкоджень, які регламентовані в Інструкції з улаштування та утримання колії залізниць України [7].

Очевидно, що система суцільної заміни шпал краща з позиції створення більшої однорідності колії, проте в експлуатації дерев'яні шпали, як правило, виходять з ладу нерівномірно через цілу низку причин, а саме: з причин неоднакових характеристик підшпальної основи, нерівномірних динамічних колісних впливів на різних ділянках довжини рейко-шпальної ланки, через різну якість деревини шпал та ін. Тому в експлуатації, з метою підтримання справного стану підрейкових опор, досить широко застосовується система вибіркової одиночної заміни шпал.

Як показали дослідження [19, 20], коефіцієнт (в частках одиниці) річного виходу шпал γ_1 однорідної партії, яка не поповнюється, при незмінній вантажонапруженості T_0 , може бути визначений за формулою:

$$\gamma_1 = \frac{1}{\sqrt{\pi t_0}} e^{-t_0 \left(1 - \frac{t}{t_0}\right)^2}, \quad (2.40)$$

де t - поточне значення часу знаходження шпал в колії, років;

t_0 - середній строк служби шпали, років;

e - основа натурального логарифма.

Графік рівняння (2.40) поданий на **рис. 2.5** у вигляді кривої розподілення річного виходу шпал, симетричній відносно середнього строку служби шпал t_0 . У зв'язку з симетричністю кривої можна показати, що для даних умов повний строк служби партії шпал в колії буде $t \approx 2t_0$.

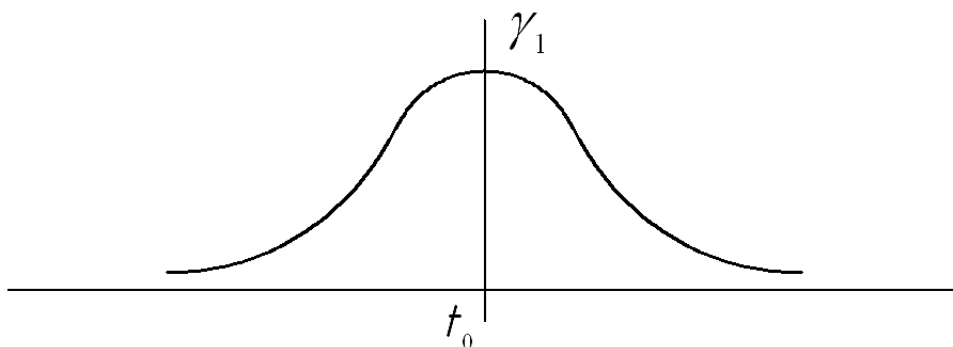


Рис. 2.5. Крива розподілення річного виходу шпал

При змінній вантажонапруженості, крива річного виходу шпал вже не буде симетричною. При вантажонапруженості, що збільшується, друга гілка кривої буде більш крутою, ніж перша. При встановленій системі одиночної заміни шпал без утворення запусеності при змінній вантажонапруженості слід замінювати стільки шпал, скільки потрібно, щоб не було в колії непридатних шпал. В цьому разі коефіцієнт річного виходу шпал γ_i в кожному i -тому році буде змінним і відповідним вантажонапруженості i -го року.

При цій системі заміни шпал фактичний середній строк служби шпал t_0 визначиться з умови, що сума усіх річних виходів γ_i рівнялась одиниці $\sum_{i=1}^{i=t_0} \gamma_i = 1$ [1]. Коефіцієнт виходу шпал для кожного i -го року γ_i залежить від природних умов, конструкції колії та експлуатаційної роботи.

Значення γ_i можна визначити за формулою:

$$\gamma_{1-i} = A + BT_{0-i}^m, \quad (2.41)$$

де T_{0-i} - тоннаж брутто, що проходить в i -му році (вантажонапруженість);

A , B – являють собою функції низки аргументів, в тому числі часу, характеристик кліматичних умов і т.п.:

$$\left. \begin{aligned} A &= A_0 \prod_{j=1}^{j=i} \alpha_j; \\ B &= B_0 \prod_{j=1}^{j=i} \beta_j. \end{aligned} \right\} \quad (2.42)$$

Параметр A в основному відображає фактори, що не залежать від експлуатаційної роботи і визначаються характеристиками, що пов'язані з конструкцією колії і впливом на неї навколишнього середовища (кількість дощових опадів, тривалість часу з мінусовими температурами повітря, агресивність середовища і т.д.). Параметр B в основному залежить від конструкції колії і тих динамічних напружень, які виникають в шпалах і протікають в навколишньому середовищі. Приблизно, на підставі даних з [19] і [20], можна приймати для соснових шпал, просочених масляним антисептиком, значення параметрів, які наведені в **табл. 2.6**.

Кожному γ_i для кожного i -го року відповідає середній фіктивний строк служби шпал t_{-i} , під яким слід розуміти той можливий строк служби, який мав би місце при незмінній вантажнапруженості протягом періоду експлуатації та при коефіцієнті річної заміни γ_i визначається за формулою:

$$t_{-i} = \frac{1}{\gamma_i}. \quad (2.43)$$

2.6

A_0	B_0	m	Значення $\alpha_j = \beta_j$ залежно від														
			типу рейок			довжини рейок, м		кількості шпал, шт/км				баласту			скріплення		
			P50	P65	P75	12,5	25	800	1600	1840	2000	щебеневий	азбестовий	піщаний	костильне	роздільне	
														жорстке	пружинне		
<i>Суворий клімат (Урал, Сибір)</i>																	
0,0180	0,0036	0,6	1	0,86	0,80	1,05	1	0,90	1,05	1	0,96	1	0,90	1,10	1	0,95	0,90
<i>М'який клімат (Україна, Північний Кавказ)</i>																	
0,0269	0,00067	1	1	0,94	0,89	1,05	1	0,96	1,05	1	0,96	1	1	1,16	1	0,95	0,90
<p>Примітки:</p> <ol style="list-style-type: none"> Для районів з суворим кліматом залежність від типу рейки відноситься лише до β_j; значення α_j при будь-якому типі рейок слід для цих районів застосовувати рівним одиниці. Вплив застосування різних засобів запобігання тріщин в шпалах (дерев'яні гвинти, металеві болти, обв'язки) залежно від ступеня ефективності цих засобів оцінюється коефіцієнтами $\alpha_j = \beta_j \approx 0,93 \div 0,85$. Вплив укладання прокладок під колійними підкладками залежно від матеріалу цих прокладок приблизно оцінюється $\alpha_j = \beta_j \approx 0,90 \div 0,85$. Застосування армування і гідроізоляції шпал дає підставу приймати $\alpha_j = \beta_j \approx 0,50 \div 0,40$. 																	

При прийнятій системі суцільної заміни шпал і постійної вантажнапруженості T_0 середній строк служби шпал визначається за формулою:

$$t_0 = \frac{1}{\gamma_1} = \frac{1}{A + BT_0^m}. \quad (2.44)$$

При змінній вантажонапруженості за повний строк служби партії шпал приймають порядковий номер року від моменту укладання шпал, для кожного року $\sum \gamma_i = 1$. Середній строк служби партії шпал відповідає тому року, при якому $\sum \gamma_i = 0,5$. Методика розрахунку строків служби шпал для прийнятої системи суцільної заміни шпал тут не приводиться, її можна знайти в довідкових технічних виданнях.

2.3.2. Строки служби залізобетонних шпал

Строки служби залізобетонних шпал значно вищі ніж дерев'яних при однакових умовах експлуатації. Це обумовлено насамперед відсутністю деформації зминання під підкладкою і гниття матеріалу від природних впливів, що властиве дерев'яним шпалам. Разом з тим вибір прокладок раціональної пружності дозволяє покращувати характеристики жорсткості залізобетонних шпал і наближати модуль пружності колії до оптимальних значень, що сприяє підвищенню строку служби залізобетонних шпал.

За даними низки досліджень [21, 22, 23] строки служби залізобетонних шпал залежать від пропущеного по них тоннажу і вантажонапруженості. Наприклад, для шпал типу С-56-2 при вантажонапруженості від 25 млн. т км бруто на 1 км однієї колії на рік і вище отримана [23] емпірична залежність сумарного виходу шпал γ (штук на 1 км безстикової колії) від напрацювання тоннажу (пропущеного тоннажу , млн. т бруто):

$$\gamma = 0,16 \left(\frac{T}{100} \right)^{2,5}. \quad (2.45)$$

Одиночний річний вихід залізобетонних шпал в -му році в шт./км на рік в роботі [3] запропоновано визначати за формулами:

- при змінній вантажонапруженості:

$$\gamma_{1-i} = 2C \left(T_i - \frac{T_{0-i}}{2} \right) T_{0-i} \cdot \beta, \quad (2.46, \text{ а})$$

де $2C \approx 375 \cdot 10^{-10}$ при рейках типу Р50, $2C \approx 107 \cdot 10^{-10}$ при рейках типу Р65, $2C \approx 178 \cdot 10^{-10}$ при рейках типу UIC60;

T_i - напрацьований тоннаж, млн. т брутто;

T_{0-i} - вантажонапруженість в i – році, млн. т км брутто/км в рік.

- при постійній вантажонапруженості T_0 напрацювання тоннажу до t -го року складе: $T_i = t \cdot T_0$ (t – поточний строк служби шпал в колії). Тоді:

$$\gamma_{1-i} = 2C(t - 0.5)T_0^2. \quad (2.46, \text{ б})$$

В роботі [21] питомий вихід залізобетонних шпал віднесений до 1 км за час проходження 1 млн. т вантажу рекомендовано визначати за формулою:

$$\beta = 0,0033 \cdot t^2. \quad (2.47)$$

Після пропуску T млн. т брутто вантажу сумарний вихід шпал γ , шт./км буде визначатись за формулою:

$$\gamma = 0,0033 \cdot t^2 \cdot T. \quad (2.48)$$

При врахуванні вантажонапруженості формула (2.48) матиме вигляд:

- при постійній вантажонапруженості T_0 :

$$\gamma = 0,0033 \cdot t^2 \cdot T_0, \quad (2.48, \text{ а})$$

- при змінній вантажонапруженості T_{0i} :

$$\gamma = 0,0033 \cdot t^2 \cdot T_{01} \frac{(1 + \alpha)^t - 1}{\alpha} \cdot \beta, \quad (2.48, \text{ б})$$

де t - поточний (розрахунковий) рік на протязі строку служби шпал;

T_{01} - вантажонапруженість ділянки в перший рік після укладання шпал;

α - річний коефіцієнт приросту вантажонапруженості (в частках від одиниці);

β - коефіцієнт, який приймають $\beta = 1,0$ – при рейках Р65, епюрі 1840 шт./км і скріпленнях КБ (варіант 1); $\beta = 1,115$ – при рейках Р65, епюрі 1680

шт./км і скріпленнях КБ (варіант 2); $\alpha = 2,0$ – при рейках UIC60, епюрі 1680 шт./км і скріпленнях КПП (варіант 3).

При врахуванні не знятих, але пошкоджених шпал рекомендується у формулі (2.48) замість коефіцієнта 0,0033 приймати коефіцієнт 0,0125.

Середній строк служби в колії дерев'яних шпал при середньомережєвих умовах складає – 14,2 роки, а залізобетонних – значно більший (приблизно 40 років). Строки служби дерев'яних і залізобетонних шпал залежно від типу рейок і вантажонапруженості можуть бути прийнятими за даними [2, 21] чи по **табл. 2.7**.

2.7

Строк служби шпал (в чисельнику – дерев'яних, в знаменнику – залізобетонних) залежно від вантажонапруженості

Тип рейок	Строк служби шпал в роках при вантажонапруженості, млн. т км бруто/км			
	20	40	70	100
P50	$\frac{15,0}{42,0}$	$\frac{11,5}{38,0}$	$\frac{9,6}{30,0}$	$\frac{-}{28,0}$
P65	$\frac{17,7}{50,0}$	$\frac{14,2}{40,0}$	$\frac{11,5}{32,0}$	$\frac{10,5}{30,0}$
P75	$\frac{-}{55,0}$	$\frac{15,7}{44,0}$	$\frac{12,5}{33,0}$	$\frac{11,5}{31,0}$

2.4. Визначення строків служби баласту

Баласт втрачає свої дренажні і пружні властивості по мірі того, як він міліє і забруднюється зовнішніми засмічувачами.

Баластний шар якісно виконує свої функції доти, доки внаслідок засмічення і забруднення не вичерпується його акумулятивна властивість. Під акумулятивною властивістю баластового шару прийнято розуміти можливу кількість забруднювачів, які можуть розміститися всередині баластного шару і не призводять до помітного погіршення його роботи.

Для відновлення дренажної властивості баластної призми щебеневий шар підлягає очищенню, а баласт із піщаних, гравійних матеріалів і черепашника підлягає заміні. Період від укладання нового баласту до його заміни або очищення щебеню прийнято називати строком служби баласту.

Очевидно, що строк служби баласту залежить від інтенсивності забруднення і засмічення баласту зовнішніми забруднювачами, або тими, що утворюються в результаті роздрібнення баласту під дією поїзних навантажень, а також при підбивці шпал. Крім того, зменшення баласту через видування і вимивання його часток в процесі експлуатації, а також в процесі очисток, потребує періодичного поповнення попередньо укладеного баласту, і як наслідок також впливає на строк його служби.

Якщо позначити через D - кількість зовнішніх і E - кількість внутрішніх забруднювачів, яка може розміститись всередині баластного шару за час проходження тоннажу A , а через F і G - відповідні кількості зовнішніх і внутрішніх забруднювачів, що вилучаються з баластного шару за той самий строк при різних колійних роботах (звичайно A , D , E , F і G відносять до кількості баласту (по вазі), що припадає на одну шпалу), то рівняння граничного забруднення баласту можна записати [3] в такому вигляді:

$$D + E - F - G \geq A, \quad (2.49)$$

де A - акумулятивна здатність баластного шару, що припадає на одну шпалу (т/шп.) може бути знайдена за формулою:

$$A = m_0 \cdot \gamma \cdot b, \quad (2.50)$$

де

$$m_0 = m_{\text{доп}} - m_{\text{факт}}. \quad (2.51)$$

У формулах (2.50 і 2.51) позначено:

m_0 - допустима частка (по вазі) експлуатаційного забруднення баластного шару;

b - об'єм баласту, що припадає на одну шпалу;

γ - об'ємна вага баласту;

m - гранична частка забруднення баласту, із досягненням якої баласт необхідно очищати;

m - частка забруднення баласту перед початком експлуатації (після укладання або після чергового суцільного очищення).

В сучасних умовах експлуатації спеціальне часткове очищення баластного шару в період між його суцільними очищеннями не проводиться. Очищувальний вплив поточного утримання і ремонтів колії без суцільних прочищень незначний. Тому в деякий запас в першому рівнянні (2.49) можна прийняти $F = G = 0$.

Кількість (по вазі) зовнішніх забруднювачів D віднесених до кількості баласту, що припадає на одну шпалу, визначається за формулою:

$$D = D^{\circ} + 0,25\xi(d \cdot T - D^{\circ}). \quad (2.52)$$

де T – тоннаж, який викликав зовнішнє забруднення на D ;

ξ - коефіцієнт зональності, при рейках довжиною 12,5 м дорівнює 1,0; при рейках довжиною 25 м – 0,96; при безстиківій колії – 0,92;

d - питома забруднення від проходу 1 млн. т вантажу бруто на першій стадії забруднення;

D° - кількість зовнішніх забруднювачів, т/шпалу, при якому забруднення йде з інтенсивністю d незалежно від розташування шпали на ланці. Значення D° при епюрі 1840 шпал на кілометр, товщині баластового шару під шпалою 25 см, плечах баластової призми 0,15 і крутизні укосу 1:1,25 дорівнює 0,15 т/шпалу [3]. При іншому об'ємі баласту, що припадає на одну шпалу, значення D° пропорційно зміниться і може бути визначена за формулою:

$$D^{\circ} = 0.184 \cdot b. \quad (2.53)$$

Кількість (по вазі) внутрішніх забруднювачів D° , віднесених до кількості баласту, що припадає на одну шпалу, визначається за формулами:

$$\left. \begin{aligned}
 E &= E^0 + (e_T - e) \varepsilon_T; \\
 E^0 &= e_H \varepsilon_H + e \varepsilon + \sum_0^T e_p \varepsilon_p + (E - e \varepsilon_T); \\
 E &= e \left(\varepsilon + \varepsilon_T + \sum_0^T \varepsilon_p \right).
 \end{aligned} \right\} \quad (2.54)$$

У формулах (2.54) прийняті такі позначення:

E^0 - являє собою значення , яке відповідає розрахунковому тоннажу T , після якого потрібне суцільне очищення баласту;

e_H - кількість (по вазі) внутрішніх забруднювачів, що створилися від одного ущільнення тим чи іншим способом під час роботи у “вікно” при укладанні колії або при суцільному прочищенні щебеневого шару на весь розріз;

ε_H - кількість таких ущільнень за час роботи у “вікно”;

e і ε - аналогічні величини за час після “вікна” і до здачі ділянки колії в експлуатацію;

e_p і ε_p - аналогічні величини за час ремонту, виконувався після укладання або суцільного прочищення баластового шару; при цьому знак \sum_0^T вказує, що береться сума $e_p \varepsilon_p$ від усіх ремонтів, які виконувались за час проходу тоннажу ;

e і ε - аналогічні вищенаведені величини від проходу поїздів;

E - кількість забруднювачів, що утворюються від проходу поїздів;

(Значення e_H , e , e_p залежать від способу ущільнення та матеріалу баласту й наводяться в довідкових посібниках, наприклад [9].)

Підставивши значення D і z з формул (2.52) і (2.54) у формулу (2.49) при $F = G = 0$ і вирішивши рівняння відносно тоннажу $T = T$, після проходу якого потрібне суцільне очищення баластного шару, отримаємо формулу для визначення T :

$$T = \frac{A - D^0(1 - 0,25\xi) - E^0 - 1,12\lambda(e_T + e)}{0,25\xi d + 0,22k\lambda\psi^T(e_T + e)}. \quad (2.55)$$

Строк t (у роках) між двома суцільними повними прочищеннями при незмінній вантажонапруженості T_0 визначається з рівняння:

$$t = \frac{T}{T_0}. \quad (2.56)$$

У формулі (2.52) значення d - інтенсивності забруднення баласту визначається за емпіричними рівняннями залежно від вантажів, які перевозяться, а також місцевих умов, які враховуються окремим коефіцієнтом ψ , що в свою чергу отримують розрахунком, залежно від цілої низки факторів.

Викладена вище методика визначення строку служби баласту є досить громіздкою і потребує урахування багатьох факторів, точно визначити які у деяких випадках складно. Тому з навчальною метою пропонується використовувати більш просту методику, що розроблена к.т.н. С.Н. Поповим [24]. За цією методикою строки заміни або очищення баласту запропоновано визначати за допомогою формули:

$$T = \frac{D - d}{C \cdot K}, \quad (2.57)$$

де D – допустиме максимальне забруднення баласту перед його очищенням або заміною (для щебеню 35-40%, для кар'єрного гравію або піску – 15%, для черепашника – 20%);

d – допустиме забруднення баласту при укладанні його в колію (для щебеню до 5%, для кар'єрного гравію до 6%, для черепашника і піску до 10%);

– коефіцієнт впливу з виправлення із суцільним підійманням і підбиванням усіх шпал в період між очищеннями баласту, за наявності таких робіт (наприклад, для КОР - $=0,67$; при відсутності робіт - $=1$);

– інтенсивність засмічення і забруднення баласту в період експлуатації в % по вазі після проходу 1 млн. т вантажів брутто [2]:

$$C = C_0 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3, \quad (2.58)$$

де C_0 – вихідне значення інтенсивності засмічення і забруднення баласту для ланкової колії при 1840 дерев'яних шпалах на 1 км приймається за (табл. 2.8) (параметр σ_0 визначено емпірично на основі досліджень роботи баластного шару);

K_1 - коефіцієнт впливу епюри шпал ($K_1=0,90$ при епюрі 2000 шп./км і $K_1=1,10$ при епюрі 1600 шп./км);

K_2 - коефіцієнт впливу тривалості періоду, коли колія знаходиться в незамерзлому стані приймається за (табл. 2.9);

K_3 - коефіцієнт впливу конструкції колії (для ланкової колії з залізобетонними шпалами $K_3=1,20$; для безстикової колії з залізобетонними шпалами $K_3=0,80$, для безстикової колії з блочною основою - $K_3=0,20$).

2.8

Інтенсивність забруднення щебеневого баласту

Тип рейки	Відстань від місць навантаження вугільних, торф'яних і рудних маршрутів (км)	Інтенсивність забруднення і засмічення баласту в C_0 % на 1 млн. т бруто			
		Рід баласту			
		щебінь середньої міцності	азбест	гравій кар'єрний	черепашник
P50	більше 200	0,23	0,03	0,05	0,05
	100-200	0,28	0,05	0,08	0,09
	до 100	0,43	0,09	0,16	0,10
P65	більше 200	0,18	0,02	0,03	0,03
	100-200	0,23	0,03	0,05	0,05
	до 100	0,38	0,05	0,09	0,10
P75	більше 200	0,10	0,01	0,02	0,02
	100-200	0,13	0,02	0,04	0,04
	до 100	0,20	0,04	0,07	0,08

2.9

Коефіцієнт впливу K_2 на засмічення баласту тривалості періоду знаходження баласту в незамерзлому стані

Кількість місяців у році, коли колія знаходиться в незамерзлому стані	5	6	7	8	9	10	11	12
Значення K_2	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4

Строк служби баласту (у роках) при постійній вантажнапруженості T_0 і відомому значенні T визначається за формулою:

$$t = \frac{T}{T_0}, \quad (2.59)$$

При змінному річному тоннажі, що пропускається, та постійному річному прирості вантажнапруженості строк служби баласту (в роках) можна визначити за формулою:

$$t = \frac{\lg\left(\alpha \frac{T}{T_{01}} + 1\right)}{\lg(\alpha + 1)}, \quad (2.60)$$

де T - строк служби (млн. т брутто) визначений за основною формулою (2.57);

T_{01} - вантажнапруженість ділянки в перший рік після укладання;

α – річний приріст вантажнапруженості (в долях одиниці). Як правило приймається $\alpha=0,04$ або $\alpha=0,02$ в залежності від перспектив зростання вантажнапруженості.

Якщо вантажнапруженість по роках задана в табулярній формі, строк служби баласту можна визначити набором суми $T_t = T$ за формулою:

$$T_t = \sum_{i=1}^t T_{oi}. \quad (2.61)$$

Подовженню строків служби баластного шару сприяє укладання в колію більш потужних рейок і більшої кількості шпал на 1 км колії, застосування високоякісних баластних матеріалів, дотримання розрахункових розмірів баластної призми, укладання захисних покриттів і ретельне поточне утримання колії.

3. Встановлення періодичності ремонтів колії

В колійному господарстві залізниць України для періодичного оздоровлення колії застосовують такі види планово-запобіжних ремонтно-колійних робіт: модернізація колії, посилений капітальний ремонт, капітальний ремонт з використанням старопридатних матеріалів верхньої будови колії, капітальний ремонт стрілочних переводів, капітальний ремонт стрілочних переводів з використанням старопридатних матеріалів, посилений середній ремонт колії, середній ремонт колії, комплексно-оздоровчий ремонт колії, суцільна заміна рейок новими, суцільна заміна рейок старопридатними, суцільна заміна металевих частин стрілочних переводів новими, суцільна заміна металевих частин стрілочних переводів старопридатними, середній ремонт стрілочних переводів, капітальний ремонт переїздів, поточне утримання колії.

Під час виконання техніко-економічних розрахунків з навчальною метою під час вибору конструкції верхньої будови колії на підставі порівняння конкуруючих варіантів з визначенням вартісних показників, можна брати до розрахунку основні види ремонтів, які обов'язково повинні застосовуватись в усіх варіантах:

,
(),
,

, який визначається необхідністю суцільної їх заміни.

прийнято призначати за , а саме: при щепеневому баласті середній ремонт колії призначається за розрахунковим часом суцільного очищення щебеню; при піщано-гравійному і піщаному баластах середній ремонт визначається необхідністю суцільного піднімання колії на баласт на висоту 10 см і більше. - ()

(Призначення ремонтів і склад робіт під час виконання ремонтів і їх технологія докладно викладаються в курсі “Технологія і механізація колійних робіт”, тому звернемо тут увагу лише на ті питання, які необхідні для техніко-економічних розрахунків).

повністю замінюється рейко-шпальна решітка і стрілочні переводи, укладені на головних коліях, а також виконується суцільне очищення або, при необхідності, заміна баласту, виправляється колія в плані і профілі, а також виконуються інші роботи.

виконується суцільна заміна баласту або оновлення забрудненого баласту з використанням інших матеріалів, а також виконується заміна дефектних шпал і скріплень, заміна рейок з граничним боковим зносом, ремонт переїздів тощо.

- виконуються роботи із застосуванням машин і механізмів щодо оздоровлення верхньої будови колії і забезпечення рівномірності і рівнопружності колії. Проводиться також заміна дефектних рейок, шпал і скріплень тощо.

Строки і обсяги різних ремонтів регламентуються “Положенням про проведення планово-запобіжних ремонтно-колійних робіт на залізницях України” [4]. Відповідно до цього положення модернізація колії, посилений капітальний ремонт або капітальний ремонт з використанням старопридатних матеріалів верхньої будови колії призначаються за умови напрацювання нормативного тоннажу (або досягнення нормативних термінів) з урахуванням критеріїв, які визначають фактичний стан колії (див. **табл. 3.1, 3.2 і 3.3**).

Залежно від місцевих експлуатаційних умов на головних коліях в проміжки між модернізаціями виконуються один посилений середній ремонт, 1-2 середніх і 2-4 – комплексно-оздоровчих ремонти колії. Між посиленими капітальними ремонтами або капітальними ремонтами колії з використанням старопридатних матеріалів верхньої будови колії виконуються 1-3 середніх і 2-4 – комплексно-оздоровчих ремонти колії. Зазначені ремонти призначаються з урахуванням критеріїв, наведених відповідно в **табл. 3.5 і 3.6**.

Посилений середній ремонт призначається на коліях I – IV категорій (табл. 3.4).

У разі, коли конструкція колії відрізняється від загальноприйнятої типової, тобто від ланкової колії на дерев'яних шпалах або при експлуатаційних умовах, які суттєво відрізняються від середніх на мережі залізниць України, послідовність ремонтів може змінюватися. Наприклад, для колії на залізобетонних шпалах або для колії на блочній основі, модернізація колії із суцільною заміною цих елементів призначається після деяких суцільних замін рейок новими (можуть бути й інші приклади).

Основним критерієм призначення суцільної заміни рейок на нові та старопридатні є суцільний знос рейок вище нормативного рівня або такий самий за кількістю вихід рейок, як і при призначенні відповідного виду модернізації чи капітального ремонту колії. При цьому вид супровідних робіт, кількість елементів скріплень і шпал, які треба замінити, визначається дистанціями колії за результатами комісійних оглядів. Суцільна заміна рейок, заміна однієї нитки на іншу в кривих ділянках, а також заміна рейок з зовнішніх ниток кривих ділянок колії на прямі призначаються за умови наближення зносу рейок до граничних значень, встановлених Укрзалізницею.

При наявності на ділянці кривих з радіусом $R < 600$ м для них виконується самостійний розрахунок строків служби рейок і плануються додаткові суцільні заміни рейок між двома модернізаціями колії.

Положенням [4] встановлюються умови призначення ремонтно-колійних робіт для колій I-VII категорій. Умови призначення ремонтно-колійних робіт на коліях швидкісної категорії встановлюються окремим нормативним документом Укрзалізниці.

Норми для призначення модернізації, посиленого капітального ремонту або капітального ремонту з використанням старопридатних матеріалів верхньої будови колії (див. табл. 3.1 -3.3) встановлені для ділянок з рейками типу P65 (UIC60, P75) при максимально-допустимих осьових навантаженнях вагонів 230 кН, швидкостях руху вантажних поїздів – до 120 км/год. і

пасажирських поїздів - до 160 км/год. Для рейок типу Р50 та Р65 (2-го класу) норми пропущеного тоннажу зменшуються на 20 %. Для рейок типу Р75 норми пропущеного тоннажу збільшуються на 15 %.

Норми зменшуються:

- на ділянках з шахтними підробітками, у важких умовах – на 15%;
- на ділянках рекуперативного гальмування – на 15%;
- на ділянках побудованих в особливо важких умовах – до 30%;
- на ділянках із щебенеvim баластним шаром зі слабких гірських порід – на 15%;
- на ділянках безстикової колії при середній довжині рейкової пліті менше 500 м – на 10%;
- на ділянках з обсягом перевезення вугілля (руди, торфу, добрив, солі) більше 25%, розташованих на відстані до 200 км від місць навантаження – на 10%;

При збіжності декількох знижуючих факторів, з цього переліку, сумарне зменшення не повинно перевищувати 40%.

Модернізація, посилений капітальний ремонт, капітальний ремонт з використанням старопридатних матеріалів верхньої будови колії призначаються на ділянках, які пропустили нормативний тоннаж (витримали нормативний строк), якщо стан колії характеризується чисельними значеннями критеріїв, найбільш близьких до наведених у таблиці, або перевищує їх. З інших однакових умов ремонт повинен призначатися в першу чергу на коліях більш високих категорій з урахуванням додаткових критеріїв.

Додаткові критерії призначення модернізації, посиленого капітального та капітального ремонту з використанням старопридатних матеріалів колії, є середніми на кілометрах ділянки з однаковими експлуатаційними умовами.

У разі, коли на окремих кілометрах ділянки поодинокий вихід рейок перевищує середню норму критерію ще до пропуску нормативного тоннажу, на цих кілометрах повинна призначатися суцільна заміна рейок старопридатними з проведенням супровідних робіт.

При однакових значеннях основного критерію до ремонту призначаються ділянки з більшим значенням додаткових критеріїв.

На ділянках безстикової колії вихід рейок у зрівнюваних прольотах при визначенні розміру основного критерію не враховується.

3.1

Норми періодичності призначення модернізації колії

Категорія колії	Вид зміцнення	Періодичність, млн. т бруто (років)		Додаткові критерії			
				Поодинокий вихід рейок (дефектних місць), в сумі з початку укладання в середньому на ділянці, шт./км		Кількість непридатних	
				безстикова колія	ланкова колія	безстикова колія	ланкова колія
I - III	термозміцненні	800 (30)	700 (25)	3 та більше	5 та більше	12	20/25
	без зміцнення	650 (30)	550 (25)				
IV	термозміцненні	800 (30)	700 (25)	4 та більше	6 та більше	15	25/30
	без зміцнення	650 (30)	550 (25)				

Примітки:

1. Чисельник – колія з залізобетонними шпалами, знаменник – колія з дерев'яними шпалами.
2. Тут і далі при визначенні кількості непридатних скріплень враховують: на безстиковій колії з залізобетонними шпалами – підкладки, прокладки і закладні болти (анкери); на ланковій колії з дерев'яними шпалами – підкладки, основні костилі та протиугони.
3. Тут і далі відсоток непридатних елементів визначають шляхом поділу загальної кількості непридатних елементів на загальну кількість елементів. Для залізобетонних шпал враховують підкладки, прокладки та закладні болти (анкери), для дерев'яних шпал – підкладки, основні костилі та протиугони.
4. Для рейок повторного укладання норми періодичності приймаються у роках за нормами табл. 3.3.

Норми періодичності і додаткові критерії призначення посиленого капітального ремонту колії

Категорія колії	Вид зміцнення	Періодичність, млн. т брутто (років)		Додаткові критерії			
		безстикова колія	ланкова колія	Поодинокий вихід рейок (кількість дефектних місць), в сумі з початку укладання в середньому на ділянці, шт./км		Кількість непридатних	
				безстикова колія	ланкова колія	дерев'яних шпал, %	скріплень, %
IV (до 30 млн. т брутто на км за рік), V (15 млн. т брутто на км за рік та більше)	термозміцненні	800 (30)	700 (25)	4 та більше	6 та більше	15	25/30
	без зміцнення	650 (30)	550 (25)				

Примітки:

- Чисельник – колія з залізобетонними шпалами, знаменник – колія з дерев'яними шпалами.
- Норми періодичності встановлені для рейок типу Р65 першої укладки. Для рейок повторного укладання норми періодичності приймаються у роках за нормами таблиці 3.3.
- На приймально-відправних коліях станцій та на коліях беззупинкового пропуску поїздів посилений капітальний ремонт призначається за результатами комісійного огляду технічного стану колії.

Норми періодичності і критерії призначення капітального ремонту колії з використанням старопридатних матеріалів верхньої будови колії

Категорія колії (вантажонапруже ність, млн. т км брутто на км за рік)	Періодичність, років		Додаткові критерії			
	безстикова колія	ланкова колія	поодинокий вихід рейок, (кількість дефектних місць), в сумі з початку укладання в середньому на ділянці, шт./км		кількість непридатних	
			безстикова колія	ланкова колія	дерев'яних шпал, %	скріплень, %
V (до 15), VI та VII (більше 5)	20	15	8 та більше	10 та більше	20	25/30
станційні	25	20	10 та більше	12 та більше	40	40/45
Примітки: 1. Чисельник – колія з залізобетонними шпалами, знаменник – колія з дерев'яними шпалами. 2. Норми періодичності встановлені для перекладених рейок типу Р65 без термозміцнення. 3. Для термозміцнених рейок норми періодичності збільшуються на 15 %. 4. Для комплексно відремонтованих рейок норми збільшуються на 15 %. 5. Сумарне збільшення не повинно перевищувати 20 %. 6. Для перекладених рейок типу Р50 норми періодичності зменшуються на 20 %. 7. Для рейок першої укладки норми періодичності приймаються за табл. 3.2. 8. На ділянках з вантажонапруженістю до 5 млн. т км брутто на км за рік капітальний ремонт призначається за результатами комісійного огляду, але не раніше наведених у таблиці норм.						

Критерії призначення посиленого середнього ремонту колії

Категорія колії	Основні критерії		Додаткові критерії	
	забрудненість баласту, %	кількість непридатних шпал, %	кількість в %	
			шпали з виплесками	непридатних скріплень
I - IV	20	5	8	12

Критерії призначення середнього ремонту колії

Категорія колії	Основні критерії		Додаткові критерії	
	забрудненість баласту, %	кількість непридатних шпал, %	кількість в %	
			шпали з виплесками	непридатних скріплень
I - III	20	4/12	7	10/12
IV - V	25	5/15	8	12/15
VI - VII	30	6/20	9	15/17
станційні	40	7/40	15	20/25

Примітки:

- Чисельник – колія з залізобетонними шпалами, знаменник – колія з дерев'яними шпалами.
- При однакових значеннях основних критеріїв, за результатами комісійного огляду, до ремонту призначаються кілометри з більшим значенням додаткових критеріїв – на підставі рішення начальника дистанції колії і узгодження з службою колії.

Критерії призначення комплексно-оздоровчого ремонту колії

Категорія колії	Основні критерії		Додаткові критерії	
	кількість відступів, шт.(пог. м)/км		кількість в %	
	2-го ступеня	3-го та більшого ступеня	непридатних шпал	непридатних скріплень
I-III	20	3	5/12	8/10
IV-V	25	4	8/15	10/12
VI-VII	35	5	10/20	12/15

Примітки:

- Чисельник – для залізобетонних шпал, знаменник – для дерев'яних шпал.
- Кількість відступів від норм утримання колії (з просідань, перекосів, відхилень за шириною колії, рівнем та в плані) приймається за показниками колієвимірального вагона протягом останніх 3 місяців підряд. При цьому враховуються тільки відступи, що виникли вперше або після виправлення.
- При однакових значеннях основного критерію до ремонту, за результатами комісійного огляду, на підставі рішення начальника дистанції колії, призначаються кілометри з більшою сумою відсотків непридатних шпал, скріплень і виплесків.

Положенням [4] встановлені нормативні строки періодичності ремонтів (табличні) для ділянок при максимально-допустимих осьових навантаженнях вагонів 230 кН і швидкостями руху пасажирських поїздів до 160 км/год і вантажних не більше 120 км/год. При перевищенні вказаних критеріїв табличні нормативи коригуються відповідно до приміток.

З урахуванням того, що техніко-економічні розрахунки по вибору конструкції верхньої будови колії виконуються для конкретних умов експлуатації, слід порівняти

значення служби рейок $(T_p)_{\text{розр}}$ і табличне $(T_p)_{\text{лн.п.}}$, що порівнюються для 3.1, 3.2 3.3. Зі значень, що $(T_p)_{\text{min}}$.

Далі слід робити таким чином. Якщо розрахунковий тоннаж відрізняється від табличного, $\frac{(T_p)_{\text{розр}}}{(T_p)}$, $\frac{(T_p)_{\text{min}}}{(T_p)}$.

Отримані таким чином норми тоннажу для середнього ремонту колії з розрахунковими строками служби баласту. Якщо ці норми менші розрахункового $(T)_{\text{розр}}$, то по них встановлюють строк проведення середнього ремонту колії. Якщо зазначена норма тоннажу виявиться більше $(T)_{\text{розр}}$, то замість одного призначають 2 або 3 середніх ремонти за період між двома модернізаціями.

Розрахункові норми тоннажу для КОР ремонтів отримують перемноженням табличних норм на відношення $\frac{(T_p)_{\text{min}}}{(T_p)}$, якщо в проміжку між двома модернізаціями колії встановлюється один середній ремонт колії. При збільшенні кількості середніх ремонтів, комплексно-оздоровчі (КОР) ремонти колії, як правило, чергують із середніми. В окремих випадках між модернізацією і середнім або між двома середніми призначають два комплексно-оздоровчі ремонти колії (КОР).

Після встановлення заключних розрахункових (мінімальних) строків проведення модернізації, середнього та КОР ремонтів колії викреслюють схему періодичності ремонтів для кожного варіанта конструкції верхньої будови колії, які порівнюються. Схеми ремонтів для кожного з варіантів наносять на власну лінійну вісь координат t (роки експлуатації), яка суміщується з пропущеним за ці роки тоннажем (млн. т брутто), що визначається по заданій вантажонапруженості. Для наочності схеми ремонтів усіх варіантів, що порівнюються, викреслюються на одному аркуші, в однаковому масштабі, з

розміщенням нульових точок початку координат на загальній вертикальній лінії. Схема ремонтів повинна складатися від 1-ї до 2-ї модернізації, включаючи всі проміжні види ремонтів, що виконуються між ними.

В якості прикладу на **рис. 3.1.** показана схема періодичності ремонтів для трьох варіантів конструкції колії, що порівнюються:

1. Рейки Р65, епюра шпал 1840 шт/км, скріплення КБ, товщина баласту $h_6 = 55$ см;
2. Рейки Р65, епюра шпал 1680 шт/км, скріплення КБ, товщина баласту $h_6 = 55$ см;
3. Рейки UIC60, епюра шпал 1680 шт/км, скріплення КПП-5, товщина баласту $h_6 = 55$ см.

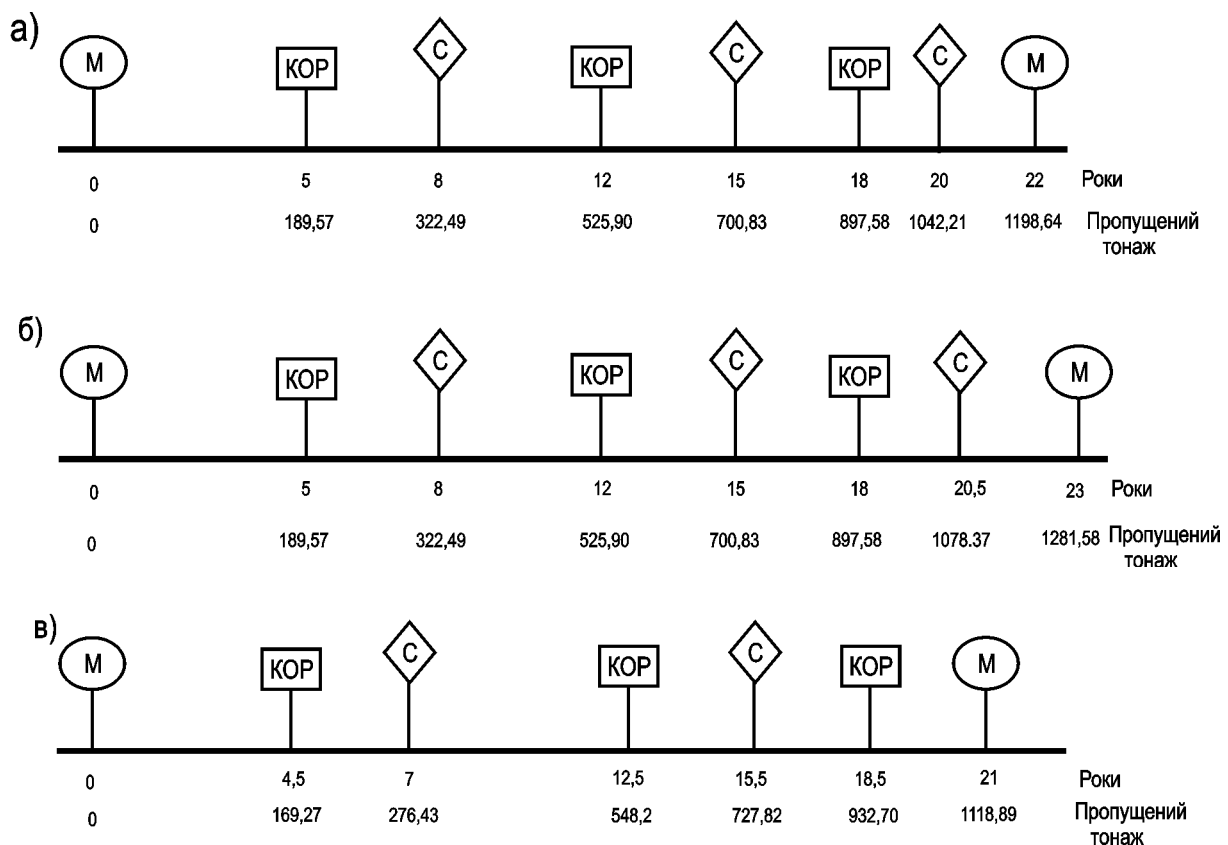


Рис. 3.1. Періодичність ремонтів колії

- а) рейки Р65, епюра шпал 1840 шт/км, скріплення КБ, товщина баласту $h_6 = 55$ см;
- б) рейки Р65, епюра шпал 1680 шт/км, скріплення КБ, товщина баласту $h_6 = 55$ см;
- в) рейки UIC60, епюра шпал 1680 шт/км, скріплення КПП-5, товщина баласту $h_6 = 55$ см.

Після складання схеми ремонтів колії для варіантів, що порівнюються в указаному вигляді (від 1-ї до 2-ї модернізації), для правомірності їх порівняння необхідно врахувати такі додаткові особливості:

1. Порівняння варіантів виконується на часовому відрізку, що відповідає строку служби базового варіанта, який має найбільшу тривалість між модернізаціями колії (t_{\max});

2. Координатні осі інших варіантів, що порівнюються, необхідно подовжити до строку служби базового варіанта (t_{\max}) та на них нанести всі наступні необхідні ремонти за 2-ою модернізацією. (Вони розраховуються аналогічно тому, як це зроблено між 1-ю та 2-ю модернізаціями);

3. Визначення грошових витрат по всіх варіантах, що порівнюються, виконується на базовому часовому відрізку (див. пункт 1), при цьому для варіантів зі строком служби менше базового (t_{\max}) слід враховувати всі витрати по ремонтах та експлуатаційні витрати, що витрачаються протягом служби базового варіанта (t_{\max}).

4. Визначення капітальних вкладень та річних експлуатаційних витрат

4.1. Визначення капітальних вкладень та одночасних витрат

Визначення техніко-економічної ефективності варіантів ВБК, що прийняті для порівняння будемо виконувати по другій методиці, що наведена в параграфі 1.1 розділу 1. Тобто користуємося методикою порівняння варіантів по мінімуму сумарних приведених витрат:

$$= \sum_{t=1}^t E_t \eta_t + \sum_{t=0}^t C_t \eta_t \Rightarrow \min. \quad (1.2)$$

Капітальні вкладення на укладку типів і конструкцій колії, що розглядаються (витрати на модернізацію та капітальний ремонт колії) і одночасні витрати (витрати на середні, комплексно-оздоровчі та інші види ремонтів) при виконанні розрахунків, які носять порівнювальний або приблизний характер, приймають по середньомережевим калькуляціям вартості ремонтів колії (див. додаток В), вводячи коефіцієнти, що враховують діючий рівень цін. Якщо деякі з вибраних варіантів конструкцій колії не значаться в переліку середньомережевих калькуляцій, то вартість модернізації колії для них можна отримати шляхом корегування кошторисної вартості матеріалів, експлуатації машин та механізмів і т.д.

Для другої та подальших модернізацій колії необхідно визначити зворотну вартість матеріалів верхньої будови колії. Тобто, вартість другої та подальших модернізацій повинна враховуватися за мінусом зворотної вартості матеріалів. Зворотна вартість матеріалів верхньої будови колії залежить від низки факторів, у тому числі від повторно пропущеного тоннажу після перекладки, та може бути визначена за формулою:

$$M_i = \frac{T_{ni}}{+_{ni}}, \quad (4.1)$$

де: M_i - капітальні вкладення по i -му варіанту, грн./км;

T_{ni} - пропущений тоннаж між модернізаціями колії, млн. т брутто;

n_i - тоннаж, що пропускається після перекладки рейко-шпальної решітки, млн. т брутто, визначається з табл. 4.1 чи [7].

4.1

Тоннаж, що пропускається після перекладки рейко-шпальної решітки

Тип верхньої будови колії	Тоннаж після перекладки, млн. т брутто
Особливо важкий, Р75 термозміцненні	400
Важкий: Р65 термозміцненні	375
Р65 без термообробки	300
Нормальний, Р50 без термообробки	200
<p>Примітки: При виконанні більш точних техніко-економічних розрахунків, наприклад, при визначенні економічного ефекту для конкретного територіально-адміністративного відділення залізничного транспорту, витрати на ремонт колії необхідно розраховувати, більш детально. При цьому вартість ремонту 1 км колії потрібно визначати як суму прямих витрат, накладних витрат та інших витрат, а також витрат на проектно-кошторисні роботи та непередбачені витрати. В прямі витрати входять: вартість оплати праці, вартість матеріалів, вартість експлуатації машин і механізмів. Вартість оплати праці – основна заробітна плата робочих, яка визначається на основі витрат праці на виконання комплексу робіт. При цьому потрібно враховувати витрати праці на базі, на перегоні та при укладці плітей безстикової колії, оскільки різні коефіцієнти збільшення норм часу на пропуск поїздів.</p>	

4.2. Визначення річних експлуатаційних витрат

До експлуатаційних витрат дистанцій колії відносять витрати на обслуговування та поточне утримання основних засобів колійного господарства. Однак, оскільки тип і конструкції верхньої будови колії впливають на опір руху поїздів і на необхідну кількість наданих “вікон” для ремонтів, в експлуатаційні витрати при економічних розрахунках вибору типу і конструкції колії також включаються витрати, пов’язані з опором руху та із затримками поїздів.

Тобто, річні експлуатаційні витрати можна визначити за формулою:

$$E = \quad + \quad + \quad + \quad + \quad , \quad (4.2)$$

де: - витрати на оплату праці (на робочу силу) при поточному утриманні, грн./км в рік;

- витрати на заміну елементів верхньої будови колії при поточному утриманні, грн./км в рік;

- витрати, пов'язані з опором руху поїздів, грн./км в рік;

- витрати, пов'язані з затримкою поїздів через надання "вікон" для ремонтів, грн./км в рік;

- амортизаційні відрахування на реновацію (відновлення вартості верхньої будови колії). (Амортизаційні відрахування на реновацію верхньої будови колії приймаються в розмірі 0,2 % від вартості модернізації колії, тобто $= 0,002 \cdot i$).

Витрати на оплату праці при поточному утриманні колії визначаються за формулою:

$$= 12 \cdot k \cdot k \cdot \dots, \quad (4.3)$$

де: 12 – кількість місяців у році;

– середньомісячна заробітна плата одного монтера колії, грн./міс;

k – нарахування до фонду заробітної плати ($k = 1,3-1,4$);

k – поясний (районний) коефіцієнт нарахувань до заробітної плати, визначається за показанням [25];

- розрахункова норма витрат праці на поточне утримання 1 км колії, чол./рік, визначається за формулою:

$$= \sum_{j=1}^{j=m} D_j, \quad (4.4)$$

де: – норма витрат праці на поточне утримання колії і

стрілочних переводів, чол. на 1 км розгорнутої довжини колії, що визначається по таблиці залежно від типу верхньої будови колії, вантажонапруженості та швидкості руху поїздів (. додаток Б, таблиця Б.1 – Б.3);

$w = k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot k_4 \cdot k_5 \cdot k_6 \cdot k_7$, – добуток поправкових коефіцієнтів

($=1,2,\dots,7$), які залежать від: конструкції колії k_1 ; плану лінії k_2 ; швидкості руху поїздів k_3 ; наявності штучних споруд k_4 ; ділянок з інтенсивним приміським

рухом k_5 ; умов механізації робіт з поточного утримання k_6 ; планового коефіцієнту зниження $k_7 = 0,91$ (. додаток Б, таблиця Б.4);

$\sum_{j=1}^n D_j (j=1,2,3)$ – сума додаткових витрат праці, чол. на рік на 1 км

колії, залежно від умов експлуатації $\sum_{j=1}^n D_j = D_{j_1} + D_{j_2} + D_{j_3}$.

Витрати на одиночну заміну елементів верхньої будови колії визначаються за формулою:

$$= + + + , \quad (4.5)$$

де: – витрати на одиночну заміну рейок, грн./км за рік;

– витрати на одиночну заміну скріплень, грн./км за рік;

- витрати на одиночну заміну шпал, грн./км за рік;

– витрати на поповнення баласту при поточному утриманні, грн./км за рік.

Витрати на одиночну заміну елементів колії при поточному утриманні (по кожному з елементів) визначаються як добуток їх вартості на кількість елементів, що замінюють, на 1 км колії в рік, за формулою:

$$= k_M \sum m_i C_i, \quad (4.6)$$

де: k – коефіцієнт, що враховує нарахування на матеріали ($k_M = 1.4-1.6$);

m_i – кількість елементів i -го виду, що замінюються в рік, на 1 км колії;

– вартість одиниці i -го матеріалу.

Вартість матеріалів визначається за середньомережевими калькуляціями, а кількість матеріалів, що замінюються, при поточному утриманні колії визначається за нормативами річного виходу матеріалів з урахуванням фактичних експлуатаційних умов.

Витрати на заміну рейок при поточному утриманні колії можна визначити за формулою:

$$= k_M m_p C_p = k_M (\gamma_p k (-)), \quad (4.7)$$

де: γ - експлуатаційний вихід рейок по дефектах за рік, шт./км (при безстиківій колії γ - кількість дефектних рейок, що вирізаються із рейкової пліті) (. розділ 2);

k - коефіцієнт, що враховує довжину рейок (при рейках довжиною 25 м - $k = 0,45$, при безстиківій колії $k = 0,75$);

, - вартість нових і старопридатних рейок, грн./шт.

Витрати на заміну скріплень при поточному утриманні колії для порівняльних техніко-економічних розрахунків можна приймати приблизно рівними витратам на заміну рейок:

$$\approx \quad (4.8)$$

Витрати по одиночній заміні шпал визначаються за формулою:

$$= \frac{N_0 t_0}{t} C \quad (4.9)$$

де: N_0 – норми заміни дерев'яних і залізобетонних шпал, шт./км в рік;

t_0 – середній строк служби шпал (15,6 років для дерев'яних і 40 років для залізобетонних);

t – середній строк служби шпал залежно від вантажонапруженості ділянки, що розглядається (приймається по табл. 2.7 розділу 2);

– вартість однієї дерев'яної або залізобетонної шпали, грн.

Витрати на заміну баласту та його вартість, що пов'язані з обсягами робіт із виправлення колії і витратами праці на поточне утримання колії визначаються за формулою:

$$= n k m k \quad (4.10)$$

де: - витрати праці на поточне утримання колії, чол./рік на 1 км (формула 4.4);

n – кількість робочих днів у році;

k – частка робіт з виправлення колії від усіх робіт поточного утримання ($k = 0,35$ - для дерев'яних шпал, $k = 0,45$ - для залізобетонних шпал);

m – витрати баласту, м³/чол.-день (для щебеня $m = 0,12$, для азбестового баласту $m = 0,2$);

k – коефіцієнт, що враховує довжину рейки ($k = 0,95$ при рейках довжиною 25 м, $k = 0,8$ при безстиківій колії на залізобетонних шпалах);

– вартість 1 м³ баласту, грн.

Витрати, що обумовлюють вплив конструкції колії на опір руху поїздів, визначаються за формулою:

$$= \dots \omega \quad (4.11)$$

де: \dots – вартість тонно-кілометра механічної роботи локомотива ([26] з урахуванням діючого рівня цін);

ω – вантажонапруженість ділянки, млн.. т км брутто/км в рік;

ω – середній питомий опір руху поїзда, залежно від конструкції колії, кг/т.

Значення опору руху ω приймаються по таблиці 4.2. Ця характеристика складається з опору за рахунок пружності колії ω та за рахунок стиків ω :

$$\omega = \omega + k\omega \quad (4.12)$$

де k – коефіцієнт впливу довжини рейок ($k = 1$ при $= 12,5$ м і $k = 0,5$ при $= 25$ м).

4.2

Опір руху на різних конструкціях колії

Тип рейок та конструкція колії	Середній опір руху, кг/т	
	за рахунок пружності колії	за рахунок стиків
P50, ланкова	3,04	0,88
P50 безстикова	2,16	-
P65, ланкова	1,86	0,69
P65 безстикова	1,57	-
P75, ланкова	1,47	0,49
P75 безстикова	1,27	-

Витрати, обумовлені наданням «вікон» можуть бути визначені за формулою:

$$= \frac{+ n_c + n}{t}, \quad (4.13)$$

де: $E_{c,n}$, $E_{n,n}$ – витрати через надання «вікон» для модернізації, середнього і комплексно-оздоровчого ремонтів, грн./км;

n_c, n – кількість проміжних ремонтів колії;

t – строк служби конструкції, років, $t = \frac{T}{T_0}$.

Витрати через надання “вікон” для виконання кожного виду ремонту колії можна визначити за формулою:

$$= n + \sum nt \times C_{n-}, \quad (4.14)$$

де n – кількість поїздів, що зупиняються на ділянці через надання “вікна” для виконання ремонту колії [27];

$\sum nt$ – загальна тривалість простою поїздів, що зупиняються на ділянці, поїздо-години (t -час простою одного поїзда, годин);

C_{n-} , C_{n-} – вартість зупинки одного поїзда і поїздо-годин простою, грн. ([27], з урахуванням діючого рівня цін).

Таким чином наведені всі проміжні формули, що необхідні для розрахунку річних експлуатаційних витрат за вихідним виразом (4.2).

Підрахунок щорічних експлуатаційних витрат для кожного з варіантів, що порівнюються, зручно виконувати в табличній формі (табл. 4.3).

4.3

Розрахунок щорічних експлуатаційних витрат

t_p роки	T_{0-i} млн. т км брутто /км на рік	Варіант					
		$E_{c,n}$, грн.	$E_{n,n}$, грн.	$E_{n,n}$, грн.	$E_{n,n}$, грн.	a_p , грн.	i , грн.
1	2	3	4	5	6	7	8
1							
2							
3							
....							
n -рік порівняння варіантів							

5. Визначення сумарних витрат за прийнятими варіантами.

Строк окупності витрат. Вибір раціонального варіанта конструкції колії.

При відомих капітальних вкладеннях, одночасних витратах на ремонти і річних експлуатаційних витратах за прийнятими для порівняння варіантами, сумарні приведені витрати (як вже зазначалось у розділі 1) визначаються за формулою (1.2):

$$= \sum_{t=1}^t E_t \eta_t + \sum_{t=0}^t C_t \eta_t. \quad (1.2')$$

Підрахунок щорічних сумарних приведених витрат для кожного з варіантів, що порівнюються, зручно виконувати в табличній формі (табл. 5.1).

Для кожного з варіантів, що розглядаються визначається своя залежність приведених затрат в функції від часу $= f(t)$, яка може бути представлена графічно або табулярно.

На рисунку 5.1, для прикладу наведені графіки сумарних приведених витрат для таких конструкцій верхньої будови колії:

1. Рейки Р65, епюра шпал 1840 шт./км, скріплення КБ, товщина баласту $h_6 = 55$ см;
2. Рейки Р65, епюра шпал 1680 шт./км, скріплення КБ, товщина баласту $h_6 = 55$ см;
3. Рейки UIC60, епюра шпал 1680 шт./км, скріплення КПП-5, товщина баласту $h_6 = 55$ см.

Розрахунок сумарних приведених витрат

Варіанти конструкції верхньої будови колії та види витрат	Витрати по роках, грн.														
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	20	n-рік порівняння
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
$\eta = 1/(1+0,08)^t$	1	0,926	0,857	0,794	0,735	0,681	0,655	0,630	0,606	0,584	0,215	...
Варіант 1 (тип верхньої будови колії)															
Капітальні витрати , грн.															
Одночасні витрати на середній ремонт, КОР та виконання машинізованих виправочних робіт , , , грн.															
Щорічні експлуатаційні витрати , грн.															
Витрати через надання "вікон" , грн.															
Сумарні річні витрати, грн.															
Приведені річні витрати, грн.															
Сумарні приведені витрати , грн.															
Варіант 2 (тип верхньої будови колії)															
Капітальні витрати , грн.															
Одночасні витрати на середній ремонт, КОР та виконання машинізованих виправочних робіт , , , грн.															
Щорічні експлуатаційні витрати , грн.															
Витрати через надання "вікон" , грн.															
Сумарні річні витрати, грн.															
Приведені річні витрати, грн.															
Сумарні приведені витрати , грн.															
Варіант 3 (тип верхньої будови колії)															
Капітальні витрати К, грн.															
Одночасні витрати на середній ремонт, КОР та виконання машинізованих виправочних робіт , , , грн.															
Щорічні експлуатаційні витрати , грн.															
Витрати через надання "вікон" , грн.															
Сумарні річні витрати, грн.															
Приведені річні витрати, грн.															
Сумарні приведені витрати , грн.															

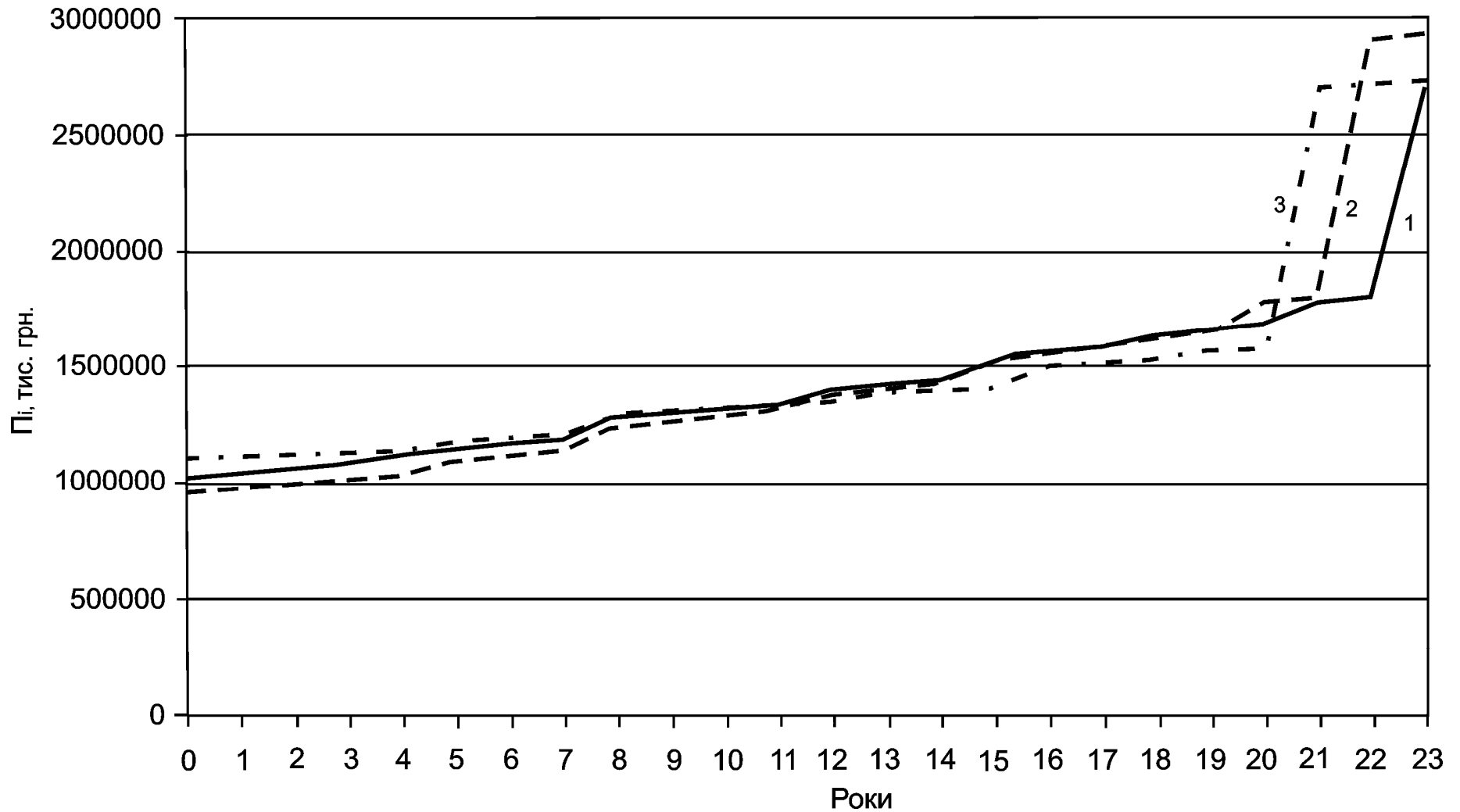


Рис. 5.1. Графіки сумарних приведених витрат в функції часу $\Pi_i = f(t)$ для конструкцій ВБК: 1) Рейки Р65, епюра шпал 1840 шт./км, скріплення КБ, товщина баласту $h = 55$ см; 2) Рейки Р65, епюра шпал 1680 шт./км, скріплення КБ, товщина баласт $h = 55$ см; 3) Рейки UIC60, епюра шпал 1680 шт./км, скріплення КПП-5, товщина баласту $h = 55$ см.

З рисунка видно, що криві сумарних витрат перетинаються в декількох точках, в яких вирівнюються витрати на конструкцію верхньої будови колії з різними рейками: UIC60 і Р65. Цей приклад наочно показує, наскільки умовним поняттям є строк окупності. Строк, після якого сумарні витрати будуть меншими при рейках UIC60 у порівнянні з рейками Р65 визначається приблизно 10 роками.

Необхідно враховувати таке. Якщо визначають не поточне значення для побудови графіків за декілька років (подібних до приведених на рис 5.1), а при порівнянні варіантів знаходять витрати до визначеного року експлуатації $t=t_0$, то слід порівнювати варіанти конструкцій, приведених до рівних умов. Інакше може статися, що одна з конструкцій була капітально відремонтована, наприклад, у t_{0-1} році, а інша, навпаки, ще повинна бути відремонтована у t_{0+1} році. В зв'язку з цим виявиться, що за першим варіантом у витрати ввійде капітальний ремонт, а за другим – ні, хоча потреба в ньому виникне вже через рік. В цьому випадку варіанти будуть не рівнозначними.

6. Порівняння варіантів верхньої будови колії за натуральними та додатковими грошовими показниками.

У ряді випадків при виборі раціональної конструкції верхньої будови колії виникає необхідність робити порівняння варіантів за натуральними показниками. Насамперед, така необхідність виникає у тому випадку, коли сумарні приведені витрати виявляються приблизно рівними за декілька років і близькі строку окупності.

До показників належать: працемісткість поточного утримання і ремонтів колії; продуктивність праці; питомі витрати матеріалів на поточне утримання і ремонти колії.

Важливими показниками є: фондовіддача конструкції, що застосовується; вартість вантажної маси, що вивільняється з процесу перевезень (якщо застосування вибраної конструкції колії веде до скорочення часу на процес перевезення).

Працемісткість поточного утримання і ремонтів колії, люд.-дн./км в рік, визначається за формулою:

$$= 260 + \frac{(\cdot n + H_c \cdot n_{cp} + H \cdot n)}{}, \quad (6.1)$$

де - витрати праці на поточне утримання колії, люд.-дн./км за добу;

, , - витрати праці відповідно на модернізацію, середній і КОР ремонти колії, люд.-дн./км за 1 ремонт;

n , n - кількість середніх і КОР ремонтів за період між двома модернізаціями базового варіанта;

n - кількість модернізацій за період між 2-ма модернізаціями базового варіанту (приймається $n = 1$ для базового варіанту, $n = 2$ чи більше для інших варіантів, що порівнюються);

- вантажонапруженість на ділянці, млн. т км/км в рік (середня за період порівняння);

- тоннаж між модернізаціями базового варіанта, млн. т;

260 – кількість робочих днів у році.

Продуктивність праці, т км/люд. в рік, визначається за формулою:

$$= \frac{\cdot 260}{}, \quad (6.2)$$

де - працемісткість поточного утримання і ремонтів, люд.-дн./км за рік (формула 6.1);

260 – кількість робочих днів у році.

Питомі витрати металу, т/млн. т на 1 км, визначаються за формулами:

$$\gamma = \frac{\gamma + t \quad \gamma + \gamma n + \gamma n}{}, \quad (6.3)$$

$$t_k = / , \quad (6.4)$$

де γ - витрати металу при укладанні верхньої будови колії, т/км;

t - строк між модернізаціями колії, роки;

γ - річна витрата металу на поточне утримання, т/км в рік;

γ, γ - витрати металу на середній і КОР ремонти, т/км;

n, n - кількість середніх і КОР ремонтів за період між двома модернізаціями базового варіанта.

Фондовіддача конструкції, що застосовується, визначається за формулою:

$$F = T / , \quad (6.5)$$

де - тоннаж між модернізаціями колії, млн. т;

- вартість капітальних вкладень для конструкції, що розглядається, (див. розділ 4).

Якщо застосування конструкції або типу верхньої будови колії веде до скорочення часу на процес перевезення, то розраховують вартість вантажної маси , що вивільнюється з процесу перевезення, за формулою:

$$= \frac{CPI}{365} \left(\frac{1}{V_1} - \frac{1}{V_2} \right), \quad (6.6)$$

де C - середня вартість 1 т вантажу, грн./т;

P - річне перевезення вантажу, т;

l - середня відстань перевезення вантажу, км;

V_1, V_2 - середня швидкість просування вантажу за добу по першому і другому типах верхньої будови колії, км/добу.

Вартість вантажів, що вивільняються з процесів перевезень, прирівнюються до капітальних витрат і сумують з витратами варіанта, що має меншу швидкість доставки вантажу, або зменшують на цю величину капітальні витрати варіанта, що має більш високі швидкості доставки вантажу.

7. Питання для самоперевірки

1. Що таке порівняльна економічна ефективність проектних рішень?
2. В чому різниця між капітальними вкладеннями та одночасними витратами?
3. Що таке раціональна конструкція колії?
4. В чому різниця між строком окупності та приведеними витратами?
5. Що таке коефіцієнт віддалення витрат з економічної точки зору?
6. Яка послідовність визначення варіантів верхньої будови колії (ВБК) для порівняння?
7. За який період експлуатації проводиться порівняння варіантів ВБК?
8. Яким чином встановлюють кращий варіант ВБК при майже однакових техніко-економічних показниках?
9. Як ви розумієте конкурентні та неконкурентні варіанти ВБК?
10. Що таке строк служби елементів ВБК?
11. Чим визначається строк елементів ВБК?
12. Від яких експлуатаційних факторів залежить знос головки рейки?
13. Що таке питомий знос головки рейки та від яких параметрів він залежить?
14. Які причини призводять до появи дефектів рейок?
15. Які допустимі значення сумарного одиночного виходу різних типів рейок за дефектністю?
16. Від яких факторів залежить строк служби скріплень?
17. Від яких факторів залежить строк служби шпал?
18. Які шпали експлуатуються в колії більше і чому?
19. Які фактори визначають строк служби баласту?
20. Як визначити строк заміни баласту?
21. Які види ремонтів залізничної колії ви знаєте?
22. Які показники визначають необхідність проведення того чи іншого виду ремонту колії?

23. Як визначити скільки середніх і комплексно-оздоровчих ремонтів колії необхідно проводити за весь період експлуатації?
24. Яка періодичність проведення ремонтно–колійних робіт?
25. Які витрати враховуються в експлуатаційні витрати?
26. Що включають капітальні вкладення?
27. Що включають в себе натуральні та грошові показники?

ВИКОРИСТАНА ЛІТЕРАТУРА

1. Выбор конструкции верхнего строения пути: Учебное пособие. – Гомель. – Л.: БелИИЖТ, ЛИИЖТ, 1977. – 64 с.
2. – Технично-економические расчеты по выбору конструкции верхнего строения пути: Учеб. пособие./ Днепропетровск, 1987. – 47 с.
3. . . . Железнодорожный путь. 3-е изд. перераб. и доп. – М.: Транспорт, 1987. – 479 с.
4. про проведення планово-запобіжних ремонтно-колійних робіт на залізницях України/ ЦП - 0113. – К.: Головне управління колійного господарства, 2004. 32 с.
5. Содержание и ремонт рельсов. – М.: Транспорт, 1984. – 231 с.
6. . . . Прогнозирование износа элементов рельсовых нитей с учетом эксплуатационных факторов. В сб. научных трудов ЛИИЖТ. – С. Петербург, 1992. – с. 82 – 85.
7. . . . з улаштування та утримання колії залізниць України/ ЦП – 0138. – К.: ТОВ НВП Поліграфсервіс, 2006. – 336 с.
8. про нормативні строки служби стрілочних переводів у різних експлуатаційних умовах/ ЦП - 0101. – К.: Транспорт України, 2003. – 30с.
9. Проектирование железнодорожного пути: Учебное пособие./ Под ред. Г.М. Шахунянца. – М.: Транспорт, 1972. – 320 с.
10. тяговых расчетов для поездной работы. – М.: Транспорт, 1985. – 287 с.
11. . . . Установление норм периодичности смены рельсов и основные принципы повторного использования старогодних рельсов: Труды ЦНИИ МПС, вып.292. – М.: Транспорт, 1965.
12. Железнодорожный путь. – М.: Транспорт, 1985. – 302 с.

13. про проведення планово – запобіжних ремонтно – колійних робіт на залізницях України / ЦП - 0059. – К.: Головне управління колійного господарства, 2000. 25 с.
14. вказівки по використанню старопридатних матеріалів верхньої будови колії на залізницях України / ЦП – 0021. – К.: Транспорт України, 1998. – 96 с.
15. . . . К вопросу об эффективности применения наспальных резиновых прокладок повышенной упругости./ Тр. МИИТ, 1978, вып.607, с. 36 – 55.
16. . . . Влияние прокладок повышенной упругости на эксплуатационный выход элементов бесстыкового пути с железобетонными шпалами. – Тр. МИИТ, 1975, вып.505, с. 57 – 69.
17. норми витрат матеріалів і виробів на поточне утримання й ремонт колії та інших пристроїв колійного господарства залізниць України / ЦП - 0074. – К.: Головне управління колійного господарства, 2001. – 43 с.
18. . . . Бесстыковому пути – надежное скрепление. – Жел. дор. транспорт, 1972, №3, с. 12 – 17.
19. . . К вопросу определения срока службы шпал. – Тр. ХИИТ, 1961, вып.ХІІ, с. 40 – 50.
20. . . Методика определения экономической эффективности конструкций верхнего строения пути. – Новосибирск. - МИИЖТ, 1970.
21. . . . Исследование сроков службы железобетонных шпал. – Тр. МИИЖТ, 1979, вып.646.
22. Современные конструкции верхнего строения железнодорожного пути./ Под ред. В.Г. Альбрехта и А.Ф. Золотарского. – М.: Транспорт, 1975. – 279 с.
23. . . . , . . . , Эксплуатационный выход шпал С-56-21. - Тр. МИИТ, 1975, вып.505, с. 57 – 69.
24. . . Балластный слой железнодорожного пути. – М.: Транспорт, 1965.

Додаток А

.1

Категорії колії

Вантажонапруженість, млн. т км брутто на км за рік	Максимальна встановлена швидкість пасажирських / вантажних поїздів на ділянці, км/год.			
	<u>>140-160</u> >80-120	<u>>140-160</u> >80-120	<u>>140-160</u> >80-120	<u>80 та менше</u> <u>60 та менше</u>
80 та більше	I	I	I	II
від 50 до 80	I	II	II	III
від 30 до 50	II	II	III	IV
від 15 до 30	II	III	IV	V
від 5 до 15	II	III	V	VI
до 5	II	III	VI	VII

Примітки:

- На дво- та багатоколієвих ділянках категорії колії встановлюються однаковими з колією, що має вищу категорію при умові, що різниця у вантажонапруженості не перевищує 20%. При більшій різниці категорія визначається для кожної колії окремо.
- До IV категорії відносяться також колії на ділянках з вантажонапруженістю менше 15 млн. т км брутто за рік при наявності: середніх осьових навантажень більше 170 кН; встановленої швидкості вище 100 км/год; кривих з радіусом менше 350 м протяжністю більше 20%, або всіх кривих – більше 40%; безпосереднього примикання до виходу на міжнародні лінії. Ділянкою вважається частка напрямку з однаковими умовами експлуатації (вантажонапруженість, середнє осьове навантаження, встановлена швидкість і т. ін.).

.2

Характеристика основної конструкції верхньої будови колії залежно від категорії колії

Категорія колії	Характеристика верхньої будови колії
швидкісна	Безстикова колія з плітями довжиною в перегін або блок ділянки із термозміцнених рейок типу Р65, UIC60 нових вищої категорії якості. Скріплення і шпали нові. Епюра шпал: в прямих та кривих з радіусом більше 2000 м – 1840 шт./км, в кривих менших радіусів 2000 шт./км. Баласт щєбєнєвий. Товщина шару нового або очищеного баласту під шпалами не менше 40 см.
I	Безстикова колія із рейок типу Р65, UIC60 нових I групи, I класу. Скріплення і шпали нові. Епюра шпал: в прямих та кривих – 1840 шт./км, за винятком для дерев'яних шпал у ланковій колії в кривих R<1200 – 2000 шт./км. Баласт щєбєнєвий. Товщина шару нового або очищеного баласту під шпалами не менше 40 см.
II	Безстикова колія із рейок типу Р65, UIC60 нових I групи, I класу та старопридатних типу Р65, UIC60 I групи придатності. Скріплення і шпали нові. Епюра шпал така ж, як і на коліях I категорії. Баласт щєбєнєвий. Товщина шару нового або очищеного баласту під шпалами не менше 40 см.
III	Безстикова колія із рейок типу Р65, UIC60 нових I групи, I класу та старопридатних типу Р65, UIC60 I групи придатності. Скріплення і шпали нові. Епюра шпал така сама, як і на коліях I категорії. Баласт щєбєнєвий. Товщина шару нового або очищеного баласту під шпалами не менше 35 см.

IV	Безстикова колія із рейок типу Р65, UIC60 нових I групи, I класу та старопритатних типу Р65, UIC60 I групи притатності. Скріплення і шпали нові або старопритатні в поєднанні з новими. Епюра шпал така сама, як і на коліях I категорії. Баласт щебеневий. Товщина шару нового або очищеного баласту під шпалами не менше 30 см.
V	Безстикова або ланкова колія із старопритатних рейок типу Р65, UIC60 або Р50 I групи притатності. Скріплення і шпали нові і старопритатні. Епюра шпал така сама, як і на коліях I категорії. Баласт щебеневий. Товщина шару нового або очищеного баласту під шпалами не менше 25 см.
VI	Безстикова або ланкова колія із старопритатних рейок типу Р65, UIC60 або Р50 I групи притатності. Скріплення і шпали старопритатні і нові. Епюра шпал: в прямих та кривих – не менше 1600 шт./км, за винятком для дерев'яних в кривих $R < 1200$ – не менше 1840 шт./км. Товщина шару нового або очищеного баласту під шпалами не менше 25 см.
VII	Безстикова або ланкова колія із старопритатних рейок типу Р65, UIC60 або Р50 I групи притатності. Скріплення і шпали старопритатні. Епюра шпал та баласт такі самі, як і на коліях VI категорії.

Додаток Б

Диференційовані норми витрат праці на поточне утримання колії, стрілочних переводів і штучних споруд

.1

Головні колії (люд. на рік на 1 км розгорнутої довжини колії)

Вантажна напруженість, млн. т км брутто на 1 км на рік	Стикова колія, рейки Р65, довжиною 25 м, шпали дерев'яні, баласт щебеневий						Безстикова колія, рейки Р65, шпали залізобетонні, баласт щебеневий					
	Швидкість: пасажирських поїздів – чисельник; вантажних – знаменник, км/год.											
	<u>121-140</u> >80	<u>101-120</u> 71-80	<u>81-100</u> 61-70	<u>61-80</u> 51-60	<u>41-60</u> 41-50	<u><40</u> головні і пр-відпр.	<u>121-140</u> >80	<u>101-120</u> 71-80	<u>81-100</u> 61-70	<u>61-80</u> 51-60	<u>41-60</u> 41-50	<u><40</u> головні і пр-відпр.
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Менше 1	0,299	0,299	0,299	0,299	0,299	0,299	0,257	0,257	0,257	0,257	0,257	0,257
1,5	0,311	0,310	0,309	0,309	0,308	0,308	0,268	0,267	0,266	0,266	0,266	0,265
2,0	0,322	0,321	0,320	0,318	0,318	0,317	0,279	0,279	0,277	0,275	0,275	0,274
2,5	0,333	0,332	0,329	0,328	0,327	0,326	0,292	0,290	0,287	0,285	0,285	0,283
3,0	0,345	0,343	0,340	0,338	0,337	0,335	0,303	0,301	0,298	0,295	0,294	0,292
3,5	0,356	0,354	0,350	0,347	0,346	0,343	0,314	0,311	0,308	0,304	0,304	0,301
4,0	0,368	0,365	0,361	0,356	0,356	0,352	0,326	0,323	0,318	0,314	0,313	0,305
4,5	0,379	0,376	0,371	0,366	0,365	0,361	0,338	0,335	0,329	0,323	0,323	0,318
5,0	0,391	0,387	0,382	0,376	0,374	0,370	0,349	0,346	0,338	0,333	0,332	0,321
6,0	0,399	0,395	0,389	0,383	0,380	0,374	0,359	0,355	0,347	0,341	0,339	0,334
7,0	0,407	0,402	0,396	0,388	0,386	0,379	0,369	0,364	0,355	0,350	0,347	0,342
8,0	0,416	0,410	0,403	0,394	0,392	0,384	0,378	0,373	0,363	0,358	0,354	0,349
9,0	0,424	0,418	0,410	0,400	0,398	0,389	0,388	0,382	0,372	0,367	0,361	0,356
10,0	0,432	0,426	0,418	0,406	0,403	0,393	0,398	0,391	0,380	0,375	0,368	0,365
11,0	0,439	0,432	0,424	0,411	0,409	0,398	0,407	0,397	0,387	0,381	0,373	0,367
12,0	0,447	0,437	0,429	0,417	0,414	0,402	0,416	0,402	0,395	0,385	0,378	0,371
13,0	0,455	0,444	0,435	0,423	0,419	0,407	0,425	0,409	0,402	0,391	0,383	0,374
14,0	0,463	0,449	0,441	0,428	0,424	0,411	0,434	0,414	0,410	0,395	0,389	0,377
15,0	0,470	0,455	0,447	0,434	0,429	0,416	0,443	0,420	0,418	0,401	0,394	0,381
16,0	0,477	0,462	0,454	0,439	0,434	0,420	0,451	0,429	0,425	0,407	0,400	0,385
17,0	0,484	0,468	0,460	0,445	0,438	0,424	0,460	0,437	0,432	0,413	0,405	0,390
18,0	0,491	0,474	0,465	0,450	0,443	0,428	0,468	0,446	0,438	0,419	0,411	0,395
19,0	0,499	0,481	0,472	0,455	0,447	0,432	0,477	0,455	0,446	0,425	0,417	0,400
20,0	0,509	0,487	0,478	0,461	0,452	0,437	0,485	0,464	0,453	0,431	0,423	0,405

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
21,0	0,513	0,493	0,483	0,466	0,457	0,441	0,493	0,472	0,459	0,437	0,428	0,410
22,0	0,520	0,500	0,490	0,472	0,463	0,445	0,500	0,480	0,465	0,442	0,434	0,414
23,0	0,527	0,507	0,495	0,476	0,467	0,449	0,509	0,489	0,473	0,448	0,439	0,419
24,0	0,534	0,513	0,501	0,482	0,473	0,453	0,516	0,497	0,479	0,454	0,446	0,424
25,0	0,541	0,519	0,507	0,487	0,478	0,457	0,524	0,505	0,485	0,459	0,451	0,429
26,0	0,547	0,526	0,510	0,491	0,480	0,461	0,532	0,510	0,490	0,464	0,453	0,434
27,0	0,554	0,532	0,514	0,497	0,482	0,465	0,539	0,516	0,493	0,470	0,455	0,438
28,0	0,561	0,537	0,518	0,501	0,483	0,469	0,547	0,522	0,498	0,475	0,456	0,443
29,0	0,568	0,544	0,522	0,507	0,485	0,473	0,554	0,527	0,501	0,482	0,458	0,447
30,0	0,574	0,550	0,526	0,511	0,487	0,477	0,563	0,533	0,506	0,487	0,460	0,452
31,0	0,581	0,555	0,531	0,516	0,491	0,481	0,570	0,539	0,511	0,492	0,464	0,455
32,0	0,588	0,561	0,536	0,520	0,495	0,485	0,577	0,545	0,518	0,498	0,469	0,460
33,0	0,594	0,567	0,541	0,526	0,500	0,489	0,584	0,552	0,523	0,502	0,473	0,464
34,0	0,600	0,572	0,546	0,530	0,503	0,492	0,591	0,558	0,528	0,508	0,478	0,468
35,0	0,607	0,579	0,551	0,535	0,507	0,497	0,599	0,565	0,535	0,513	0,482	0,473
36,0	0,614	0,585	0,556	0,539	0,511	0,500	0,606	0,572	0,540	0,518	0,487	0,477
37,0	0,620	0,591	0,562	0,544	0,516	0,504	0,613	0,578	0,545	0,524	0,491	0,482
38,0	0,626	0,597	0,567	0,549	0,519	0,508	0,620	0,584	0,551	0,528	0,496	0,485
39,0	0,634	0,602	0,572	0,554	0,523	0,512	0,627	0,590	0,557	0,534	0,500	0,490
40,0	0,640	0,608	0,577	0,558	0,527	0,516	0,635	0,597	0,563	0,539	0,505	0,494
41,0	0,646	0,613	0,581	0,563	0,531	0,519	0,641	0,603	0,568	0,545	0,509	0,498
42,0	0,652	0,618	0,587	0,567	0,539	0,523	0,648	0,609	0,573	0,549	0,513	0,502
43,0	0,658	0,624	0,591	0,572	0,539	0,527	0,655	0,615	0,579	0,554	0,518	0,506
44,0	0,664	0,629	0,597	0,576	0,543	0,530	0,662	0,621	0,584	0,559	0,521	0,510
45,0	0,670	0,635	0,601	0,581	0,546	0,534	0,669	0,627	0,590	0,564	0,526	0,514
46,0	0,676	0,640	0,607	0,586	0,551	0,537	0,675	0,634	0,595	0,570	0,530	0,518
47,0	0,682	0,645	0,611	0,590	0,554	0,541	0,682	0,640	0,600	0,574	0,534	0,522
48,0	0,689	0,651	0,617	0,595	0,558	0,545	0,689	0,645	0,606	0,580	0,538	0,527
49,0	0,694	0,656	0,621	0,599	0,563	0,548	0,696	0,652	0,611	0,584	0,543	0,530
50,0	0,700	0,662	0,626	0,604	0,566	0,552	0,702	0,658	0,617	0,590	0,547	0,535
60,0	0,760	0,714	0,672	0,632	0,603	0,565	0,767	0,715	0,668	0,619	0,589	0,549
70,0	0,817	0,765	0,718	0,672	0,640	0,596	0,829	0,771	0,717	0,662	0,627	0,583
80,0	0,873	0,815	0,762	0,711	0,675	0,626	0,889	0,825	0,766	0,705	0,666	0,611
90,0	0,928	0,865	0,806	0,750	0,692	0,657	0,950	0,879	0,812	0,746	0,684	0,640
100,0	0,983	0,914	0,850	0,788	0,725	0,687	1,008	0,932	0,860	0,788	0,719	0,680

Примітки: 1. Якщо швидкості пасажирських і вантажних поїздів, зазначені в відповідних колонках, не співпадають, то за розрахункову слід приймати швидкість вантажних поїздів.

2. Вантажонапруженість приймально-відправних колій визначається по вантажонапруженості прилеглих до них колій.

.2

Станційні, під'їзні та інші колії (люд. на рік на 1 км розгорнутої довжини колії)

Шпали							
дерев'яні				залізобетонні			
Тип рейок							
P75	P65	P50	P43	P75	P65	P50	P43
0,214	0,257	0,300	0,342	0,171	0,214	0,257	0,300

.3

Стрілочні переводи (люд. на рік на 1 км стрілочний перевід)

Вантажна-пруженість, млн. т км брунто на 1 км на рік	Швидкість: пасажирських поїздів - чисельник, вантажних - знаменник, км/год.												
	$\frac{121-140}{>80}$	$\frac{101-120}{>70}$	$\frac{81-100}{>60}$	$\frac{61-80}{>50}$	$\frac{41-60}{>40}$	<40 голов. і пр.-відп.							
	Тип рейок												
	P65	P65	P50	P65	P50	P65	P50	P65	P50	P43	P65	P50	P43
До 10	$\frac{0,177}{0,118}$	$\frac{0,172}{0,115}$	$\frac{0,190}{0,129}$	$\frac{0,166}{0,110}$	$\frac{0,185}{0,127}$	$\frac{0,162}{0,108}$	$\frac{0,180}{0,126}$	$\frac{0,162}{0,108}$	$\frac{0,181}{0,125}$	$\frac{0,190}{0,144}$	$\frac{0,159}{0,106}$	$\frac{0,177}{0,124}$	$\frac{0,185}{0,140}$
11-25	$\frac{0,198}{0,149}$	$\frac{0,188}{0,140}$	$\frac{0,207}{0,155}$	$\frac{0,182}{0,137}$	$\frac{0,200}{0,155}$	$\frac{0,171}{0,131}$	$\frac{0,187}{0,148}$	$\frac{0,164}{0,127}$	$\frac{0,179}{0,141}$	$\frac{0,194}{0,154}$	$\frac{0,161}{0,124}$	$\frac{0,176}{0,139}$	$\frac{0,190}{0,149}$
26-50	$\frac{0,177}{0,118}$	$\frac{0,172}{0,115}$	$\frac{0,190}{0,129}$	$\frac{0,166}{0,110}$	$\frac{0,185}{0,127}$	$\frac{0,162}{0,108}$	$\frac{0,180}{0,126}$	$\frac{0,162}{0,108}$	$\frac{0,181}{0,125}$	$\frac{0,190}{0,144}$	$\frac{0,159}{0,106}$	$\frac{0,177}{0,124}$	$\frac{0,185}{0,140}$
51-80	$\frac{0,255}{0,194}$	$\frac{0,236}{0,179}$	$\frac{0,255}{-}$	$\frac{0,218}{0,166}$	$\frac{0,236}{-}$	$\frac{0,206}{0,156}$	$\frac{0,222}{-}$	$\frac{0,199}{0,151}$	$\frac{0,216}{-}$	$\frac{-}{-}$	$\frac{0,189}{0,142}$	$\frac{0,204}{-}$	$\frac{-}{-}$
більше 80	$\frac{0,275}{0,204}$	$\frac{0,254}{0,188}$	$\frac{-}{-}$	$\frac{0,235}{0,173}$	$\frac{-}{-}$	$\frac{0,220}{0,163}$	$\frac{-}{-}$	$\frac{0,204}{0,152}$	$\frac{-}{-}$	$\frac{-}{-}$	$\frac{0,200}{0,148}$	$\frac{-}{-}$	$\frac{-}{-}$
Для станційних та інших колій незалежно від вантажнапруженості норми витрат робочої сили складають: з рейками типу P65 $\frac{0,175}{0,059}$; P50 $\frac{0,186}{0,067}$; P43 $\frac{0,190}{0,079}$.													
Примітка.	-												

Поправкові коефіцієнти до норм витрат робочої сили на поточне утримання колії

№ п/п	Найменування факторів	Коефіцієнти
1	2	3
1. Конструкція колії		
1	Стикова колія з рейками довжиною 12,5 м на дерев'яних шпалах (до норм "Стикова колія 25 м, дерев'яні шпали")	1,05
2	Стикова колія на залізобетонних шпалах (до норм "Безстикова колія, залізобетонні шпали"): - з рейками довжиною 25 м - з рейками довжиною 12,5 м	1,05 1,10
3	Безстикова колія на дерев'яних шпалах (до норм "Безстикова колія, залізобетонні шпали")	1,05
4	На ділянках колії з щебневим баластом і рейками типів (до норм для рейок Р65, баласт щебневий): - Р75 - Р50 - Р43 і легше	0,90 1,15 1,25
5	На ділянках колії з гравійно-піщаним баластом, кар'єрним гравієм і рейками типів (до норм для рейок Р65, баласт щебневий): - Р75 - Р65 - Р50 - Р43 і легше	1,00 1,10 1,25 1,30
6	На ділянках колії з піщаним баластом і рейками типів (до норм для рейок Р65, баласт щебневий): - Р75 - Р50 - Р43 і легше	1,20 1,30 1,50
7	Ділянки колії з кривими, які складають більше чверті кілометра, радіусом: - від 350 до 650 м - менше 350 м	1,10 1,15
8	Мости і тунелі довжиною: - від 25 до 100 м і підходи до них по 200 м - більше 100 м і підходи до них по 500 м	1,05 1,07
9	Ділянки колії з ухилом: - від 8,1 до 15‰ - більше 15‰	1,15 1,20
2. Експлуатаційні умови		
1	На ділянках колії при встановлених швидкостях руху пасажирських поїздів 140 – 160 км/год (до норм для швидкостей 121 – 140 км/год): - до 5 поїздів по одній колії - більше 5 поїздів	1,02 1,05
2	На ділянках колії, де перевозяться вугілля, торф, руда, солі, добрива, наливні та сипучі вантажі, які розташовані на відстані менше 200 км від місць навантаження, при засміченні колії і стрілочних переводів більше 20%	1,20
3	На ділянках колії з інтенсивним приміським рухом електросекцій в кількості по одній колії: - 25 – 50 - 51 – 100 - більше 100	1,05 1,10 1,15
4	На ділянках колії, відремонтованих з глибоким очищенням щебеневого баласту на всю товщину і підсиленням баластної призми	0,80

Продовження таблиці Б.4

1	2	3
5	На ділянках колії з складними геологічними і гідрологічними умовами (карст, болота і т.д.)	1,05
6	Колія на сортувальній гірці (головній і спусковій частинах)	1,80
7	Кілометри, які потребують ремонту (модернізації, всіх видів капітального, середнього, суцільної заміни рейок) при перепропущеному тоннажу: - до 100 млн. т км брунто	1,05

	- більше 100 – до 200 млн. т км брутто - більше 200 – до 300 млн. т км брутто - більше 300 – до 400 млн. т км брутто - більше 400 млн. т км брутто	1,10 1,17 1,23 1,45
8	Перекладені рейки (друге вкладання) на ділянках з вантажонапруженістю: - менше 10 млн. т км/км - 10 – 20 млн. т км/км - більше 20 млн. т км/км	1,10 1,15 1,20
9	При середній довжині плиті безстикової колії: - менше 500 м - від 500 до 1000 м - більше 1000 м	1,05 0,95 0,90
10	Колія в межах пасажирських платформ	1,15
11	Колія в гірських умовах в кривих радіусом $R < 350$ м	1,20
3. Стрілочні переводи		
1	Перехресні стрілочні переводи і переводи марок 1/18 і 1/22	1,80
2	Стрілочні переводи з рухомою і поворотною серцевиною	0,90
3	Стрілочні переводи на сортувальній гірці (головній і спусковій частинах)	2,00
4	Стрілочні переводи на залізобетонних брусах, які вкладені: - на приймально-відправних і станційних колія - на головних коліях при наявності болтових стиків - на головних коліях при зварених стиках	0,80 1,15 0,90
5	Глухі перетини колії	0,50
6	Башмакоскидувачі та скидаючі вістряки	0,20
4. Інші умови		
1	Ділянки колії, які не обладнані автоблокуванням	0,95
2	Утримання одного переїзду без охорони по кожній колії	0,1 чол.
3	Утримання мостів, які побудовані до 1907 року	1,50
4	Утримання суміщеної колії	1,55
5	На ділянках з додатковими обходами при температурі повітря менше $- 25^{\circ} \text{C}$ (встановлюються керівництвом залізниці з погодженням з Дорпрофсожем)	1,10
6	На ділянках вузької колії (750 мм)	0,70
7	На ділянках колії де кількість непридатних шпал на 1 км складає: - > 900 - 801 – 900 - 701 – 800 - 600 - 700	1,40 1,30 1,20 1,10
Примітка.		

Додаток В

Калькуляції капітальних витрат при виконанні ремонтно-колійних робіт (в цінах 2004 року)

.1

Виконавча калькуляція капітальних витрат при укладанні колійної решітки

№	Найменування витрат	Кількість	Одиниця виміру	Ціна (грн.)	Сума (грн.)
1	2	3	4	5	6
I. Рейки типу Р65, залізобетонні шпали з епюрою 1840 шт./км в прямих ділянках і 2000 шт/км в кривих, скріплення КПП – 5					
1	Витрати праці				26879
2	Механізми				22830
3	Матеріали:				515834,36
	Рейки Р65 с/п	129,44	т.	521,70	67528,85
	Накладки с/п	4,73	т.	569,16	2692,13
	Болти стикові з гайками с/п	0,50	т.	2 145,24	1072,62
	Шайби стикові с/п	0,033	т.	3 121,20	103,00
	Шпали з. - б. нові типу СБ-3	1872	шт.	140	262080
	Клеми пружні КП-5 нові	7488	шт.	12,0	89856
	Ізолюючі вкладиші ВПП-65нові	7488	шт.	4,32	32348,16
	Прокладки під рейку ПРП-2.1нові	3744	шт.	10,65	39873,60
	Щебінь	600	м ³	33,80	20280,00
4	Накладні витрати 20%		грн.		113108,67
5	Оренда локомотивів		грн.		39240
6	Експлуатація ХДВ	600	м ³	9,97	5982
	ВСЬОГО		грн.		723874,03
II. Рейки типу Р65, залізобетонні шпали з епюрою 1667 шт./км в прямих ділянках і 1840 шт./км в кривих, скріплення КПП - 5					
1	Витрати праці				24191
2	Механізми				22830
3	Матеріали				477315,76
	Рейки Р65 с/п	129,44	т.	521,70	67528,85
	Накладки с/п	4,73	т.	569,16	2692,13
	Болти стикові з гайками с/п	0,50	т.	2145,24	1072,62
	Шайби стикові с/п	0,033	т.	3121,20	103,00
	Шпали з. - б. нові типу СБ-3	1702	шт.	140	238280,00
	Клеми пружні КП-5 нові	6808	шт.	12,0	81696,00
	Ізолюючі вкладиші ВПП-65нові	6808	шт.	4,32	29410,56
	Прокладки під рейку ПРП-2.1нові	3404	шт.	10,65	36252,60
	Щебінь	600	м ³	33,80	20280,00
4	Накладні витрати 20%		грн.		113108,67
5	Оренда локомотивів		грн.		39240
6	Експлуатація ХДВ	600	м ³	9,97	5982
	ВСЬОГО		грн.		674426,11

1	2	3	4	5	6
III. Рейки типу Р65, залізобетонні шпали з епюрою 1840 шт./км в прямих ділянках і 2000 шт./км в кривих, скріплення КБ					
1	Витрати праці				31456
2	Механізми				22830
3	Матеріали:				405918,98
	Рейки Р65 с/п	129,44	т.	521,70	67528,85
	Накладки с/п	4,73	т.	569,16	2692,13
	Болти стикові з гайками с/п	0,50	т.	2145,24	1072,62
	Шайби стикові с/п	0,033	т.	3121,20	103,00
	Шпали з. - б. нові	1872	шт.	69,00	129168,00
	Підкладки нові	26,21	т.	2040,00	53468,40
	Клеми нові	4,94	т.	3772,00	18633,68
	Болти клемові з гайками нові	3,45	т.	6219,60	21457,62
	Болти закладні з гайками нові	5,3	т.	5763,60	30547,08
	Шайби плоскі круглі	0,41	т.	4376,58	1794,40
	Шайби 2 - виткові нові	1,8	т.	8974,80	16154,64
	Втулки нові	7488	шт.	1,32	9884,16
	Прокладки під рейку нові	3744	шт.	2,30	8611,20
	Прокладки під підкладку	3744	шт.	6,55	24523,20
	Щебінь	600	м ³	33,80	20280,00
4	Накладні витрати 20%		грн.		92041
5	Оренда локомотивів		грн.		39240
6	Експлуатація ХДВ	600	м ³	9,97	5982
	ВСЬОГО		грн.		597467,98
IV. Рейки типу UIC60, залізобетонні шпали з епюрою 1840 шт./км в прямих ділянках і 2000 шт./км в кривих, скріплення КПП-5					
1	Витрати праці				26879
2	Механізми				22830
3	Матеріали:				520963
	Рейки с/п	129,44	т.	482,56	62462,5
	Накладки с/п	4,73	т.	569,16	2692,12
	Болти стикові з гайками с/п	0,5	т.	2145,24	1072,62
	Шайби стикові с/п	0,033	т.	3121,2	102,99
	Клема пружна	7488	шт.	12	89856
	Ізолюючі вкладиші ВПІ-60	7488	шт.	4,32	32348,1
	Підрейкова прокладка (ПРП-2)	3744	шт.	10,65	39873,6
	Шпали з. - б. нові типу СБ-3	1872	шт.	140	262080
	Щебінь	600	м ³	33,8	20280
4	Накладні витрати 20%		грн.		112095
5	Оренда локомотиву		грн.		39240
6	Експлуатація ХДВ	600	м ³	9,97	5982
	Всього		грн.		717794
V. Рейки типу UIC60, залізобетонні шпали з епюрою 1667 шт./км в прямих ділянках і 1840 шт./км в кривих, скріплення КПП-5					
1	Витрати праці				24191
2	Механізми				22830
3	Матеріали:				472249,39

Продовження таблиці В.1

1	2	3	4	5	6
	Рейки с/п	129,44	т.	482,56	62462,5
	Накладки с/п	4,73	т.	569,16	2692,12
	Болти стикові з гайками с/п	0,5	т.	2145,24	1072,62
	Шайби стикові с/п	0,033	т.	3121,2	102,99
	Клема пружна	6808	шт.	12	81696
	Ізолюючі вкладиші ВПП-60	6808	шт.	4,32	29410,56
	Підрейкова прокладка (ПРП-2)	3404	шт.	10,65	36252,6
	Шпали з. - б. нові типу СБ-3	1702	шт.	140	238280
	Щебінь	600	м ³	33,8	20280
4	Накладні витрати 20%		грн.		103854
5	Оренда локомотиву		грн.		39240
6	Експлуатація ХДВ	600	м ³	9,97	5982
	Всього		грн.		668346
VI. Рейки типу Р50, дерев'яні шпали з епурою 1840 шт./км в прямих ділянках і 2000 шт./км в кривих, скріплення Д 2					
1	Витрати праці				35052
2	Механізми				22830
3	Матеріали:				882463,6
	Рейки Р50	103,34	т.	1852	191385,6
	Накладки шестидирні	3,01	т.	1897,2	5710,57
	Болти з гайками для шестидирних накладок	0,36	т.	7150,8	2574,28
	Підкладки нові	31,64	т.	2040	64545,6
	Клеми стикові	0,19	т.	3500	665
	Клеми проміжні	4,73	т.	3772	17841,56
	Болти клемні з гайками	3,45	т.	6219,6	21457,62
	Шайби 2 - виткові для клемних болтів	0,90	т.	8974,8	8077,32
	Шайби пружинні стикові	0,033	т.	10404	343,33
	Шурупи для скріплення Д2	8,38	т.	6554,4	54925,87
	Шпали дерев'яні	1872	шт.	117	219024
	Підкладки під рейку гумові	3744	шт.	2,3	8611,2
	Клема шпальна	1872	шт.	6,5	12168
	Баласт щебеневий (ЩОМ-4М)	600	м ³	33,8	20280
4	Накладні витрати 20%		грн.		137098,4
5	Оренда локомотиву		грн.		39240
6	Експлуатація ХДВ	600	м ³	9,97	5982
	Всього		грн.		867812

Виконавча калькуляція вартості середнього ремонту колії

№	Найменування витрат	Кількість	Одиниця виміру	Ціна (грн.)	Сума (грн.)
1	2	3	4	5	6
I. Рейки типу Р65, залізобетонні шпали з епюрою 1840 шт./км в прямих ділянках і 2000 шт./км в кривих, скріплення КПП - 5					
1	Витрати праці				3425
2	Механізми				13700
3	Матеріали:				22149,5
	Накладки нові	0,035	т.	1897,20	66,40
	Болти стикові з гайками нові	0,004	т.	7150,80	28,60
	Шайби стикові нові	0,0007	т.	10404,00	7,28
	Шпали з. - б. нові типу СБ-3	19	шт.	140	2660,00
	Клеми пружні КП-5 нові	19	шт.	12,0	228,00
	Ізолюючі вкладиші ВПП-65нові	196	шт.	4,32	846,72
	Прокладки під рейку ПРП-2.1 нові	450	шт.	10,65	4792,50
	Щебінь	400	м ³	33,80	13520,00
4	Накладні витрати 20%		грн.		7854,90
5	Оренда локомотивів		грн.		18128
6	Експлуатація ХДВ	400	м ³	9,97	3988
	ВСЬОГО		грн.		69246
II. Рейки типу Р65, залізобетонні шпали з епюрою 1667 шт./км в прямих ділянках і 1840 шт./км в кривих, скріплення КПП - 5					
1	Витрати праці				3083
2	Механізми				13700
3	Матеріали:				21279,53
	Накладки нові	0,035	т.	1897,20	66,40
	Болти стикові з гайками нові	0,004	т.	7150,80	28,60
	Шайби стикові нові	0,0007	т.	10404,00	7,28
	Шпали з. - б. нові типу СБ-3	17	шт.	140	2380,00
	Клеми пружні КП-5 нові	17	шт.	12,0	204,00
	Ізолюючі вкладиші ВПП-65нові	176	шт.	4,32	760,00
	Прокладки під рейку ПРП-2.1 нові	405	шт.	10,65	4313,25
	Щебінь	400	м ³	33,80	13520,00
4	Накладні витрати 20%		грн.		7612,51
5	Оренда локомотивів		грн.		18128
6	Експлуатація ХДВ	400	м ³	9,97	3988
	ВСЬОГО		грн.		67791
III. Рейки типу Р65, залізобетонні шпали з епюрою 1840 шт./км в прямих ділянках і 2000 шт./км в кривих, скріплення КБ					
1	Витрати праці				6850
2	Механізми				13700
3	Матеріали:				21863,97
	Накладки нові	0,035	т.	1897,20	66,40
	Болти стикові з гайками нові	0,004	т.	7150,80	28,60
	Шайби стикові нові	0,0007	т.	10404,0	7,28
	Шпали з. - б. нові	22	шт.	69,0	1518
	Підкладки нові	0,651	т.	2040,0	1328,04

1	2	3	4	5	6
	Клеми нові	0,012	т.	3772,0	45,26
	Болти клемні з гайками нові	0,101	т.	6219,6	628,20
	Болти закладні з гайками нові	0,061	т.	5763,6	351,58
	Шайби плоскі круглі під ізолюючі втулки	0,011	т.	4376,58	48,14
	Шайби 2- виткові нові	0,072	т.	8974,8	646,18
	Втулки нові	392	шт.	1,32	517,44
	Прокладки під рейку нові	801	шт.	2,3	1842,30
	Прокладки під підкладку	201	шт.	6,55	1316,55
	Щебінь	400	м ³	33,8	13520
4	Накладні витрати 20%		грн.		8483
5	Оренда локомотивів		грн.		18128
6	Експлуатація ХДВ	400	м ³	9,97	3988
	ВСЬОГО		грн.		73013
IV. Рейки типу UIC60, залізобетонні шпали з епюрою 1840 шт./км в прямих ділянках і 2000 шт./км в кривих, скріплення КПП-5					
1	Витрати праці				3425
2	Механізми				13700
3	Матеріали:				22766,8
	Накладки UIC60	0,026	т.	1897,2	49,32
	Болти стикові з гайками	0,0033	т.	7150,8	23,59
	Шайби стикові	0,00056	т.	10404	5,202
	Клема пружна	19	шт.	1,2	22,8
	Ізолюючі вкладиші ВІП-60	196	шт.	4,32	1693,44
	Підрейкова прокладка (ПРП-2)	450	шт.	10,65	4792,5
	Шпали з. - б. нові типу СБ-3	19	шт.	140	2660
	Щебінь	400	м ³	33,8	13520
4	Накладні витрати 20%		грн.		7978,37
5	Оренда локомотиву		грн.		18128
6	Експлуатація ХДВ	400	м ³	9,97	3998
	Всього		грн.		69986
V. Рейки типу UIC60, залізобетонні шпали з епюрою 1667 шт./км в прямих ділянках і 1840 шт./км в кривих, скріплення КПП-5					
1	Витрати праці				3425
2	Механізми				13700
3	Матеріали:				21352,08
	Накладки UIC60	0,026	т.	1897,2	49,32
	Болти стикові з гайками	0,0033	т.	7150,8	23,59
	Шайби стикові	0,00056	т.	10404	5,202
	Клема пружна	17	шт.	1,2	20,4
	Ізолюючі вкладиші ВІП-60	176	шт.	4,32	760,32
	Підрейкова прокладка (ПРП-2)	405	шт.	10,65	4313,25
	Шпали з. - б. нові типу СБ-3	19	шт.	140	2660
	Щебінь	400	м ³	33,8	13520
4	Накладні витрати 20%		грн.		7695,41
5	Оренда локомотиву		грн.		18128
6	Експлуатація ХДВ	400	м ³	9,97	3998
	Всього		грн.		68288

1	2	3	4	5	6
VI. Рейки типу Р50, дерев'яні шпали з епюрою 1840 шт./км в прямих ділянках і 2000 шт./км в кривих, скріплення Д 2					
1	Витрати праці				6850
2	Механізми				13700
3	Матеріали:				74749,8
	Накладки шестидирні	0,153	т.	1897,2	290,27
	Болти з гайками для шестидирних накладок	0,028	т.	7150,8	200,22
	Підкладки нові	0,744	т.	2040	1517,76
	Клеми жорсткі	0,012	т.	3772	45,264
	Болти клемні з гайками	0,101	т.	6219,6	628,17
	Шайби 2- виткові для клемних болтів	0,051	т.	8974,8	457,71
	Шайби пружинні стикові	0,008	т.	10404	83,23
	Шурупи для скріплення Д2	0,09	т.	6554,4	589,89
	Шпали дерев'яні	450	шт.	117	52650
	Підкладки під рейку гумові	801	шт.	2,3	1842,3
	Клема шпальна	450	шт.	6,5	2925
	Баласт щебеневий (ЩОМ-4М)	400	м ³	33,8	13520
4	Накладні витрати 20%		грн.		19059,96
5	Оренда локомотиву		грн.		18128
6	Експлуатація ХДВ	400	м ³	9,97	3988
	Всього		грн.		136476

Виконавча калькуляція вартості комплексно - оздоровчого ремонту колії (КОР)

№	Найменування витрат	Кількість	Одиниця виміру	Ціна (грн.)	Сума (грн.)
1	2	3	4	5	6
I. Рейки типу Р65, залізобетонні шпали з епюрою 1840 шт./км в прямих ділянках і 2000 шт./км в кривих, скріплення КПП - 5					
1	Витрати праці				980
2	Механізми				6446
3	Матеріали:				12323,68
	Накладки нові	0,0324	т.	1897,20	61,47
	Болти стикові з гайками нові	0,003	т.	7150,80	21,45
	Шайби стикові нові	0,0004	т.	10404,00	4,16
	Шпали з. - б. нові типу СБ-3	11	шт.	140	1540,00
	Клеми пружні КП-5 нові	7,8	шт.	12,0	93,60
	Ізолюючі вкладиші ВПП-65нові	150	шт.	4,32	648,00
	Прокладки під рейку ПРП-2.1нові	300	шт.	10,65	3195,00
	Щебінь	200	м ³	33,80	6760,00
4	Накладні витрати 20%		грн.		3949,94
5	Оренда локомотивів		грн.		2642
6	Експлуатація ХДВ	200	м ³	9,97	1994
	ВСЬОГО		грн.		28336
II. Рейки типу Р65, залізобетонні шпали з епюрою 1667 шт./км в прямих ділянках і 1840 шт./км в кривих, скріплення КПП - 5					
1	Витрати праці				882
2	Механізми				6446
3	Матеріали:				11789,78
	Накладки нові	0,0324	т.	1897,20	61,47
	Болти стикові з гайками нові	0,003	т.	7150,80	21,45
	Шайби стикові нові	0,0004	т.	10404,00	4,16
	Шпали з. - б. нові типу СБ-3	11	шт.	140	1540,00
	Клеми пружні КП-5 нові	7,0	шт.	12,0	84,00
	Ізолюючі вкладиші ВПП-65нові	135	шт.	4,32	583,20
	Прокладки під рейку ПРП-2.1нові	270	шт.	10,65	2875,50
	Щебінь	200	м ³	33,80	6760,00
4	Накладні витрати 20%		грн.		3823,56
5	Оренда локомотивів		грн.		2642
6	Експлуатація ХДВ	200	м ³	9,97	1994
	ВСЬОГО		грн.		27578
III. Рейки типу Р65, залізобетонні шпали з епюрою 1840 шт./км в прямих ділянках і 2000 шт./км в кривих, скріплення КБ					
1	Витрати праці				1960
2	Механізми				6446
3	Матеріали:				11595,82
	Накладки нові	0,0324	т.	1897,2	61,47
	Болти стикові з гайками нові	0,003	т.	7150,8	21,45
	Шайби стикові нові	0,0004	т.	10404,0	4,16
	Шпали з. - б. нові	13	шт.	69,0	897
	Підкладки нові	0,306	т.	2040,0	624,24

1	2	3	4	5	6
	Клеми нові	0,005	т.	3772,0	18,86
	Болти клемові з гайками нові	0,048	т.	6219,6	298,54
	Болти закладні з гайками нові	0,035	т.	5763,6	201,73
	Шайби плоскі круглі під ізолюючі втулки	0,005	т.	4376,58	21,88
	Шайби 2- виткові нові	0,04	т.	8974,8	358,99
	Втулки нові	300	шт.	1,32	396
	Прокладки під рейку нові	535	шт.	2,3	1276,50
	Прокладки під підкладку	100	шт.	6,55	655
	Щебінь	200	м ³	33,8	6760
4	Накладні витрати 20%		грн.		4000
5	Оренда локомотивів		грн.		2642
6	Експлуатація ХДВ	200	м ³	9,97	1994
	ВСЬОГО		грн.		28638
IV. Рейки типу UIC60, залізобетонні шпали з епюрою 1840 шт./км в прямих ділянках і 2000 шт./км в кривих, скріплення КПП-5					
1	Витрати праці				1017,5
2	Механізми				6446
3	Матеріали:				12865,7
	Накладки UIC60	0,024	т.	1897,2	45,53
	Болти стикові з гайками	0,0023	т.	7150,8	16,44
	Шайби стикові	0,00033	т.	10404	3,43
	Клема пружна	8	шт.	1,2	9,36
	Ізолюючі вкладиші ВІП-60	300	шт.	4,32	1296
	Підрейкова прокладка (ПРП-2)	300	шт.	10,65	3195
	Шпали з. - б. нові типу СБ-3	11	шт.	140	1540
	Щебінь	200	м ³	33,8	6760
4	Накладні витрати 20%		грн.		4391,36
5	Оренда локомотиву		грн.		2642
6	Експлуатація ХДВ	200	м ³	9,97	1994
	Всього		грн.		30984
V. Рейки типу UIC60, залізобетонні шпали з епюрою 1667 шт./км в прямих ділянках і 1840 шт./км в кривих, скріплення КПП-5					
1	Витрати праці				1017,5
2	Механізми				6446
3	Матеріали:				12865,7
	Накладки UIC60	0,024	т.	1897,2	45,53
	Болти стикові з гайками	0,0023	т.	7150,8	16,44
	Шайби стикові	0,00033	т.	10404	3,43
	Клема пружна	8	шт.	1,2	9,36
	Ізолюючі вкладиші ВІП-60	300	шт.	4,32	1296
	Підрейкова прокладка (ПРП-2)	300	шт.	10,65	3195
	Шпали з. - б. нові типу СБ-3	11	шт.	140	1540
	Щебінь	200	м ³	33,8	6760
4	Накладні витрати 20%		грн.		4391,36
5	Оренда локомотиву		грн.		2642
6	Експлуатація ХДВ	200	м ³	9,97	1994
	Всього		грн.		30984

1	2	3	4	5	6
VI. Рейки типу Р50, дерев'яні шпали з епюрою 1840 шт./км в прямих ділянках і 2000 шт./км в кривих, скріплення Д 2					
1	Витрати праці				2050
2	Механізми				10160
3	Матеріали:				40839,5
	Накладки шестидирні	0,1145	т.	1897,2	217,22
	Болти з гайками для шестидирних накладок	0,015	т.	7150,8	107,26
	Підкладки нові	0,36	т.	2040	734,4
	Клеми жорсткі	0,005	т.	3772	18,86
	Болти клемні з гайками	0,048	т.	6219,6	298,54
	Шайби 2- виткові для клемних болтів	0,027	т.	8974,8	242,31
	Шайби пружинні стикові	0,0014	т.	10404	14,56
	Шурупи для скріплення Д2	0,045	т.	6554,4	294,94
	Шпали дерев'яні	250	шт.	117	29250
	Підкладки під рейку гумові	555	шт.	2,3	1276,5
	Клема шпальна	250	шт.	6,5	1625
	Баласт щебеневий (ЩОМ-4М)	200	м ³	33,8	6760
4	Накладні витрати 20%		грн.		10606,91
5	Оренда локомотиву		грн.		2642
6	Експлуатація ХДВ	200	м ³	9,97	1994
	Всього		грн.		68277

Виконавча калькуляція укладання безстикових рейкових плітей

№	Найменування витрат	Кількість	Одиниця виміру	Ціна (грн.)	Сума (грн.)
1	2	3	4	5	6
I. Рейки типу Р65, залізобетонні шпали з епюрою 1840 шт./км в прямих ділянках і 2000 шт./км в кривих, скріплення КПП - 5					
1	Витрати праці				1798
2	Механізми				3840
3	Матеріали:				272743,37
	Рейки Р65 нові	129,61	т	2086,8	270470,15
	Накладки нові	0,0826	т.	1897,2	1567,09
	Болти стикові з гайками нові	0,0874	т.	7150,8	624,98
	Шайби стикові нові	0,0078	т.	10404,0	81,15
4	Накладні витрати 20%		грн.		5567,63
5	Оренда локомотивів		грн.		5014
	ВСЬОГО		грн.		288963,00
II. Рейки типу Р65, залізобетонні шпали з епюрою 1667 шт./км в прямих ділянках і 1840 шт./км в кривих, скріплення КПП - 5					
1	Витрати праці				1618.20
2	Механізми				3840
3	Матеріали:				272743,37
	Рейки Р65 нові	129,61	т	2086,8	270470,15
	Накладки нові	0,0826	т.	1897,2	1567,09
	Болти стикові з гайками нові	0,0874	т.	7150,8	624,98
	Шайби стикові нові	0,0078	т.	10404,0	81,15
4	Накладні витрати 20%		грн.		5564,03
5	Оренда локомотивів		грн.		5014
	ВСЬОГО		грн.		288779,60
III. Рейки типу Р65, залізобетонні шпали з епюрою 1840 шт./км в прямих ділянках і 2000 шт./км в кривих, скріплення КБ					
1	Витрати праці				3596
2	Механізми				3840
3	Матеріали:				272743,37
	Рейки Р65 нові	129,61	т.	2086,8	270470,15
	Накладки нові	0,0826	т.	1897,2	1567,09
	Болти стикові з гайками нові	0,0874	т.	7150,8	624,98
	Шайби стикові нові	0,0078	т.	10404,0	81,15
4	Накладні витрати 20%		грн.		5604
5	Оренда локомотивів		грн.		5014
	ВСЬОГО		грн.		290797,37
IV. Рейки типу UIC60, залізобетонні шпали з епюрою 1840 шт./км в прямих ділянках і 2000 шт./км в кривих, скріплення КПП-5					
1	Витрати праці				3596
2	Механізми				3840
3	Матеріали:				218363
	Рейки нові UIC60 т/у	112,22	т.	1930,26	216613
	Накладки нові	0,624	т.	1897,2	1183,85
	Болти стикові з гайками	0,070	т.	7150,8	500,55

Продовження таблиці В.4

1	2	3	4	5	6
	Шайби стикові	0,064	т.	10404	66,58
4	Накладні витрати 20%		грн.		4516,05
5	Оренда локомотиву		грн.		5014
	Всього		грн.		235330

.5

Виконавча калькуляція вартості виконання планово – попереджувальних робіт виправно – підбивально – рихтувальною машиною ВПР – 1200 при поточному утриманні колії

№	Найменування витрат	Кількість	Одиниця виміру	Ціна (грн.)	Сума (грн.)
1	2	3	4	5	6
1	Витрати праці				40
2	Механізми				1574
3	Матеріали:				3380
	Щебінь	100	м ³	33,80	3380
4	Накладні витрати 20%		грн.		991,60
5	Оренда локомотивів		грн.		2642
6	Експлуатація ХДВ	100	м ³	9,97	997
	ВСЬОГО		грн.		9594,60

**Даніленко Едуард Іванович
Бойко Володимир Дмитрович**

**ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНІ РОЗРАХУНКИ З ВИБОРУ
КОНСТРУКЦІЇ ВЕРХНЬОЇ БУДОВИ КОЛІЇ**

НАВЧАЛЬНИЙ ПОСІБНИК

Відповідальний за випуск: Даніленко Е.І.

Редактор: Щербак Н.В.

Підписано до друку 26.12.08 р. Формат 60×84/16. Папір офсетний

Спосіб друку – ризографія. Тираж 125 прим. Зам. №.317 - 08

Надруковано у Редакційно-видавничому центрі ДЕТУТ.
Свідоцтво про реєстрацію від 27.12.2007 р. Серія ДК № 3079
03049, м. Київ-049, вул. М. Лукашевича, 19