

БУДІВЕЛЬНИЙ ФАКУЛЬТЕТ
Кафедра “Колія та колійне господарство”

**РОЗРАХУНКИ СТРОКІВ СЛУЖБИ ЕЛЕМЕНТІВ
КОЛІЇ ТА ЇЇ РЕМОНТІВ**

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ
до виконання розрахунково-графічної роботи
з дисципліни
«УЛАШТУВАННЯ ТА ЕКСПЛУАТАЦІЯ
ЗАЛІЗНИЦЬ»

Харків 2011

Методичні вказівки розглянуто та рекомендовано до друку на засіданні кафедри "Колія і колійне господарство" 21 вересня 2009 р., протокол № 1.

У методичних вказівках наводяться методики розв'язання таких задач: вибір типу рейок, що підлягають укладанню на ділянці залізниці з урахуванням її експлуатаційних умов; визначення строку служби рейок на ділянці; розрахунок строку служби щебеневого баласту на ділянці; встановлення розрахункового підвищення рейок зовнішньої нитки в кривій та розрахунок довжини перехідної кривої; визначення строків призначення ремонтів колії на ділянці залізниці та розрахунок оптимальної тривалості "вікна" для виконання ремонту; розрахунок довжини господарських поїздів і розроблення графіка виконання основних ремонтних робіт у "вікно".

Рекомендується для студентів спеціальності «Підйомно-транспортні, будівельні, дорожні, меліоративні машини і обладнання» денної форми навчання.

Укладачі:

доц. А.М. Штомпель,
старш. викл. В.Я. Чичуга,
асист. Н.В. Бугаєць

Рецензент

доц. В.М. Гончаров

РОЗРАХУНКИ СТРОКІВ СЛУЖБИ ЕЛЕМЕНТІВ КОЛІЇ ТА ЇЇ РЕМОНТІВ

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до виконання розрахунково-графічної роботи
з дисципліни

*«УЛАШТУВАННЯ ТА ЕКСПЛУАТАЦІЯ
ЗАЛІЗНИЦЬ»*

Відповідальний за випуск Штомпель А.М.

Редактор Еткало О.О.

Підписано до друку 22.10.09 р.

Формат паперу 60x84 1/16 . Папір писальний.

Умовн.-друк.арк. 1,25. Тираж 100. Замовлення №

Видавець та виготовлювач Українська державна академія залізничного транспорту
61050, Харків - 50, майдан Фейєрбаха, 7

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 2874 від 12.06.2007 р.

Зміст

Вступ	4
1 Вибір типу рейок, що підлягають укладанню на ділянці залізниці (з урахуванням її експлуатаційних умов)	4
2 Визначення строку служби рейок на ділянці залізниці	5
3 Встановлення строку служби щебеневого баласту на ділянці залізниці	7
4 Встановлення розрахункового підвищення рейок зовнішньої нитки в кривій. Розрахунок довжини перехідної кривої	9
5 Визначення строків виконання ремонтів колії на ділянці залізниці	12
6 Визначення оптимальної тривалості “вікна” та необхідної їх кількості для виконання ремонту колії на ділянці залізниці	18
7 Розрахунок довжини господарських поїздів та розроблення графіка виконання основних робіт у “вікно”	21
Список літератури	27
Додаток А	28

Вступ

Залізничний транспорт є основним у транспортній системі країни й складається з ряду господарств, серед яких колійне господарство посідає одне з провідних місць.

В інфраструктурі залізничної транспортної системи основним (базовим) елементом розглядається конструкція залізничної колії, працездатність якої безпосередньо впливає на показники діяльності всієї галузі.

Головне завдання колійного господарства полягає в утриманні залізничної колії (через відповідну систему її технічного обслуговування) постійно у справному стані, який забезпечує безперебійний та безпечний рух поїздів з встановленими швидкостями.

1 Вибір типу рейок, що підлягають укладанню на ділянці залізниці (з урахуванням її експлуатаційних умов)

Головним елементом верхньої будови колії розглядаються рейки (саме вони визначають потужність верхньої будови колії). Тому необхідно для експлуатаційних умов конкретної ділянки залізниці встановити розрахункову масу рейок й через неї обрати з існуючих стандартних типів той тип рейок, котрий відповідає умовам експлуатації.

Розрахункова маса 1 пог. м рейки визначається за формулою

$$q_{розр} = a (1 + \sqrt[4]{G/\lambda}) [(1 + 0.012 \cdot V) P]^{2/3}, \quad (1.1)$$

де a – коефіцієнт, який враховує вид рухомого складу (локомотиви, вагони); при розрахунках приймається $a = 1,2$;

G – вантажна напруженість ділянки залізниці, млн ткм брутто/км за рік;

λ - коефіцієнт, який враховує якість рейкової сталі (для звичайних рейок без термічної обробки $\lambda = 1$; для рейок, що термічно зміцнені, $\lambda = 1,5$);

V – швидкість руху поїздів, км/год;

P – осьове навантаження рухомого складу, тс.

Орієнтуючись на значення $q_{розр}$, за таблицею 1.1 обирають (у бік збільшення) масу 1 пог. м стандартної рейки й визначають

тип рейок, що підлягають укладанню на ділянці залізниці з конкретними умовами експлуатації.

Таблиця 1.1 – Типи та маса 1 пог. м рейок, що експлуатуються

Тип рейок	Маса 1 пог. м рейки, кг	Сфера застосування рейок
		Рейки укладаються на ділянках з вантажонапруженістю, млн ткм брутто/км за рік:
P50	51,67	Менше 15
P65	64,72	15 – 80
P75	74,41	Більше 80

Вихідні дані студенти обирають за встановленим варіантом у додатку А.

2 Визначення строку служби рейок на ділянці залізниці

Строк служби рейок на ділянці залізниці обмежується двома факторами: або зносом головки рейок на граничну величину, або поодиноким виходом рейок у дефектні. Перший фактор виявляється, як правило, переважним на кривих ділянках колії малого радіуса ($R < 650$ м).

Строк служби рейок по зносу в напрацьованому тоннажі (млн т брутто) знаходиться за формулою

$$T_{zn} = \frac{\omega}{\beta} = \frac{bh - \Delta}{\beta}, \quad (2.1)$$

де ω – площа допустимого зносу головки рейки, мм²;

β – питомий знос рейок, мм²/ млн т брутто;

b – ширина головки рейки, мм (для рейок типу P50 $b = 70$ мм, P65 – $b = 73$ мм, P75 – $b = 72$ мм);

h – допустима величина зносу головки рейок, мм (при розрахунках приймається $h = 12$ мм для рейок типу P75 й P65 та $h = 10$ мм для рейок типу P50);

Δ – поправка, яка враховує закруглену форму головки рейок, $\Delta = 70$ мм².

Строк служби рейок по зносу в роках встановлюється за формулою

$$t_{\text{зн}} = \frac{T_{\text{зн}}}{\Gamma}, \quad (2.2)$$

де Γ – вантажонапруженість ділянки залізниці, млн ткм бруто/км за рік.

Строк служби рейок по виходу в дефектні обмежується обсягом напрацьованого тоннажу до моменту, коли сумарний поодинокий вихід рейок у дефектні досягне граничної величини (для рейок типу Р50 – 6 шт/км, для рейок типу Р65 та Р75 – 5 шт/км).

Інтенсивність поодинокого виходу рейок у дефектні обумовлюється низкою факторів (напрацьований тоннаж, вид конструкції колії, тип рейок, план і профіль лінії та ін.) і відповідає криволінійній залежності виду

$$\gamma = a \cdot T^\alpha, \quad (2.3)$$

де γ – сумарний поодинокий вихід рейок у дефектні, шт/км;

T – пропущений по ділянці тоннаж, млн т бруто;

a , α – параметри, які залежать від експлуатаційних умов ділянки колії; їх величини встановлюються для кожної ділянки залізниці окремо (при розрахунках приймається $\alpha=2$, а величина a обирається з додатка А).

Строк служби рейок по виходу в дефектні в напрацьованому тоннажі $T_{\text{деф}}$, млн. т бруто, знаходиться таким чином: у формулу (2.3) підставляються відповідні значення γ , a , α й отримане рівняння розв'язується відносно T . Для прийнятих умов розрахункова формула має вид

$$T_{\text{деф}} = \sqrt{\frac{[\gamma]}{a}}, \quad (2.4)$$

де $[\gamma]$ – граничне значення сумарного поодинокого виходу рейок у дефектні, шт/км (при розрахунках приймається

$[\gamma] = 6$ шт/км для рейок типу Р50 й $[\gamma] = 5$ шт/км для рейок типу Р65 та Р75).

Строк служби рейок по виходу в дефектні в роках встановлюється за формулою

$$t_{\text{деф}} = \frac{T_{\text{деф}}}{\Gamma}. \quad (2.5)$$

Після знаходження $T_{\text{зн}}$ та $T_{\text{деф}}$ здійснюється їх зіставлення й робиться остаточний висновок щодо строку служби рейок $T_{\text{рейок}}$ на конкретній ділянці колії. При цьому, якщо:

а) $T_{\text{зн}} > T_{\text{деф}}$ – строк служби рейок $T_{\text{рейок}}$ обмежується їх виходом у дефектні й дорівнює $T_{\text{деф}} (t_{\text{деф}})$;

б) $T_{\text{зн}} < T_{\text{деф}}$ – строк служби рейок $T_{\text{рейок}}$ обмежується зносом головки й складає $T_{\text{зн}} (t_{\text{зн}})$.

За наведеним алгоритмом студенти встановлюють строк служби рейок для умов конкретної ділянки колії. Необхідні для розрахунків дані наведено у додатку А.

3 Встановлення строку служби щебеневого баласту на ділянці залізниці

У процесі експлуатації баластна призма поступово забруднюється (зовнішніми та внутрішніми забруднювачами). При цьому знижується її здатність відводити воду, яка потрапляє на верхню будову колії. Інтенсивність забруднення залежить від низки факторів (швидкість руху поїздів, навантаження на вісь, конструкція колії тощо).

Завершення строку служби баласту визначається моментом, коли він забруднюється до граничного рівня й втрачає свої дренажні властивості. При цьому баласт потребує або очищення від забруднювачів за допомогою спеціальної техніки, або суцільної заміни на новий.

Строк служби баласту на ділянці залізниці встановлюється за формулою

$$T_{бал} = \frac{D-d}{C_{бал}} \cdot K_{констр}, \quad (3.1)$$

де $T_{бал}$ – строк служби баласту, млн т брутто;

D, d – відповідно граничний та початковий відсоток забруднювачів у баласті (при розрахунках приймається для щебеневого баласту $D = 35\%$ та $d = 5\%$);

$K_{констр}$ – коефіцієнт, який враховує вид конструкції колії (при розрахунках приймається $K_{констр} = 1$);

$C_{бал}$ – інтенсивність забруднення баласту, відсоток/млн т брутто (значення $C_{бал}$ наведено у додатку А).

Строк служби баласту у роках на ділянці залізниці розраховується за формулою

$$t_{бал} = \frac{T_{бал}}{\Gamma}, \quad (3.2)$$

де Γ – вантажонапруженість ділянки залізниці, млн ткм брутто/ км за рік.

Кількість суцільних очисток баласту від забруднювачів на ділянці залізниці за строк служби конструкції верхньої будови колії визначається за формулою

$$N_{очис} = \frac{T_{констр}}{T_{бал}}, \quad (3.3)$$

де $N_{очис}$ – кількість очисток баласту (при розрахунках значення $N_{очис}$ округлюється у меншу сторону до цілої величини);

$T_{констр}$ – строк служби конструкції колії (верхньої будови колії), млн т брутто (при розрахунках приймається $T_{констр} = T_{рейок}$; значення $T_{рейок}$ визначається при розв'язанні задачі у розділі 2);

$T_{бал}$ – строк служби баласту, млн т брутто.

За наведеним алгоритмом студенти виконують розрахунки зі встановлення строку служби баласту та кількості його очисток для умов конкретної ділянки залізниці за вихідними даними свого варіанта.

4 Встановлення розрахункового підвищення рейок зовнішньої нитки в кривій. Розрахунок довжини перехідної кривої

При проходженні рухомого складу по кривій виникає відцентрова сила, яка несприятливо діє на пасажирів, виникає перерозподіл вертикального тиску на рейки обох ниток з перевантаженням зовнішньої нитки.

Для запобігання вказаних явищ у кривих ділянках колії улаштовують підвищення зовнішньої рейкової нитки над внутрішньою. При цьому горизонтальні складові ваги екіпажа, які з'являються за рахунок нахилу верхньої будови колії, зменшують негативні наслідки дії відцентрової сили в кривій.

Величина підвищення зовнішньої рейкової нитки визначається, виходячи з таких умов:

- забезпечення однакового тиску коліс рухомого складу на рейки обох ниток;
- забезпечення комфортабельності їзди пасажирів, яка характеризується дією допустимого непогашеного прискорення;
- забезпечення роботи рейок зовнішньої та внутрішньої ниток без перевантаження при русі вантажних поїздів.

Величина підвищення зовнішньої рейкової нитки за умови забезпечення однакового тиску коліс рухомого складу на рейки визначається за формулою

$$h_1 = 12,5 \frac{V_{cp}^2}{R}, \quad (4.1)$$

де h_1 – розрахункове підвищення рейкової нитки, мм;

R – радіус кривої, м;

V_{cp} – середньовиважена квадратична швидкість руху поїздів, км/год.

Середньовиважена квадратична швидкість поїздів встановлюється за формулою

$$V_{cp} = \sqrt{\frac{\sum n_i Q_i V_i^2}{\sum n_i Q_i}}, \quad (4.2)$$

де i – вид поїзда (швидкий, пасажирський, вантажний тощо);

n – кількість поїздів i -го виду за добу;

Q – вага поїзда i -го виду, т;

V – швидкість руху поїзда по кривій, км/год.

Величина підвищення зовнішньої рейкової нитки за умови забезпечення комфортабельності їзди пасажирів визначається за формулою

$$h_2 = 12,5 \frac{V_{max\,nac}^2}{R} - 115, \quad (4.3)$$

де h_2 – розрахункове підвищення рейкової нитки, мм;

$V_{max\,nac}$ – максимальна швидкість руху поїздів на кривій, км/год;

115 – величина максимального недопідвищення рейкової нитки, яка встановлена за умовою неперевищення допустимого непогашеного прискорення для пасажирських поїздів, мм.

Величина підвищення зовнішньої рейкової нитки перевіряється за умови недопущення перевантаження вантажними поїздами рейок зовнішньої та внутрішньої ниток відповідно за формулами

$$h_3 = 12,5 \frac{V_{max\,вант}^2}{R} - 49, \quad (4.4)$$

$$h_4 = 12,5 \frac{V_{min\,вант}^2}{R} + 49, \quad (4.5)$$

де $V_{max \text{ вант}}$, $V_{min \text{ вант}}$ – відповідно максимальна та мінімальна швидкість руху вантажних поїздів по кривій, км/год;

49 – величина максимального недопідвищення рейкової нитки, яка встановлена за умови неперевикнення допустимого непогашеного прискорення для вантажних поїздів, мм.

З чотирьох одержаних значень підвищення (формули (4.1), (4.3) – (4.5)) визначається те, що рекомендується встановити на кривій $h_{рек}$. При цьому $h_{рек}$ повинне дорівнювати або по можливості бути близьким до розрахункового h_1 . Значення $h_{рек}$ може відрізнятись від h_1 не більше ніж на допустиму величину $\pm \Delta h = 40$ мм й не повинне перевищувати h_4 та не бути меншим ніж h_2 і h_3 .

Таким чином, рекомендоване значення підвищення зовнішньої рейкової нитки в кривій визначається за формулою

$$h_{рек} = h_1 \pm \Delta h, \quad (4.6)$$

у якій величина Δh приймається в межах від 0 до 40 мм і додається або віднімається від h_1 .

Встановлене значення $h_{рек}$ повинне відповідати такій умові:

$$(h_2 \text{ і } h_3) < h_{рек} \leq h_4. \quad (4.7)$$

Рекомендоване значення підвищення зовнішньої рейкової нитки не повинне перевищувати $h_{max} = 150$ мм.

Для забезпечення плавного переходу рухомого складу з прямої в колову криву проектного радіуса R і навпаки улаштовуються перехідні криві (ПК). У межах перехідної кривої поступово зростає кривизна колії за рахунок змінювання її радіуса від нескінченності (у початку ПК) до проектного значення R (у кінці ПК); плавно збільшується підвищення зовнішньої рейкової нитки від 0 (у початку ПК) до $h_{рек}$ (у кінці ПК); здійснюється (при необхідності) відвід розширення колії.

Довжина перехідної кривої визначається за формулою

$$\ell_{нк} = 1000 \cdot h_{рек}, \quad (4.8)$$

де $\ell_{нк}$ – довжина перехідної кривої, м;

$h_{рек}$ – рекомендоване підвищення зовнішньої рейкової нитки, м.

Необхідні дані для виконання розрахунків наведено у додатку А.

5 Визначення строків виконання ремонтів колії на ділянці залізниці

Залежно від вантажонапруженості та встановлених швидкостей руху поїздів головні колії залізничних ліній поділяються на вісім категорій.

Колії, по яких встановлена швидкість руху поїздів понад 160 км/год, належать до швидкісної категорії.

Решта головних колій поділяються на сім категорій (таблиця 5.1).

Таблиця 5.1 Категорії головних колій залізничних ліній

Вантажонапруженість млн т км брутто/км за рік	Максимальна встановлена швидкість пасажирських/ вантажних поїздів на ділянці, км/год			
	>140-160/ >80-120	>120-140/ >80-120	>80 - 120/ >60 - 80	80 та менше/ 60 та менше
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

1 На дво- та багатоколійних ділянках категорії колій встановлюються однаковими з колією, що має вищу категорію (за умови, якщо різниця у вантажонапруженості (Γ) не перевищує 20%). При більшій різниці категорія визначається для кожної колії окремо.

2 До IV категорії належать також колії на ділянках з $\Gamma < 15$ млн ткм брутто/км 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 протяжністю більше 40%; безпосереднього примикання до виходу на міжнародні лінії.

У таблиці 5.2 наведена характеристика верхньої будови колії (ВБК), що підлягає укладанню на ділянці залізничної лінії певної категорії.

Таблиця 5.2 – Характеристика конструкції ВБК в залежності від категорії колії

Категорія колії	Характеристика ВБК
1	2
Швидкісна	Безстикова колія з плітями довжиною в перегін або блок-дільницю із термозміцнених рейок типу Р65 (UIC 60) 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 щебеновий. Товщина шару нового або очищеного баласту під шпалами не менше 40 см
I	Безстикова колія із рейок типу Р65 (UIC 60) 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 щебеновий. Товщина шару нового або очищеного баласту під шпалами не менше 40 см
II	Безстикова колія із рейок типу Р65, (UIC 60) нових I групи, I класу та старопритатних типу Р65 (UIC 60) I групи придатності. Скріплення і шпали нові. Епюра шпал така ж, як і на коліях I категорії. Баласт щебеновий. Товщина шару нового або очищеного баласту під шпалами не менше 40 см

Продовження таблиці 5.2

1	2
---	---

III	Безстикова колія із рейок типу Р65 (UIC 60) нових I групи, I класу та старопритатних типу Р65 (UIC 60) I групи притатності. Скріплення і шпали нові. Епюра шпал така ж, як і на коліях I категорії. Баласт щебеневий. Товщина шару нового або очищеного баласту під шпалами не менше 35 см
IV	Безстикова колія із рейок типу Р65 (UIC 60) нових I групи, I класу та старопритатних типу Р65 (UIC 60) I групи притатності. Скріплення і шпали нові або старопритатні в поєднанні з новими. Епюра шпал така ж, 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 (UIC 60) або Р50 I групи притатності. Скріплення і шпали нові і старопритатні. Епюра шпал така ж, 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 (UIC 60) 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 шпал в кривих $R < 1200$ м – 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 (UIC 60) або Р50 I групи притатності. Скріплення і шпали старопритатні. Епюра шпал та баласт такі ж, як і на коліях VI категорії

Примітка – На залізничних лініях усіх категорій може бути укладена або безстикова колія із залізобетонними шпалами, або ланкова колія з дерев'яними шпалами. Основною конструкцією є безстикова колія.

Ремонти залізничної колії поділяються на такі види:

- модернізація верхньої будови колії (МВБК);
- капітальний ремонт колії з використанням старопритатних матеріалів верхньої будови (КРК);
- середній ремонт колії (СРК);
- комплексно-оздоровчий ремонт колії (КОРК).

Модернізація ВБК виконується на головних коліях залізничних ліній швидкісної, I, II, III та частково IV (на ділянках з вантажонапруженістю більше 30 млн ткм бруто/км за рік)

категорій з метою повної заміни рейко-шпальної решітки на нову, яка зібрана з нових елементів (рейок, шпал, проміжних та стикових скріплень), з одночасним суцільним очищенням щебеневого баласту від забруднювачів та поповненням баластної призми новим щебенем до норми.

Капітальний ремонт колії з використанням старопридатних матеріалів виконується на головних коліях ліній IV (на ділянках з вантажонапруженістю до 30 млн ткм бруто/км за рік) та V (на ділянках з вантажонапруженістю більше 15 млн ткм бруто/км за рік) категорій з метою повної заміни старої рейко-шпальної решітки на нову, яка повністю або частково зібрана зі старопридатних матеріалів верхньої будови, а також одночасного суцільного очищення щебеневого баласту від забруднювачів та поповнення баластної призми новим щебенем до норми. Комплекс робіт з КРК доповнюється роботами з перебирання та сортуванню старопридатних елементів верхньої будови колії (рейки, шпали, скріплення), які здійснюються на механізованій виробничій базі (МВБ) колійної машинної станції (КМС).

МВБК (або КРК) призначається до виконання на ділянці залізниці після напрацювання нормативного тоннажу (мільйон тонн бруто) або досягнення встановленого строку служби конструкції верхньої будови колії (роки). При цьому враховується фактичний стан конструкції колії за такими критеріями: основний критерій – поодинокий вихід рейок у дефектні за строк служби конструкції колії (штук на 1 км); додатковий критерій – кількість (відсоток на 1 км) непридатних елементів верхньої будови колії (деталі проміжних скріплень, дерев'яні шпали).

Середній ремонт колії виконується на головних та станційних коліях з метою оздоровлення баластної призми шляхом суцільного очищення щебеневого баласту від забруднювачів (або заміни забрудненого азбестового, гравійного чи піщаного баласту на щебеновий), а також заміни непридатних шпал та елементів проміжних скріплень.

СРК здійснюється на ділянці залізниці в проміжку між суміжними МВБК (або КРК) й призначається до виконання з урахуванням фактичного стану конструкції верхньої будови колії за такими критеріями: основний критерій – рівень забруднення

баласту (відсоток за масою) та кількість (відсоток на 1 км) непридатних шпал; додатковий критерій – кількість (відсоток на 1 км) непридатних проміжних скріплень.

Комплексно-оздоровчий ремонт колії виконується на головних та станційних коліях з метою забезпечення рівнопружності баластної призми шляхом суцільного виправлення колії у профілі (підбивання баласту під шпалами) і плані (рихтування колії) та рівномірності верхньої будови колії за рахунок заміни непридатних шпал та елементів проміжних скріплень.

КОРК призначається до виконання на ділянці залізниці з урахуванням фактичного стану конструкції верхньої будови колії за такими критеріями: основний критерій – кількість відступів (штук на 1 км) від норм утримання колії 2-го та 3-го ступеня за показниками вагона – колієвимірювача протягом трьох місяців підряд; додатковий критерій – кількість (відсоток на 1 км) непридатних шпал та проміжних скріплень.

Як правило, схема ремонтного циклу, що визначає вид та черговість виконання ремонтів колії на ділянці залізниці, має такий варіант:

МВБК (або КРК) – КОРК1 – СРК – КОРК2 – МВБК (або КРК).

При розв'язанні цієї задачі (за даними відповідного варіанта) необхідно:

а) визначити категорію залізничної лінії та надати характеристику конструкції верхньої будови колії, яка підлягає укладанню під час виконання МВБК (або КРК) на ділянці залізниці (потрібно заповнити таблицю 5.3); при цьому вид конструкції верхньої будови колії визначається студентом самостійно згідно з приміткою до таблиці 5.2, тип рейок – за результатами розв'язання задачі у розділі 1, рід шпал – відповідно до обраного виду конструкції верхньої будови колії, тип проміжного скріплення – залежно від роду прийнятих до укладання шпал, рід баласту – згідно з рекомендаціями таблиці 5.2;

б) встановити види та строки (у напрацьованому тоннажі та у роках) виконання ремонту колії на ділянці за строк служби

конструкції верхньої будови колії (потрібно заповнити таблицю 5.4). При цьому при розрахунках приймаються такі умови:

- строк призначення чергової МВБК (або чергового КРК) встановлюється із умови $T_{МВБК(КРК)} = T_{констр} = T_{рейок}$, де $T_{рейок}$ – визначається в задачі у розділі 2;

- кількість СРК на ділянці залізниці за строк служби ВБК дорівнює одиниці; строк призначення СРК встановлюється із умови $T_{СРК} = T_{бал}$ (значення $T_{бал}$ визначаються в задачі у розділі 3);

- виконання КОРК на ділянці залізниці призначається в проміжках МВБК (КРК) – СРК та СРК – МВБК (КРК), тобто $T_{КОРК1} = 0,5T_{СРК}$ та $T_{КОРК2} = 0,5(T_{МВБК(КРК)} - T_{СРК}) + T_{СРК}$;

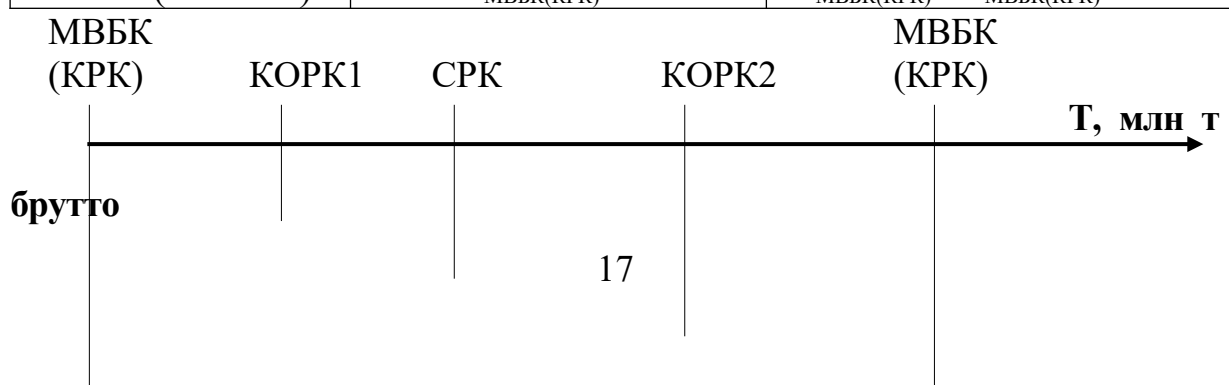
в) розробити та накреслити схему (в умовному масштабі) ремонтного циклу на ділянці залізниці (зразок схеми наведено на рисунку 5.1).

Таблиця 5.3 – Характеристика конструкції верхньої будови колії на ділянці залізниці

Вантажна напруженість ділянки, млн т·км брутто/км за рік	Категорія лінії	Характеристика конструкції верхньої будови колії
?	?	Вид конструкції – ? Тип рейок – ? Рід шпал – ? Рід баласту – ?

Таблиця 5.4 – Види ремонту колії та терміни їх призначення на ділянці залізниці

Вид ремонту	Строк призначення ремонту	
	у тоннажі, млн т брутто	на рік експлуатації
МВБК(або КРК)	$T = 0$	$t = 0$
КОРК1	$T_{КОРК1} = ?$	$t_{КОРК1} = T_{КОРК1} / \Gamma = ?$
СРК	$T_{СРК} = ?$	$t_{СРК} = T_{СРК} / \Gamma = ?$
КОРК2	$T_{КОРК2} = ?$	$t_{КОРК2} = T_{КОРК2} / \Gamma = ?$
МВБК(або КРК)	$T_{МВБК(КРК)} = ?$	$t_{МВБК(КРК)} = T_{МВБК(КРК)} / \Gamma = ?$



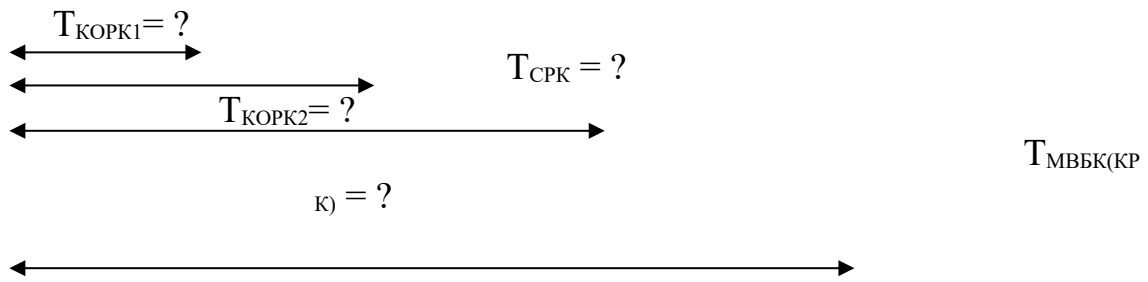


Рисунок 5.1 – Варіант схеми ремонтного циклу на ділянці залізниці

6 Визначення оптимальної тривалості “вікна” та необхідної їх кількості для виконання ремонту колії на ділянці залізниці

Роботи з ремонту залізничної колії виконують спеціалізовані підприємства колійного господарства:

- колійні машинні станції (КМС) – МВБК, КРК та частково СРК;
- дистанції колії (ПЧ) – КОРК та частково СРК.

Комплекс робіт з ремонту колії поділяється на підготовчі, основні та опоряджувальні (заклучні) роботи.

Підготовчі та опоряджувальні роботи виконуються без закриття перегону для руху поїздів, які по місцю робіт прямують з обмеженою швидкістю.

Основні роботи виконуються з обов'язковим наданням “вікна” у графіку руху поїздів. Це означає, що перегін для руху графікових поїздів підлягає закриттю на певний час, протягом якого здійснюється комплекс основних робіт із застосуванням колійних машин важкого типу (наприклад, при МВБК та КРК – колієукладачі, щебенеочисна машина, хопер-дозаторний поїзд, машини для виправлення колії у профілі та плані).

Тривалість “вікна” для виконання ремонту колії повинна бути оптимальною, тобто такою, при якій сума витрат на здійснення ремонтних робіт та витрат від затримки графікових поїздів буде найменша.

Величина оптимального “вікна” $t_{\text{опт}}$, год, встановлюється за формулою

$$t_{онт} = t_{розг} + \sqrt{t_{розг}^2 + \frac{C_{зосп}}{C_{граф}} \left(t_{розг} + \frac{2 \cdot L_{бази} + L_{рем}}{V_{зосп}} \right) \cdot \frac{1}{K}}, \quad (6.1)$$

де $t_{розг}$ – час на розгортання робіт на ділянці ремонту та час на оформлення закриття й відкриття перегону; цей час залежить від прийнятої технології виконання ремонтних робіт (при розрахунках приймається в межах $t_{розг} = 1,5 \div 1,7$ год);

$C_{граф}$; $C_{зосп}$ – відповідно вартість поїздо-години простою графікового поїзда та вартість поїздо-години комплексу господарських поїздів по обраній технології виконання ремонтних робіт (при розрахунках $C_{зосп}:C_{граф}$ приймається в межах $5,2 \div 5,5$);

K – коефіцієнт, який враховує розміри руху графікових поїздів на дільниці залізниці (при розрахунках приймається $K = 3$);

$L_{бази}$ – відстань від виробничої бази КМС до ділянки ремонту колії, км (при розрахунках приймається $L_{бази} = 20 \div 30$ км);

$L_{рем}$ – довжина ділянки залізниці, яка підлягає ремонту, км (при розрахунках приймається, що $L_{рем}$ дорівнює річному обсягу ремонту колії на дільниці залізниці);

$V_{зосп}$ – швидкість руху господарських поїздів від бази КМС до місця робіт, км/год (при розрахунках приймається $V_{зосп} = 50$ км/год).

Щорічний обсяг ремонту колії на дільниці залізниці встановлюється за формулою

$$L_{рем} = \frac{L_{дйл} \cdot \Gamma}{T_{МВБК(КРК)}} \cdot k_1 + \frac{L_{дйл} \cdot \Gamma}{T_{СРК}} \cdot k_2 + \frac{L_{дйл} \cdot \Gamma}{T_{КОРК1}} \cdot k_3 + \frac{L_{дйл} \cdot \Gamma}{T_{КОРК2}} \cdot k_3, \quad (6.2)$$

де Γ – вантажонапруженість дільниці залізниці, млн ткм брутто/км за рік;

$L_{дйл}$ – довжина дільниці залізниці, яка обслуговується КМС (при розрахунках приймається $L_{дйл} = 60$ км);

$T_{МВБК(КРК)}$, $T_{СРК}$, $T_{КОРК1}$, $T_{КОРК2}$ – обсяг тоннажу, млн т брутто, після пропускання якого на ділянці залізниці виконується відповідний вид ремонту колії (МВБК (або КРК), СРК, 1-й та 2-й КОРК);

k_1, k_2, k_3 - коефіцієнти відносної трудомісткості виконання відповідного виду ремонту колії (таблиця 6.1); при розрахунках значення коефіцієнтів обирається для конструкції верхньої будови колії, яка підлягає експлуатації на ділянці залізниці (таблиця 5.3).

Таблиця 6.1 – Значення коефіцієнтів відносної трудомісткості різних видів ремонту колії

Вид ремонту колії	Значення коефіцієнтів відносної трудомісткості при конструкції ВБК	
	ланкова	безстикова
Модернізація ВБК(або КРК)	1,0	1,3
Середній	0,8	0,9
Комплексно-оздоровчий	0,6	0,5

Довжина фронту робіт $L_{фр}$, км, при МВБК або КРК, які виконуються у “вікно”, встановлюється за формулою

$$L_{фр} = \frac{t_{онм} - t_{розг}}{N_{км} \cdot m \cdot \alpha}, \quad (6.3)$$

де $t_{онм}$ – тривалість “вікна”, хв;

$t_{розг}$ – час на розгортання основних робіт у “вікно” та час оформлення закриття та відкриття перегону для руху графікових поїздів, хв;

$N_{км}$ – кількість ланок рейко-шпальної решітки на 1 км колії (визначається із умови, що довжина однієї ланки дорівнює 25 м);

m – норма машинного часу на укладання однієї ланки рейко-шпальної решітки, хв (при розрахунках приймається $m = 1,9$ хв);

α – коефіцієнт, який враховує втрати робочого часу при виконанні ремонту за різними причинами (при розрахунках приймається в межах $\alpha = 1,12 \div 1,25$).

Необхідна кількість “вікон” для виконання річного обсягу ремонту колії на ділянці залізниці встановлюється за формулою (з округленням у бік зростання до цілої величини)

$$N_{вікон} = L_{рем} : L_{фр}. \quad (6.4)$$

При розв'язанні цієї задачі студент повинен визначити для умов ділянки залізниці $L_{рем}$, $t_{опт}$, $L_{фр}$ та $N_{викон}$.

7. Розрахунок довжини господарських поїздів та розроблення графіка виконання основних робіт у “вікно”

При МВБК (або КРК) роботи у “вікно” виконуються із застосуванням спеціалізованих господарських (робочих) поїздів:

① – очищення баласту від забруднювачів щибенеочисним поїздом (поїзд №1);

② – зняття ланок старої рейко-шпальної решітки колієрозбиральним поїздом (поїзд №2);

③ – укладання нових ланок рейко-шпальної решітки колієукладальним поїздом (поїзд №3);

④ – вивантаження в колію щибеневого баласту на ділянці $l_{фр}$ з хопер-дозаторного поїзда (поїзд №4);

⑤ – виправлення колії в профілі та плані на ділянці $l_{фр}$ машиною ВПО (поїзд №5).

Розрахунки виконуються при значенні $l_{фр}$, яке встановлено в задачі у розділі 6.

Довжина поїзда №1 визначається за формулою

$$L_{№1} = l_{лок} + l_{щом} + l_{ваг}, \quad (7.1)$$

де $l_{лок}$ – довжина локомотива ($l_{лок} = 30\text{м}$);

$l_{щом}$ – довжина щибенеочисної машини ($l_{щом} = 47\text{м}$);

$l_{ваг}$ – довжина вагона для персоналу, що обслуговує машину ЩОМ ($l_{ваг} = 25\text{м}$).

Довжина поїзда №2 визначається за формулою

$$L_{№2} = l_{лок} + l_{ваг} + n_{пл} \cdot l_{пл} + l_{ук}, \quad (7.2)$$

де $l_{ук}$ – довжина колієрозбирального крана ($l_{ук}=44м$);

$l_{пл}$ – довжина платформи для навантаження пакетів ланок рейко-шпальної решітки, що знімається при ремонті колії ($l_{пл}=16м$);

$n_{пл}$ – кількість платформ у поїзді №2

$$n_{пл} = \frac{l_{фр}}{l_{лан} \cdot n_{пак}} \cdot k, \quad (7.3)$$

де $l_{фр}$ – довжина фронту робіт, м;

$l_{лан}$ – довжина ланки рейко-шпальної решітки ($l_{лан}=25м$);

$n_{пак}$ – кількість ланок рейко-шпальної решітки в одному пакеті ($n_{пак}=5$);

k – число платформ під один пакет ланок рейко-шпальної решітки (при $l_{лан}=25м$, $k=2$).

Результат розрахунку за формулою (7.3) округляється у бік збільшення до цілої величини, яка кратна 2.

Довжина поїзда №3 визначається за формулою

$$L_{№3} = l_{лок} + l_{ваг} + n_{пл} \cdot l_{пл} + l_{ук}, \quad (7.4)$$

де $n_{пл}$ – кількість платформ у поїзді №3 з пакетами ланок рейко-шпальної решітки, що укладається в колію при ремонті.

У випадку, коли конструкція рейко-шпальної решітки до та після ремонту не змінюється, $L_{№3}=L_{№2}$.

Довжина поїзда №4 визначається за формулою

$$L_{\text{№4}} = l_{\text{лок}} + l_{\text{ваг}} + n_{\text{хд}} \cdot l_{\text{хд}}, \quad (7.5)$$

де $l_{\text{хд}}$ – довжина хопер-дозаторного вагона для перевезення щебеневого баласту ($l_{\text{хд}} = 10$ м);

$n_{\text{хд}}$ – кількість хопер-дозаторних вагонів у поїзді №4

$$n_{\text{хд}} = \frac{W_{\text{км}} \cdot l_{\text{фр}}}{1000 \cdot W_{\text{хд}}}, \quad (7.6)$$

де $l_{\text{фр}}$ – довжина фронту робіт, м;

$W_{\text{хд}}$ – обсяг щебеню в одному хопер-дозаторному вагоні ($W_{\text{хд}} = 30$ м³);

$W_{\text{км}}$ – обсяг нового щебеню, що потрібний при ремонті 1 км колії ($W_{\text{км}} = 600$ м³).

Результат розрахунку за формулою (7.6) округлюється у бік збільшення до цілої величини.

Довжина поїзда №5 визначається за формулою

$$L_{\text{№5}} = l_{\text{лок}} + l_{\text{вно}} + l_{\text{ваг}}, \quad (7.7)$$

де $l_{\text{лок}}$ – довжина локомотива ($l_{\text{лок}} = 30$ м);

$l_{\text{вно}}$ – довжина машини ВПО ($l_{\text{вно}} = 28$ м);

$l_{\text{ваг}}$ – довжина вагона для персоналу, що обслуговує машину ВПО ($l_{\text{ваг}} = 25$ м).

Для побудови графіка виконання основних робіт у “вікно” визначається тривалість їх виконання T_i :

$$T_{\text{ш}} = \frac{l_{\text{фр}}}{V_{\text{щом}}}, \quad (7.8)$$

де $V_{\text{щом}}$ – робоча швидкість машини ЩОМ, м/хв;
 ($V_{\text{щом}} = 1,5 \text{ км/год} = 25 \text{ м/хв}$);

$$T_{\text{р}} = T_{\text{з}} = \frac{l_{\text{фр}}}{l_{\text{лан}}} \cdot m \cdot \alpha, \quad (7.9)$$

де m – норма машинного часу на зняття (або укладання) однієї ланки рейко-шпальної решітки ($m = 1,9 \text{ хв}$);

α – коефіцієнт, який враховує втрати робочого часу при виконанні ремонту колії (величина α приймається такою ж, як в задачі у розділі 6);

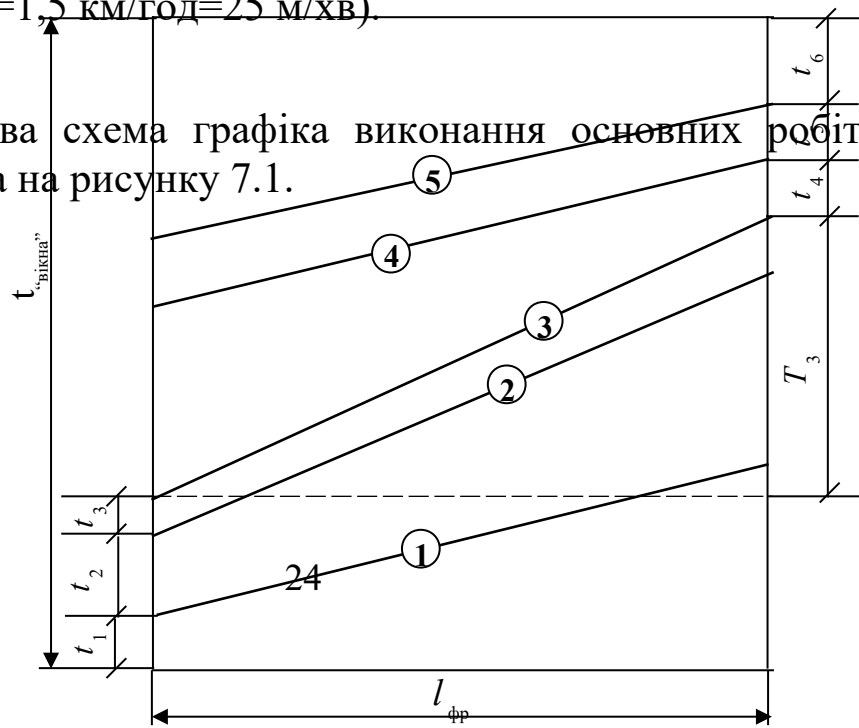
$$T_{\text{хд}} = \frac{l_{\text{фр}}}{V_{\text{хд}}}, \quad (7.10)$$

де $V_{\text{хд}}$ – робоча швидкість хопер-дозаторного поїзда, м/хв; ($V_{\text{хд}} = 1,5 \text{ км/год} = 25 \text{ м/хв}$);

$$T_{\text{впо}} = \frac{l_{\text{фр}}}{V_{\text{впо}}}, \quad (7.11)$$

де $V_{\text{впо}}$ – робоча швидкість машини ВПО, м/хв
 ($V_{\text{хд}} = 1,5 \text{ км/год} = 25 \text{ м/хв}$).

Розрахункова схема графіка виконання основних робіт у “вікно” наведена на рисунку 7.1.



○

Рисунок 7.1 – Розрахункова схема графіка виконання основних робіт у “вікно”

t_1 – інтервал часу між початком “вікна” й початком роботи машини ЩОМ (при розрахунках приймається $t_1 = 25$ хв);
 t_2 – інтервал часу між початком роботи машини ЩОМ і початком роботи поїзда №2

$$t_2 = \frac{L_{\text{№1}} + L_{\text{№2}} + L_{\text{без}}}{V_{\text{щом}}}, \quad (7.12)$$

де $L_{\text{без}}$ – відстань безпеки між поїздами ($L_{\text{без}} = 100$ м);

t_3 – інтервал часу між початком роботи поїзда №2 й початком роботи поїзда №3

$$t_3 = \frac{L_{\text{без}}}{l_{\text{лан}}} \cdot m \cdot \alpha, \quad (7.13)$$

t_4 – інтервал часу між закінченням роботи поїзда №3 й закінченням роботи поїзда №4

$$t_4 = \frac{L_{без} + L_{№4}}{V_{хд}}, \quad (7.14)$$

t_5 – інтервал часу між закінченням роботи поїзда № 4 і закінченням роботи машини ВПО

$$t_5 = \frac{L_{без} + L_{№5}}{V_{ВПО}}, \quad (7.15)$$

t_6 – інтервал часу між закінченням роботи машини ВПО й закінченням “вікна” (при розрахунках приймається $t_6 = 15$ хв).

Таким чином, необхідна тривалість “вікна” для виконання основних робіт з МВБК (або КРК) на ділянці $l_{фр}$ становить

$$t_{\text{“вікна”}} = t_1 + t_2 + t_3 + t_4 + t_5 + t_6, \quad (7.16)$$

де $t_1 + t_2 + t_3 = t_{\text{розг}}$ – тривалість періоду розгортання робіт у “вікно”;

$t_4 + t_5 + t_6 = t_{\text{згор}}$ – тривалість періоду згортання робіт у “вікно”.

За наведеним алгоритмом встановлюються потрібні розрахункові параметри, на основі яких викреслюється в певному масштабі (масштаб студент обирає самостійно) графік виконання основних робіт у “вікно”.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

- 1 Інструкція з улаштування та утримання колії залізниць України / Е.І. Даніленко, В.О. Яковлев та ін. – К.: Транспорт України, 2006. – 336 с.

- 2 Положення про проведення планово-запобіжних ремонтно-колійних робіт на залізницях України (ЦП – 0113). – К., 2004. – 40 с.
- 3 Амелин С.В. Устройство, ремонт и текущее содержание железнодорожного пути. – М.: Транспорт, 1981.
- 4 Фришман М.А. Конструкция железнодорожного пути и его содержание. – М.: Транспорт, 1980.
- 5 Амелин С.В., Андреев Г.Е. Устройство и эксплуатация пути. – М.: Транспорт, 1986.

Додаток А

Таблиця А1 – Варіанти вихідних даних

Варіант	Вантажонапруженість Γ , млн ткм бруто/км за рік	Швидкість руху поїздів V , км/год	Осьове навантаження P , тс	Питомий знос рейок β , мм ² /млн т	Параметр a	Інтенсивність забруднення балласту $C_{бал}$, %/млн т	Радіус кривої R , м	Швидкість руху поїздів по кривій, км за годину			
								V_{cp}	V_{max} пас	V_{max} вант	V_{min} вант
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>	<i>8</i>	<i>9</i>	<i>10</i>	<i>11</i>	<i>12</i>
1	9*	100	23	2,25	$2,670 \cdot 10^{-4}$	0,392	680	60	70	70	40
2	35**	100	24	0,89	$0,130 \cdot 10^{-4}$	0,095	720	55	70	70	35
3	8*	90	22	2,74	$1,850 \cdot 10^{-4}$	0,333	840	50	75	70	40
4	40**	110	23	0,90	$0,138 \cdot 10^{-4}$	0,098	920	60	75	70	40
5	17*	100	22	1,97	$0,960 \cdot 10^{-4}$	0,236	1080	65	80	80	45
6	45**	110	22	0,83	$0,165 \cdot 10^{-4}$	0,130	1120	55	80	80	35
7	9*	100	20	1,85	$1,134 \cdot 10^{-4}$	0,261	1240	60	80	80	40
8	22**	100	24	0,80	$0,122 \cdot 10^{-4}$	0,091	1360	65	85	80	40
9	27*	110	23	0,77	$0,134 \cdot 10^{-4}$	0,098	1200	55	80	80	40
10	32**	100	24	0,87	$0,148 \cdot 10^{-4}$	0,103	1050	50	75	75	35
11	7*	90	21	1,62	$1,041 \cdot 10^{-4}$	0,246	950	60	70	70	40
12	42**	100	23	0,92	$0,147 \cdot 10^{-4}$	0,102	850	50	70	70	35
13	38**	110	24	0,81	$0,137 \cdot 10^{-4}$	0,098	750	45	65	65	30
14	47**	110	22	0,86	$0,143 \cdot 10^{-4}$	0,100	880	50	70	70	35
15	33**	100	25	0,79	$0,134 \cdot 10^{-4}$	0,096	980	55	70	70	35
16	9*	110	21	1,66	$1,360 \cdot 10^{-4}$	0,280	1100	60	75	75	40
17	28*	100	24	0,80	$0,125 \cdot 10^{-4}$	0,093	1260	65	80	80	45
18	34**	100	24	0,85	$0,138 \cdot 10^{-4}$	0,098	1130	60	80	80	40
19	26*	110	25	0,88	$0,153 \cdot 10^{-4}$	0,103	1060	55	75	75	35
20	36**	110	23	0,81	$0,147 \cdot 10^{-4}$	0,102	940	50	75	75	35
21	10*	100	22	2,24	$1,133 \cdot 10^{-4}$	0,250	720	60	70	70	35
22	43**	110	24	0,91	$0,146 \cdot 10^{-4}$	0,102	980	60	75	70	40
23	19*	100	21	0,81	$0,959 \cdot 10^{-4}$	0,231	1380	65	85	80	40
24	35**	110	24	0,86	$0,129 \cdot 10^{-4}$	0,095	1070	50	75	75	35

Продовження таблиці А1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
25	8*	100	22	1,65	$1,847 \cdot 10^{-4}$	0,300	1150	60	75	75	40
26	8*	100	23	2,25	$2,670 \cdot 10^{-4}$	0,392	680	60	70	70	40
27	37**	100	24	0,89	$0,130 \cdot 10^{-4}$	0,095	720	55	70	70	35
28	8*	90	22	2,74	$1,850 \cdot 10^{-4}$	0,333	840	50	75	70	40
29	42**	110	23	0,90	$0,138 \cdot 10^{-4}$	0,098	920	60	75	70	40
30	10*	100	22	1,97	$0,960 \cdot 10^{-4}$	0,236	1080	65	80	80	45
31	47**	110	22	0,83	$0,165 \cdot 10^{-4}$	0,130	1120	55	80	80	35
32	8*	100	20	1,85	$1,134 \cdot 10^{-4}$	0,261	1240	60	80	80	40
33	24**	100	24	0,80	$0,122 \cdot 10^{-4}$	0,091	1360	65	85	80	40
34	29*	110	23	0,77	$0,134 \cdot 10^{-4}$	0,098	1200	55	80	80	40
35	34**	100	24	0,87	$0,148 \cdot 10^{-4}$	0,103	1050	50	75	75	35
36	10*	90	21	1,62	$1,041 \cdot 10^{-4}$	0,246	950	60	70	70	40
37	44**	100	23	0,92	$0,147 \cdot 10^{-4}$	0,102	850	50	70	70	35
38	40**	110	24	0,81	$0,137 \cdot 10^{-4}$	0,098	750	45	65	65	30
39	49**	110	22	0,86	$0,143 \cdot 10^{-4}$	0,100	880	50	70	70	35
40	35**	100	25	0,79	$0,134 \cdot 10^{-4}$	0,096	980	55	70	70	35
41	9*	110	21	1,66	$1,360 \cdot 10^{-4}$	0,280	1100	60	75	75	40
42	30*	100	24	0,80	$0,125 \cdot 10^{-4}$	0,093	1260	65	80	80	45
43	36**	100	24	0,85	$0,138 \cdot 10^{-4}$	0,098	1130	60	80	80	40
44	28*	110	25	0,88	$0,153 \cdot 10^{-4}$	0,103	1060	55	75	75	35
45	38**	110	23	0,81	$0,147 \cdot 10^{-4}$	0,102	940	50	75	75	35
46	7*	100	22	2,24	$1,133 \cdot 10^{-4}$	0,250	720	60	70	70	35
47	45**	110	24	0,91	$0,146 \cdot 10^{-4}$	0,102	980	60	75	70	40

* На ділянці укладаються рейки без термічної обробки.

** На ділянці укладаються рейки з термічною обробкою.