

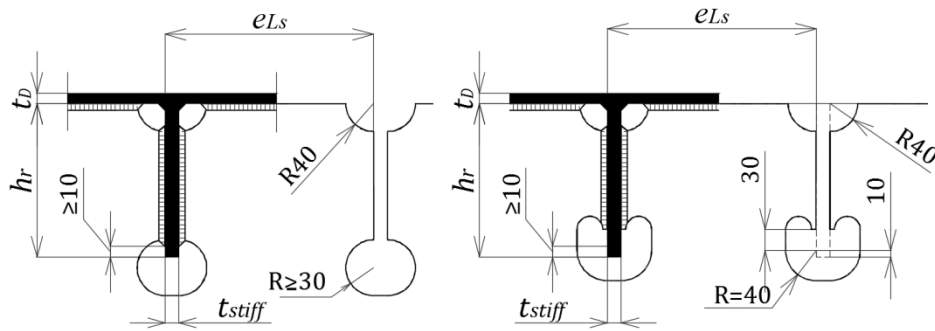


Рисунок М.4 – Залізничні плити. Відкрите ребро

М.3.4 Ортотропні плити під рух потягів на баласті з замкненими поздовжніми ребрами повинні відповідати параметрам, наданим на рисунку М.5 і в таблиці М.5.

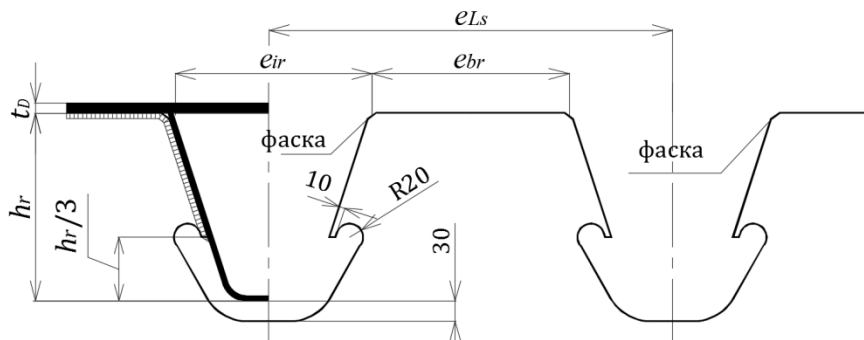


Рисунок М.5 – Залізничні плити. Замкнене ребро

М.3.5 Як поздовжні ребра в ортотропних плитах слід використовувати два типи перерізів ребер: штабові і замкнені – трапецієподібного перерізу. Допускається використовувати таврові ребра.

М.3.6 Поздовжні ребра потрібно підтримувати поперечними балками, діафрагмами або напівдіафрагмами. У стінках поперечних ребер потрібно утворювати вирізи в стінках, для пропуску поздовжніх ребер, форма яких надана на рисунках М.4 і М.5.

Таблиця М.5 – Параметри плит з поздовжніми ребрами під рух потягів на баласті

Параметри	Відкриті ребра	Замкнені ребра
Товщина листа настилу, t_D	$t_D \geq 14$	
Відстань між ребрами e_{Ls}	$e_{Ls} \approx 400$	$600 \leq e_{Ls} \leq 900$
Відстань від крайнього ребра e_E	$e_E \geq e_{Ls}$	
Відстань між поперечними балками e_{crossb}	$l \leq 2700$	$2500 \leq l \leq 3500$
Відношення висоти ребер до висоти балок h_{stiff} / h_{cross}	$h_{stiff} / h_{cross} \leq 0,5$	$h_{stiff} / h_{cross} \leq 0,4$
Товщина ребра t_{stiff}	$t_{stiff} \geq 12$	$6 \leq t_{stiff} \leq 10$
Товщина стінки поперечної балки, $t_{w,cross}$	$t_{w,cross} \geq 12$	$12 \leq t_{w,cross} \leq 20$
Товщина поясу поперечної балки, $t_{f,cross}$	$t_{f,cross} \geq 10$	

М.3.7 Поздовжні ребра слід приварювати з повним проплавленням до стінок крайніх поперечних балок (без вирізів), а відстань між рядовою і крайньою балку зменшувати до 60 % від рядових відстаней.

М.3.8 Параметри для плит без поздовжніх ребер, надані в таблиці М.6.

М.3.9 Розрахунки плит без поздовжніх ребер і поперечних перерізів головних балок потрібно виконувати з використанням ефективних площ, за рахунок втрати стійкості листа настилу, не підкріпленого ребрами.

Таблиця М.6 – Параметри плит без поздовжніх ребер під рух потягів на баласті

Параметри	Без поздовжніх ребер
Товщина листа настилу, t_D	$t_D \geq 14$
Відстань між поперечними балками, l	$l \approx 700$
Відстань до крайньої поперечної балки, e_E	$e_E \leq 400$
Товщина стінки поперечної балки, $t_{w,cross}$	$t_{w,cross} \geq 10$
Товщина поясу поперечної балки, $t_{f,cross}$	$t_{f,cross} \geq 10$

М.3.10 У разі застосування ортотропних плит для їзди потягів по баласту витривалість вузлів плити рекомендується перевіряти згідно з додатком К.

М.3.11 Оцінку жорсткості поздовжнього ребра допускають виконувати користуючись графіком, наданим на рисунку М.6.

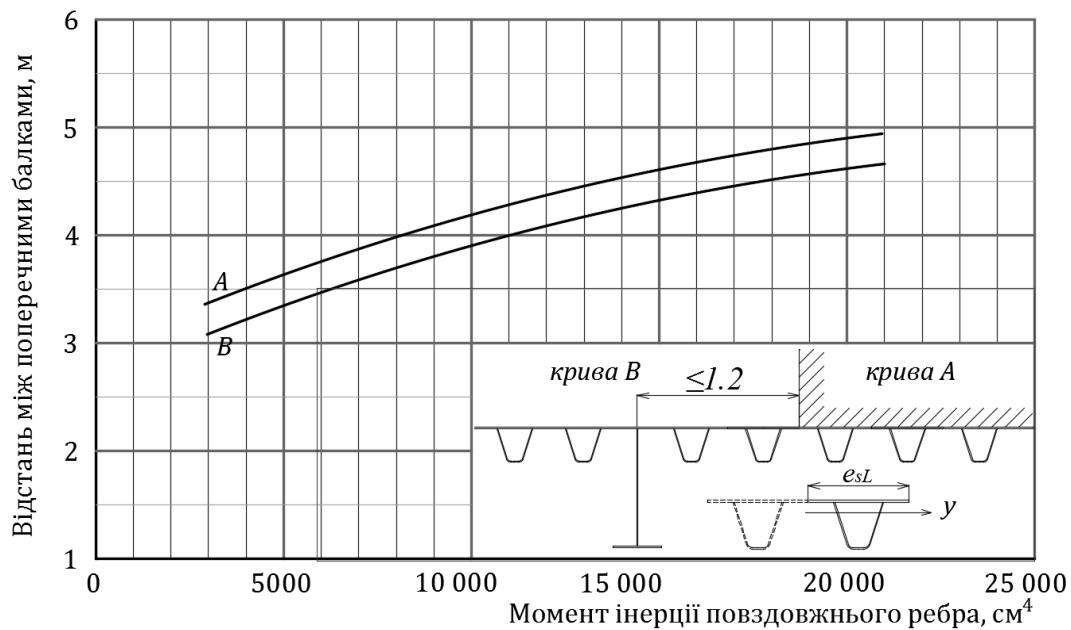


Рисунок М.6 – Графік оцінки жорсткості ребра на згин

М.4 Розрахунки плит під автомобільний рух

М.4.1 Визначення зусиль у плитах

М.4.1.1 Зусилля в перерізах поздовжніх ребер і в поперечних балках слід визначати від дії розрахункових локальних і глобальних навантажень для розрахунків міцності і стійкості, та розрахункових локальних навантажень для розрахунків витривалості.

М.4.1.2 Глобальні навантаження, у вигляді нормальних напружень визначають для отримання найбільшого стиску або розтягу в ребрах для найбільш несприятливої розрахункової ситуації.

М.4.1.3 Як локальне навантаження на плиту приймають навантаження від власної ваги і рухомого навантаження. Для тандемів АК і візків НК розподіл сили від колеса приймають на площу відбитку $a \times b$ на поверхні покриття товщиною h_s . Розмір відбитку для візка АК становить $a = 0,2$ м і $b = 0,6$ м, а для візка НК, $a = 0,2$ м і $b = 0,8$ м.

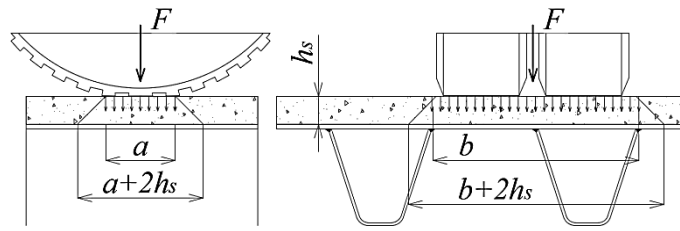


Рисунок М.7 – Схема розподілу тиску F від умовного колеса на плиту

М.4.1.4 Зусилля в перерізах поздовжніх ребер і поперечних балок розраховують із використанням плитно-стрижневих схем (рисунок М.8).

Під час визначення жорсткості елементів схеми, в склад поперечного перерізу слід включати ділянку листа настилу певної ширини.

Для поздовжніх ребер ширину поясу приймають рівною відстані між осями ребер e_{sL} . Допускається, під час визначення напружень у відкритому ребрі, у склад верхнього поясу включати ширину, що дорівнює $1,1 \cdot e_{sL}$.

Розрахункову ширину верхнього поясу поперечної балки b_{eff} приймають меншою, ніж відстань між балками L , за рахунок ефекту запізнення дотичних напружень.

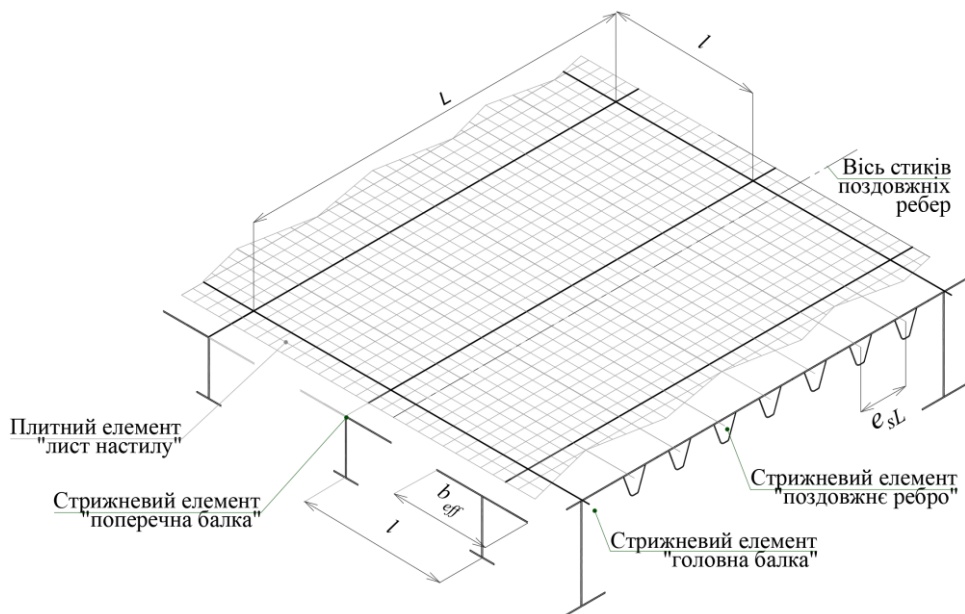


Рисунок М.8 – Розрахункова схема плити для визначення зусиль

Допускається приймати $b_{eff} = 0,25 \cdot L \leq l$ для поперечної балки, або $b_{eff} = 0,3 \cdot C \leq l$ – для консольної частини балки, де L – прогін поперечної балки

між стінками головних балок (точками обпирання); C – виліт консолі поперечної балки.

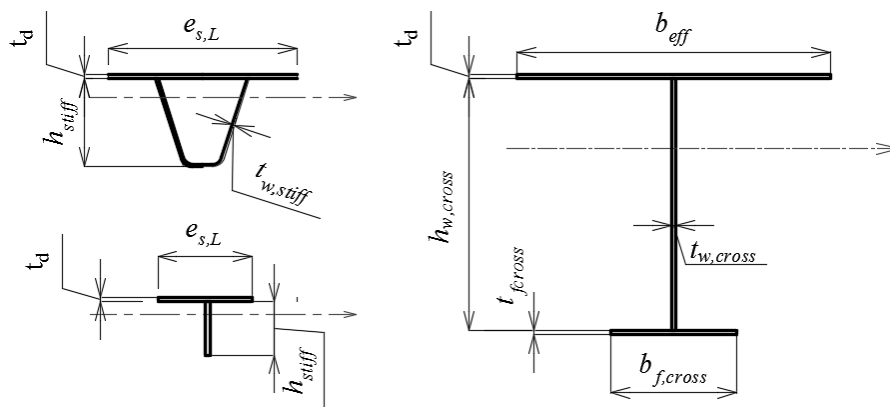


Рисунок М.9 – Перерізи поздовжніх ребер і поперечних балок. Позначки

Для замкнених поздовжніх ребер слід задавати жорсткість на кручення; момент інерції на кручення допускається визначати за формулою:

$$I_T = \frac{4 \cdot A^2}{\sum s_i / t_i}, \quad (\text{М.1})$$

де A – площа замкненого контуру, утвореного ребром;

S_i – площа замкненого контуру, утвореного ребром;

t_i – товщина i -того відрізка контуру.

Для відкритих ребер і поперечних балок жорсткість на кручення враховувати не потрібно. У таблиці М.7 позначені знаком «+» необхідні жорсткості для складання розрахункової схеми.

Таблиця М.7 – Жорсткість для відкритих ребер і поперечних балок

Елементи	Осьова жорсткість EA	Згинальна жорсткість EI	Жорсткість на кручення GI_T
Поздовжнє ребро відкрите	+	+	–
Поздовжнє ребро замкнене	+	+	+
Поперечна балка	+	+	–
Лист настилу	плитний елемент з товщиною листа настилу		

М.4.1.5 Характерні зусилля від дії локальних навантажень визначають для перерізів поздовжніх ребер і поперечних балок, що надані на рисунку М.10 і в таблиці М.8. Крім обов'язкових екстремальних значень згинальних моментів

$M_{x,\min}^{\max}$, або поперечних сил $Q_{\max}$, можуть бути враховані відповідні значення інших компонентів зусиль Q_{rel} , M_{rel} і N_{rel} якщо вони впливають на результат проектування.

Таблиця М.8 – Характерні розрахункові точки плити.

Точка	Потрібні для розрахунків зусилля в перерізах			Відповідні розрахунки
Поздовжні ребра				
C_1	$M_{y,\min}$	Q_{rel}	$N_{x,rel}$	Розрахунки стиснутих зон ребер
C_2	$M_{y,\min}^{\max}$	—	—	Розрахунки витривалості в стиках
C_3	$M_{y,\max}$	—	$N_{x,rel}$	Розрахунки розтягнутих зон ребер
Поперечна балка				
B_1	$M_{x,\min}$	Q_{rel}	$N_{y,rel}$	Розрахунки примикання до стінки.
B_2	$M_{x,\max}$	—	$N_{y,rel}$	Нижній пояс розтягнутий.
B_3	$M_{x,\min}^{\max}$	$Q_{\max}$	$N_{y,rel}$	Розрахунки стиків.
B_4	$M_{x,rel}$	$Q_{\max}$	$N_{y,rel}$	Розрахунки стінки балки між ребрами.
У таблиці позначено: нижній індекс “rel”– означає відповідне значення				

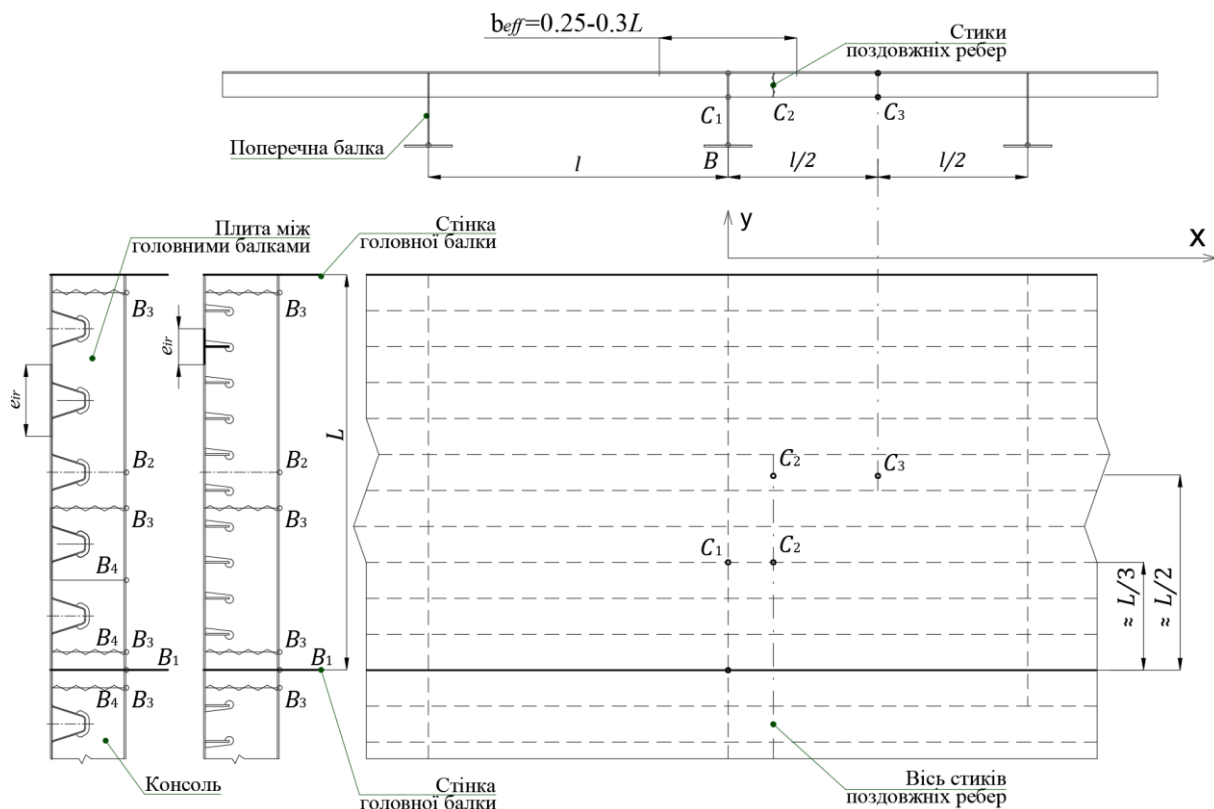


Рисунок М.10 – Схема до розрахунку плит

М.4.1.6 Результати розрахунків ортотропних плит із застосуванням методу МСЕ, за типами, наведеними в таблиці М.9, де в розрахункових схемах врахована геометрична нелінійність та недосконалість виготовлення плит, слід використовувати тільки для дослідження розподілу напружень.

Таблиця М.9 – Характерні розрахункові точки плити

№	Геометрична нелінійність	Недосконалість виготовлення	Приклад використання
1	Ні	Ні	Розподіл нормальних напружень по ширині плити від її роботи з головними балками
2	Ні	Ні	Розрахунки напружень у плиті від місцевого навантаження
3	Так	Ні	Розрахунки напружень зігнуто-стиснутої плити за деформованою схемою та розрахунки стійкості плити
4	Так	Так	Розрахунки напружень стиснутої плити за деформованими схемами та розрахунки стійкості плити

М.4.2 Розрахунки міцності поздовжніх ребер плит

М.4.2.1 Під час розрахунку міцності поздовжніх ребер від сумісної дії глобальних і локальних впливів правила оцінки міцності ребер потрібно розрізняти. Якщо нижня кромка ребра стиснута, то сумарні напруження вздовж ребра слід обмежити опором текучості в крайній фібрі. Якщо кромка розтягнута, то допускається поява обмежених, значенням 0,0025, пластичних деформацій. Розрахунки міцності нижньої кромки ребра перевіряють за формулою:

$$\sigma_x \leq 1,4 \cdot R_{yn} \cdot m, \text{ нижня кромка розтягнута,} \quad (\text{М.2})$$

$$\sigma_x \leq R_{yn} \cdot m, \text{ нижня кромка стиснута,} \quad (\text{М.3})$$

де σ_x – сумарні напруження від дії локальних і глобальних навантажень;

R_{yn} – опір текучості (характеристичне значення);

m – коефіцієнт умов роботи (таблиця 7.1). Використовують тільки для суміщених автомобільних і під залізницю мостів, за умови, коли глобальні напруження від проїзду потягів, викликають напруження в плиті під автомобільний транспорт більше 50 % від сумарних.

М.4.2.2 Міцність листа настилу перевіряють за формулою:

$$\sqrt{\sigma_x^2 - \sigma_x \cdot \sigma_y + \sigma_y^2 + 3 \cdot \tau_{xy}^2} \leq 1,1 \cdot R_{yn} \cdot m, \quad (\text{М.4})$$

де σ_x , σ_y і τ_{xy} – сумарні напруження від дії локальних і глобальних навантажень у напруженій точці листа настилу.

М.4.3 Розрахунки міцності стінок поперечних балок плит

М.4.3.1 Порядок розрахунків можна звести до наступної послідовності.

1. Визначення поперечної сили в перерізі поперечної балки в проміжку між ребрами Q_k .

2. Визначення величини сили зсуву стінки між вирізами для ребер, за формулою: $V_k = Q_k \cdot S \cdot e_{sl} / I$,

де Q_k – поперечна сила;

I – момент інерції перерізу балки;

S – статичний момент зсуву листа настилу, відносно перерізу А–А (див. рисунок М.11);

e_{sl} – відстань між ребрами в осях.

3. Визначення моменту у перерізі А–А, за формулою: $M_k = h \cdot V_k$,

де h – плече листа настилу відносно перерізу А–А.

4. Визначення напружень у перерізі А–А, за лінійним законом розподілу напружень: $\sigma_{y,A-A} = M_k / W_{A-A}$,

де W_{A-A} – момент опору перерізу стінки А–А.

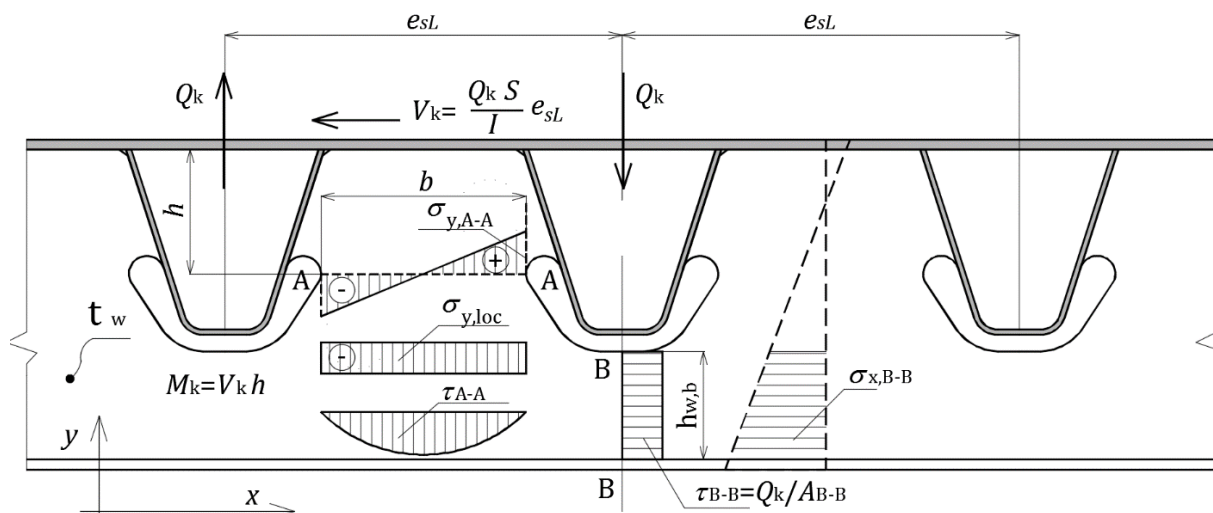


Рисунок М.11 – Схема до розрахунку стінки поперечної балки

5. У випадку наїзду колеса безпосередньо на стінку поперечної балки між ребрами, до знайдених напружень стиску σ_y слід додати напруження стиску від колеса $\sigma_{y,loc}$, що становлять:

$$\sigma_{y,loc} = F_{D,loc} / (b \cdot t_w),$$

де $F_{D,loc}$ – розрахунковий тиск колеса;

b – ширина перерізу А–А;

t_w – товщина стінки.

До розтягнутої частини епюри напруження стиску $\sigma_{y,loc}$ не додають.

6. У перерізі А–А визначають дотичні напруження τ_{A-A} .

7. У перерізі В–В визначають:

– нормальні напруження $\sigma_y = M_{cross,b} \cdot W_{B-B}$; де $M_{cross,b}$ згинальний момент у перерізі балки; W_{B-B} – момент опору в перерізі балки, бруто;

– дотичні напруження $\tau_{B-B} = Q_k / A_{B-B}$, де A_{B-B} площа стінки в перерізі В–В.

М.4.3.2 Перевірку міцності стінки поперечної балки, листа настилу і стінки поздовжнього ребра ортотропної плити виконують за формулою:

$$\sqrt{\sigma_x^2 - \sigma_x \cdot \sigma_y + \sigma_y^2 + 3 \cdot \tau_{xy}^2} \leq 1,1 \cdot \frac{R_{yn}}{\gamma_{M0}} \cdot m. \quad (M.5)$$

Одночасно перевіряють:

$$\tau_{A-A} \leq \frac{1,0}{\sqrt{3}} \cdot \frac{R_{yn}}{\gamma_{M0}} \cdot m; \quad \sigma_{y,A-A} \leq 1,1 \cdot \frac{R_{yn}}{\gamma_{M0}} \cdot m; \quad \sigma_{x,B-B} \leq 1,0 \cdot \frac{R_{yn}}{\gamma_{M0}} \cdot m.$$

М.4.3.3 У випадку, коли напруження розтягу від дії сили V_k становлять

$\sigma_{y,A-A} \leq \frac{R_{yn}}{\gamma_{M0}}$, допускається розрахунки витривалості для зон вирізів не виконувати.

М.5 Розрахунки плит під рух потягів

М.5.1 Визначення зусиль у плитах

М.5.1.1 Локальне зусилля тиску від навантаження СК становить 2,5К на

вісь. Характеристичне навантаження на плиту для розмірів, показаних на рисунку М.12 допускається приймати рівним $9,33 \text{ т/м}^2$.

М.5.1.2 Зусилля у перерізах поздовжніх ребер і поперечних балок розраховують із використанням плитно-стрижневих схем, так само, як у плитах під рух автомобілів.

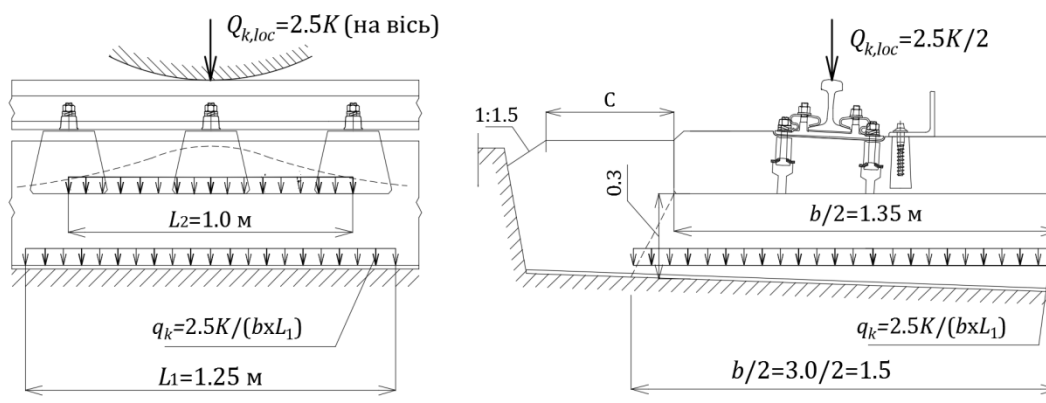


Рисунок М.12 – Розподіл тиску на плиту від осі з тиском $2,5K$

М.5.1.3 У випадку влаштування колії на баласті найбільші значення згинальних моментів у листі настилу над поздовжніми ребрами розраховують із використанням плитно-стрижневих схем. Допускається оцінювати значення згинальних моментів за формулами:

$$\text{у зоні під рейкою } M_y = -0,1 \cdot v \cdot a^2, \quad (\text{М.6})$$

$$\text{у зоні по осі прогонової будови } M_y = -0,08 \cdot v \cdot a^2, \quad (\text{М.7})$$

де a – відстань між поздовжніми ребрами;

$v = 2 \cdot K \text{ т/м}$ – навантаження на одиницю довжини колії.

М.5.2 Розрахунки міцності ортотропних плит

М.5.2.1 Розрахунки міцності поздовжніх ребер і поперечних балок ортотропних плит під потяги залізниці виконують виходячи з пружної роботи для зон стиску і розтягу за формулою:

$$\sigma_x \leq R_{yn} \cdot m, \quad (\text{М.8})$$

де σ_x – сумарні напруження від дії локальних і глобальних навантажень;

R_{yn} – опір текучості; характеристичне значення;

m – коефіцієнт умов роботи (таблиця 7.1).

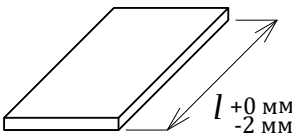
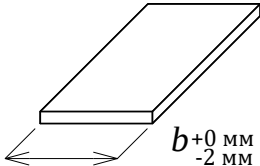
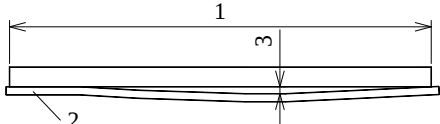
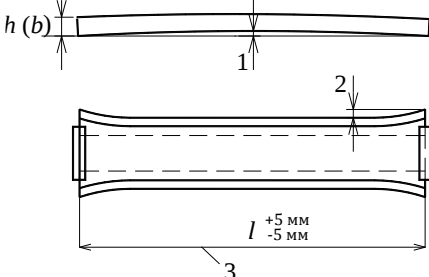
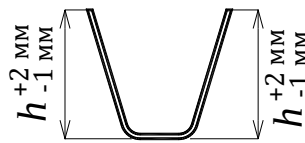
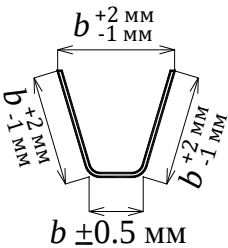
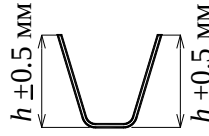
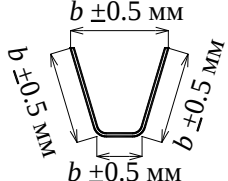
М.5.2.2 Розрахунки міцності стінок поперечних балок виконують так само, як для плит під автопроїзд.

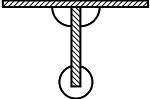
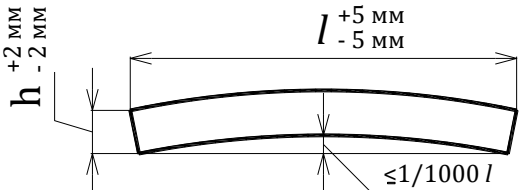
М.5.2.3 Перевірку міцності листа настилу плити для їзди потягів по баласту, виконують за формулою:

$$\sqrt{\sigma_x^2 - \sigma_x \cdot \sigma_y + \sigma_y^2 + 3 \cdot \tau_{xy}^2} \leq 1,1 \cdot \frac{R_{yn}}{\gamma_{MO}} \cdot m. \quad (M.9)$$

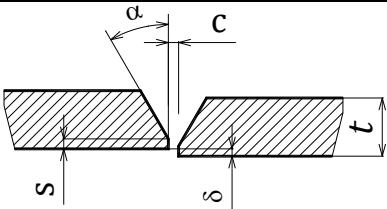
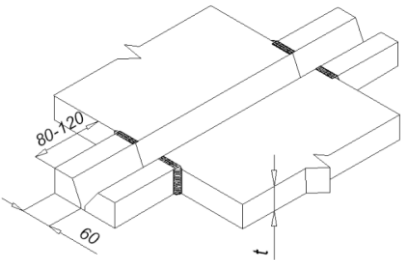
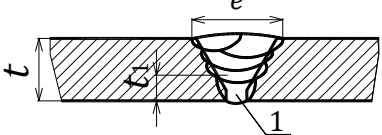
М.6 Особливості конструювання

Таблиця М.10 – Допуски виробів

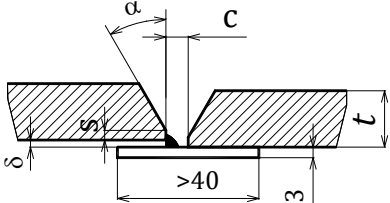
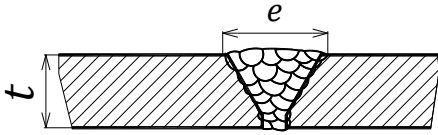
№	Довжина і переріз	Переріз	Прямолінійність
Лист настилу після прокатки і правки на вальцях з урахуванням зварювальних деформацій			
1.1			 1. Лінійка 2000 мм. 2. Лист. 3. Зазор $\leq 2,0$ мм.
Холодногнуте поздовжнє ребро $t \geq 6$ мм з радіусом згину $r/t \geq 4$. Тріщини контролюють візуально на кінцях ребер. Для ребер типу а) і б), якщо геометрія згину не відповідає проекту вирізи в поперечних балках мають компенсувати неточності.			
1.2	а) гнутий профіль для проходу у вирізі стінки поперечної балки з вільним вирізом знизу		 Для випадків а) і б) Допуски: 1. Зазор $\leq l/1000$ мм. 2. Розширення ≤ 1 мм. 3. У місці стиків ребер: – радіус загину ± 2 мм; – поворот 1° на довжині 4 м; – паралельність 2 мм.
			
	б) гнутий профіль для проходу у вирізі стінки поперечної балки без вільного вирізу знизу		
			

№	Переріз	Прямолінійність
Поздовжнє штабове ребро $t \geq 10$ мм приварене до настилу двосторонніми швами		
1.3	Штабове ребро приварене до вирізу з двох боків 	

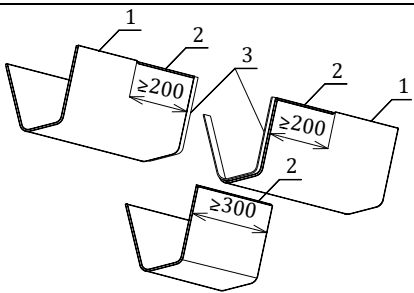
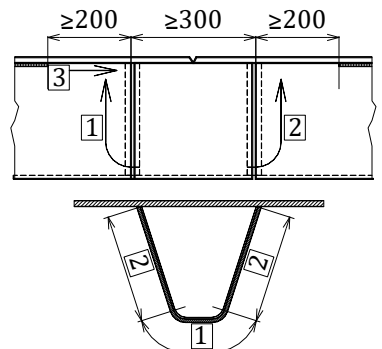
Таблиця М.11 – Стиковий шов на знімній підкладці

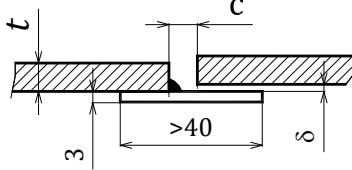
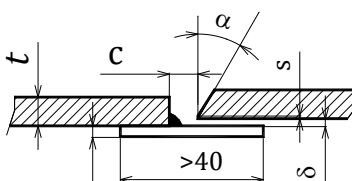
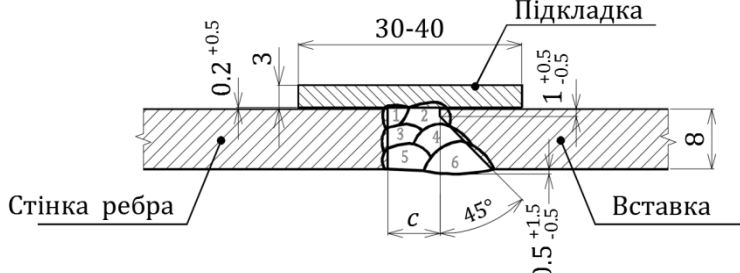
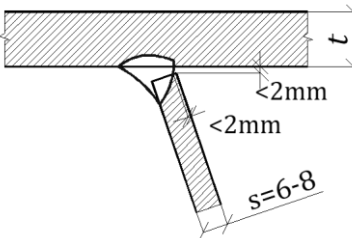
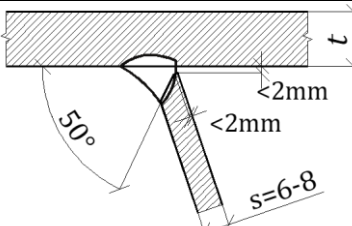
№	Деталь	Контрольовані параметри	Примітки
Стикові однібічні шви листів настилу ортотропних плит на знімній підкладці (скло-мідній, або мідній із склотканиною, керамічні), що виконані автоматичним зварюванням під флюсом з ручною або механізованою підваркою кореня шва без наступної обробки			
2.1	 Параметри $t = 12 - 40$ мм; $\alpha = 30^\circ \pm 2^\circ$; $s = 1 \pm 1$; $c = 5 \pm 1$ мм; $\delta \leq 2$ мм	Контроль перед зварюванням: 1. Геометрія кромки. 2. Стан кромки (конденсат, пил, масло, корозія тощо). 3. Щільність установки підкладки.	Форми кромки можуть бути змінені на основі спеціально розробленої специфікації.
2.2		Контроль перед зварюванням: Те саме, що і для основної конструкції.	Вивідні планки, форма яких відповідає формі кромки основної конструкції. Шви приварки планок виконують спочатку з боків а потім зверху з перерізом від 2 мм до 4 мм.
2.3	 1 – ручна або механізована підварка кореня шва; за умови $t = 12 - 40$ мм; $t_1 = 8-10$ мм.	Шов I категорії. Візуальний і УЗД контроль.	Підкладка і режими відповідно до спеціально розробленої специфікації.

Таблиця М.12 – Стикові шви листа настилу на залишковій підкладці

№	Деталь	Контрольовані параметри	Примітки
Стикові шви листа настилу на залишковій підкладці, що виконаний механізованим або ручним зварюванням			
3.1	 Параметри, що рекомендуються $t = 12 - 40$ мм; $\alpha = 30^\circ \pm 2^\circ$; $s = 1 \pm 1$; $c = 6 - 8$ мм; $\delta \leq 2$ мм.	Контроль перед зварюванням: 1. Геометрія кромки. 2. Стан кромки (конденсат, пил, масло, корозія тощо). 3. Щільність установки підкладки і якість кореневого шва.	Зварювання використовують тільки у випадках, коли установка знімних підкладок неможлива. Порядок виконання має бути вказаний у спеціально розробленій специфікації.
3.2		Шов I категорії.	

Таблиця М.13 – Шви замкнених поздовжніх ребер

№	Деталь	Контрольовані параметри	Примітки
Підготовка перед зварюванням.			
4.1		Контроль перед зварюванням: 1 – Кромка для заводського зварювання. 2 – Кромка з обробкою для монтажного зварювання. 3 – Залишкова підкладка.	Розміри вставки і розпусків можуть бути зменшені на 30 % для товщини ребра 6 мм.
4.2		С.1 – стиковий шов вставки ребра; С.2 – кутові шви стінок; С.3 – кутові шви в стелю. Черговість виконання показана цифрами 1, 2 і 3.	

№	Деталь	Контрольовані параметри	Примітки	
Стикові шви ребра на залишковій підкладці				
4.3	 $t = 6 \text{ мм}$ $c \geq 7 \text{ мм}$ – під час механізованого зварювання; $c \geq 8 \text{ мм}$ під час ручного зварювання; $\delta \leq 2 \text{ мм}$.	100 % ВВК перед і після зварювання. Механічна зачистка після зварювання. Крім того контролюють: 1. Кореневий шов підкладки катет від 3 мм до 3,5 мм. 2. Зазор між підкладкою і ребром $\leq 0,7 \text{ мм}$.	Допуск зварювальників до роботи можливий тільки після атестації на основі зварювання двох зразків. Матеріали, що рекомендуються: 1. Метало-порошковий дріт діаметром від 1,2 мм до 1,6 мм. 2. Покриті електроди з діаметром від 3 мм до 4 мм.	
4.4	 $t = 6 \text{ мм}$ $c \geq 7 \text{ мм}$ – під час механізованого зварювання; $c \geq 8 \text{ мм}$ під час ручного зварювання; $\alpha = 30^0$; $s = 1 \pm 1$; $\delta \leq 2 \text{ мм}$.			
4.5				Число проходів показане для товщини ребра $t = 8 \text{ мм}$.
Однобічний кутовий шов приварки стінки ребра до листа настилу				
4.6		100 % ВВК (тут і далі візуально-вимірний контроль) перед і після зварювання. Кромки I категорії. Контроль режимів на основі металографічних досліджень макрошліфів через кожні 500 м заводських швів. Переріз шва: $a \geq s$.	Заводські шви виконують у нижньому положенні автоматичним зварюванням під флюсом. Переріз шва: $a \geq s$.	
4.7			Монтажні шви в зоні стика виконані в напів-стелю. Переріз шва: $a \geq s$.	

Кінець таблиці М.13

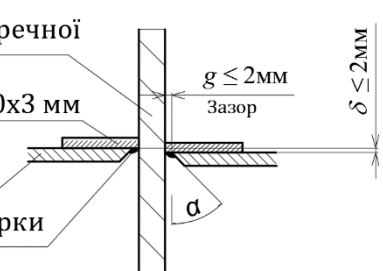
№	Деталь	Контрольовані параметри	Примітки
4.8			Тільки для пішохідних зон. Переріз шва: $a \geq s$.

Таблиця М.14 – Кутові шви приварки стінки поперечної балки до ребра

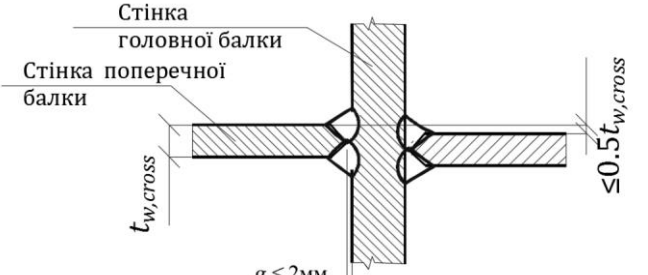
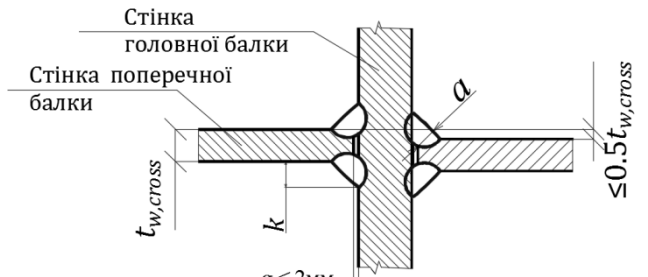
№	Деталь	Контрольовані параметри	Примітки
5.1		100 % ВВК перед і після зварювання. Кромки I категорії. Зазор $g \leq 3$ мм.	Переріз шва «а» визначають за розрахунком для якого приймають: за умови $g \leq 2$ мм $a = a_{nom}$; за умови $g > 2$ мм $a = a_{nom} + (g - 2)$.
5.2			
5.3			Переріз шва «а» – за розрахунком. Без розрахунку – «а» приймають рівним половині товщини стінки поперечної балки.
5.4			А) – рекомендується для автомобільного проїзду. В) – рекомендується для руху потягів.

Таблиця М.15 – Стик ребра зі стінкою поперечної балки (без вирізу в стінці)

№	Деталь	Контрольовані параметри	Примітки
6.1	Позначено: Зазор $g \leq 2$ мм. Неспівосність стінки ребра $\delta \leq 2$ мм	100 % ВВК перед і після зварювання. Переріз шва «а» не менше товщини ребра.	Однобічний шов з повним проплавленням без підкладок. Застосовують: 1. Для кінцевої поперечної балки, що примикає до деформаційного шва. 2. Для пішохідних мостів.

№	Деталь	Контрольовані параметри	Примітки
6.2	Стінка поперечної балки Підкладка 30x3 мм Ребро Шов приварки підкладки  Позначено: неспівосність стінки ребра $\delta \leq 2$ мм.		Однобічний шов з повним проплавленням на залишковій підкладці. Застосовують: 3. Для кінцевої поперечної балки, що примикає до деформаційного шва. 4. Для пішохідних мостів.

Таблиця М.16 – Стик поперечної балки з головною балкою

№	Деталь	Контрольовані параметри	Примітки
7.1	 Стінка головної балки Стінка поперечної балки $t_{w,cross}$ $g \leq 2\text{mm}$ $\leq 0.5 t_{w,cross}$	100 % ВВК до і після зварювання. Контролюють зварювальні зазори і співвідношення стінок поперечних балок. Розміри і якість швів.	Стики з повним проплавленням.
7.2	 Стінка головної балки Стінка поперечної балки $t_{w,cross}$ k $g \leq 2\text{mm}$ $\leq 0.5 t_{w,cross}$ Неспівпадання осей стінок не більше ніж половина товщини поперечної балки.	Стики із швами перерізу “а”, що визначають розрахунком.	

Таблиця М.17 – Стикові шви листів настилу ортотропних плит

№	Деталь	Контрольовані параметри	Примітки
8.1	Виступ зварного шва над поверхнею ортотропного настилу.  Основні функціональні допуски не зазначено.	Виступ A_r зварного шва відносно поверхні настилу	Дозволений відхил – $A_r = 0$ мм + $A_r = 1$ мм

Додаток Н
(обов'язковий)
ЗВАРНІ З'ЄДНАННЯ

Н.1 Розрахунки швів

Н.1.1 Базовими показниками для розрахунків швів зварювання є характеристичні значення опору текучості і тимчасового опору металу шва $R_{w,yn}$ і $R_{w,un}$ ¹. Ці значення наведені у стандартах і у сертифікатах виробника зварювальних матеріалів. Для основних типів стандартизованих зварювальних матеріалів, механічні властивості наплавленого металу надані в таблицях додатку Б.

Н.1.2 Розрахункові значення опорів зварних з'єднань знаходять відповідно до таблиці Н.1.

Н.1.3 Коефіцієнт надійності для розрахунків зварних з'єднань $\gamma_{M2} = 1,25$ приймають відповідно до таблиці 7.3.

Н.1.4 Коефіцієнт надійності для стикових і кутових швів на границі сплавлення приймають як для основного металу γ_{M0} відповідно до таблиці 7.3.

Таблиця Н.1 – Розрахункові значення опорів зварних з'єднань

Зварні з'єднання	Напружений стан		Розрахункові опори зварних з'єднань	№№ формул
Стикові	Стиск, розтяг і згин (приймають як для основного металу)	за границею текучості	$R_{w,y} = R_{yn} / \gamma_{M0}$	(Н.1)
		за тимчасовим опором	$R_{w,u} = R_{un} / \gamma_{M0}$	(Н.2)
		зріз	$R_{w,s} = 0,58 \cdot R_{yn} / \gamma_{M0}$	(Н.3)
Кутові шви	Зріз (умовний) по металу шва		$R_{w,f} = 0,55 \cdot R_{un} / \gamma_{M2}$	(Н.4)
	Зріз (умовний) по металу границі сплавлення		$R_{w,z} = 0,45 \cdot R_{un} / \gamma_{M0}$	(Н.5)

Н.1.5 Міцність металу шва приймають так, щоб розрахунковий опір зрізу по металу шва і по границі сплавлення перевищував розрахунковий опір зрізу основного металу і виконувалися умови:

¹ Індекс w в позначках опорів характеризує відношення до зварного з'єднання

$$R_{w,f} \geq 0,58 \cdot R_{yn} / \gamma_{M0}, \quad (\text{Н.6})$$

$$R_{w,z} \geq 0,58 \cdot R_{un} / \gamma_{M0}. \quad (\text{Н.7})$$

Загалом, такі показники як напруження текучості, тимчасового опору, відносного подовження за розриву та мінімальне значення ударної міцності металу шва має бути рівним або кращим за показники основного металу. Твердість металу швів обмежена 350 одиницями за шкалою Віккерса (HV). Для кутових швів з катетом від 5 мм до 7 мм твердість допускається 400 одиниць.

Н.1.6 Розрахункову висоту перерізу стикових зварних швів необхідно приймати рівною (рисунок Н.1):

– деталей, що зварюють з повним проплавленням,

$$t_w = t_{\min}, \quad (\text{Н.8})$$

– деталей, що зварюють з неповним проплавленням,

$$t_w = t_{w,\min}. \quad (\text{Н.9})$$

де $t_{\min}$ – найменша з товщин деталей, які зварюють;

$t_{w,\min}$ – найменша товщина перерізу стикового шва під час зварювання деталей з неповним проплавленням;

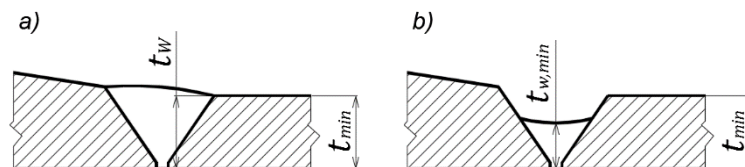


Рисунок Н.1 – Перерізи стикових швів

Н.1.7 Геометричні параметри кутових швів залежать від типу зварювання, положення в якому виконують зварювання, режимів зварювання тощо. Тільки в тому випадку, коли є можливість виміряти переріз швів на мікрошліфах, і технологічні режими зварювання гарантовано незмінні, тоді допускається приймати фізично виміряні розміри швів з урахуванням проплавлення для виконання розрахунків (згідно з рисунком Н.2).

Розрахункові значення перерізів швів приймають рівними:

0–1 – по металу шва – мінімальний переріз шва a_f ;

0–2 або 0–3 – по границі сплавлення з базовим металом a_z .

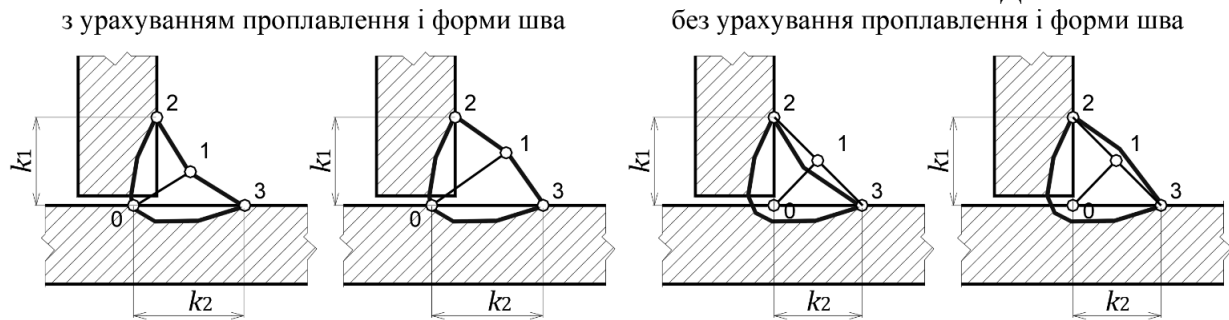


Рисунок Н.2 – Характерні розміри кутових швів

У всіх інших випадках перерізи швів розраховують за формулами:

– по металу шва:

$$a_f = \beta_f \cdot k_f, \quad (\text{Н.10})$$

– по металу границі сплавлення:

$$a_z = \beta_z \cdot k_f, \quad (\text{Н.11})$$

де β_f і β_z – коефіцієнти розрахункових перерізів кутових швів, за таблицею Н.2;

k_f – найменший з катетів кутового шва.

Таблиця Н.2 – Коефіцієнти розрахункових перерізів кутових швів

Положення шва під час зварювання	Коефіцієнти розрахункових перерізів кутових швів a_f і a_z				
	Позначення	катети швів k_f , мм			
		3–8	9–12	14–17	≥ 18
Автоматичне зварювання під флюсом дротом діаметром від 3 мм до 5 мм					
в човник	β_f	1,1			0,7
	β_z	1,15			1,0
нижнє	β_f	1,1	0,9		0,7
	β_z	1,15	1,05		1,0
Автоматичне та механізоване зварювання дротом діаметром від 1,4 мм до 2 мм					
в човник	β_f	0,9		0,8	0,7
	β_z	1,05		1,0	
нижнє	β_f	0,9	0,8	0,7	
	β_z	1,05	1,0	1,0	
Ручне та механізоване дротом суцільного перерізу дротом діаметром менше ніж 1,4 мм, або порошковим дротом					
всі положення	β_f	0,7			
	β_z	1,0			

Допускається без розрахунків призначати розміри кутових швів (рисунок Н.3), рівноміцних повному проплавленню для Т-подібного з'єднання, за умови виконання умови: $a_1 + a_2 \geq t$. Розмір притуплення c має бути рівним меншій з двох величин: 3 мм або $t/3$.

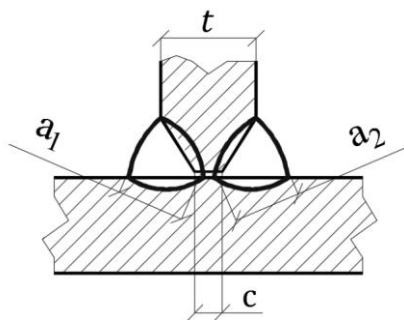


Рисунок Н.3 – Шви Т-подібного з'єднання рівноміцного повному проплавленню

Н.1.8 Розрахункові розміри кутових швів a_f , що виконані під гострими і тупими кутами, приймають згідно з рисунком Н.4.

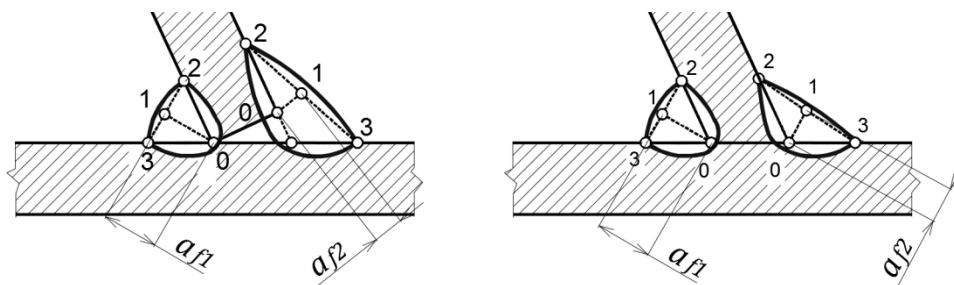


Рисунок Н.4 – Характерні перерізи кутових швів для з'єднань, що виконані під гострими і тупими кутами: ліворуч – кромка перпендикулярна; праворуч – кромка під кутом

Н.1.9 Розрахунок міцності зварних стикових з'єднань виконують:

– у випадку зварювання деталей зі сталей різного класу міцності, а також під час зварювання матеріалами, для яких $R_{w,y} \leq R_y$ (у цих випадках $R_{w,y}$ має бути зазначене в проєкті);

– за наявності викружок або ослаблень у зоні стику, якщо

$$l_w \leq b, \text{ або } l_{w,\min} \leq t, \text{ або } A_{w,n} \leq A,$$

де l_w – повна довжина стикового шва;

b і t – ширина та товщина з'єднуваних деталей;

$A_{w,n}$ і A – площа нетто ослабленого (наприклад, отворами) перерізу стикового шва і площа бруutto (або нетто) перерізу з'єднаних деталей у зоні стику, відповідно.

Н.1.10 Розрахунок міцності зварних стикових з'єднань виконують за формулами:

$$\sigma_w \leq R_{w,y} \cdot m, \quad (\text{Н.12})$$

$$\tau_w \leq R_{w,s} \cdot m, \quad (\text{Н.13})$$

де σ_w і τ_w – нормальні і дотичні напруження в будь якій точці зварного шва, відповідно;

$R_{w,y}$ і $R_{w,s}$ – розрахункові опори зварного шва текучості та зрізу, відповідно. Значення приймають за таблицею Н.1.

Н.1.11 Стикові шви зварювання стінок та інших елементів, що зазнають впливу нормальних напружень у двох площинах та зрізу виконують як для основного металу за формулою (7.1) приймаючи $R_{w,yn} = R_{yn}$.

Н.1.12 Міцність кутових швів зварювання рекомендується оцінювати за формулою:

$$\sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3 \cdot (\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)} \leq \beta_f \cdot \frac{m \cdot R_{w,un}}{\gamma_{M2}}, \quad (\text{Н.14})$$

де β_f – коефіцієнти розрахункових перерізів кутових швів, за таблицею Н.2;

$R_{w,un}$ – номінальне значення тимчасового опору металу шва;

γ_{M2} – коефіцієнт надійності за матеріалом шва 1,25 (таблиця 7.3).

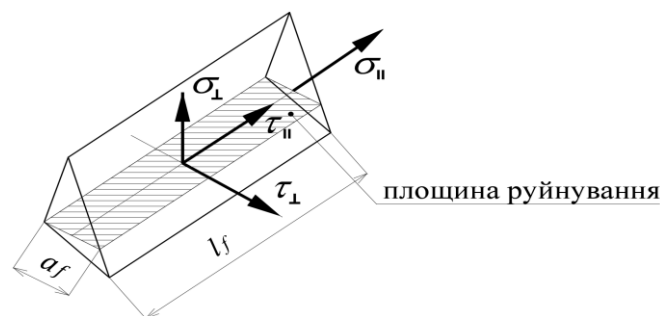


Рисунок Н.5 – Напруження в перерізі кутового шва завширшки a_f і завдовжки l_f

На рисунку Н.5 показані дотичні і нормальні напруження, що діють у

перерізі кутового шва:

$\tau_{\perp}$ – дотичні напруження у площині перерізу шва перпендикулярно до напрямку шва;

τ_p – дотичні напруження у площині перерізу шва вздовж напрямку шва;

$\sigma_{\perp}$ – нормальні напруження, перпендикулярні до площини руйнування.

Нормальні напруження σ_p , що викликають стиск-розтяг шва в напрямку вздовж шва в цілому, не враховують у розрахунках.

Н.1.13 Міцність кутових швів допускають перевіряти за спрощеною процедурою без урахування складової від нормального напруження $\sigma_{\perp}$, на умовний зріз за двома перерізами (рисунок Н.2):

1) переріз металу шва 0–1:

$$\sqrt{\tau_{\perp}^2 + \tau_p^2} \leq m \cdot R_{w,f}; \quad (\text{Н.15})$$

2) переріз у місці сплавлення з основним металом 0–2 або 0–3:

$$\sqrt{\tau_{z,\perp}^2 + \tau_{z,p}^2} \leq m \cdot R_{w,z}, \quad (\text{Н.16})$$

де $\tau_{z,\perp}$ і $\tau_{z,p}$ – дотичні напруження у площині перерізу шва перпендикулярно до напрямку шва і вздовж шва в місці сплавлення з основним металом.

Н.2 Розрахунки швів складених елементів

Н.2.1 Зварні шви, що з'єднують окремі листові деталі перерізу складених суцільностінчастих стиснутих елементів розраховують на фіктивну поперечну силу Q_{fic} , прийняту постійною по всій довжині елемента й визначають за формулою:

$$Q_{fic} = \frac{\pi \cdot W}{l} \cdot (R_{yn} - \varphi \cdot R_y), \quad (\text{Н.17})$$

де W – момент опору перерізу елемента бруто в площині, яку перевіряють, (ослаблення листових деталей перфорацією допускають не враховувати);

l – довжина складеного елемента;

φ – коефіцієнт поздовжнього згину для розрахунку стійкості елемента в

площині, яку перевіряють.

Зварні шви в стиснуто-зігнутих складених елементах розраховують на поперечну силу Q_1 , що дорівнює сумі поперечних сил – умовної Q_{fic} визначуваної за формулою (Н.17), і фактичної.

Якщо в перерізі складеного елемента існують дві і більше паралельно розташовані листові деталі, то прикріплення кожної з них розраховують на поперечну силу Q_i , що визначають за формулою:

$$Q_i = Q_1 \cdot t_i / \sum_1^n t_i, \quad (\text{Н.18})$$

де t_i – товщина листової деталі, що кріпиться;

n – число паралельно розташованих листових деталей.

Н.2.2 У випадку прикріплення до вузлів головних ферм складених суцільностінчастих елементів, окремі частини перерізу яких безпосередньо не прикріплені до вузлових фасонки, зварні шви приєднання неприкріпленої частини перерізу до прикріпленої розраховують на передачу зусилля, що припадає на неї, приймаючи наступні значення коефіцієнтів умов роботи m :

$m = 0,8$ – у випадку відношення площі прикріпленої частини перерізу A_v до всієї площі перерізу елемента A_v/A меншого ніж 0,6;

$m = 0,9$ – для відношення A_v/A понад 0,6 і до 0,8;

$m = 1,0$ – для відношення A_v/A понад 0,8.

Розрахункова довжина зварного шва дорівнює довжині перекриття елемента вузловою фасонкою ферми.

Геометричні параметри зварних швів залежать від різновиду зварювання, положення в якому виконують зварювання та режимів зварювання. Якщо під час проектування конструкції існує можливість виміряти переріз швів на зразках і технологічні режими зварювання є відпрацьованими, то в цьому випадку можна приймати для розрахунків фактичні розміри швів з урахуванням проплавлення.

Додаток П
(довідковий)
ДЕФОРМАЦІЙНІ ШВИ

П.1 Строк експлуатації деформаційного шва

Строк експлуатації деформаційного шва залежить від багатьох чинників, основними з яких є:

- якість проєктування і виготовлення конструкції шва (з урахуванням величини навантажень і кількості циклів навантажень);
- якість установки (монтажу);
- якість експлуатації (заміни деталей і обслуговування).

Виготовлення шва є тільки одним з чинників, що визначає можливість безремонтної експлуатації шва. У разі інтенсивності, що дорівнює 500 000 машин на рік, довговічність швів розділена на чотири категорії, таблиці П.1.

Таблиця П.1 – Довговічність швів для інтенсивності 500 000 машин на рік

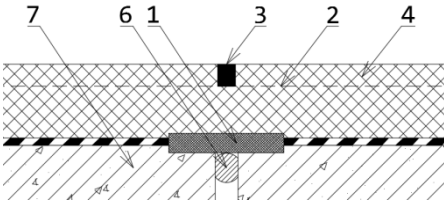
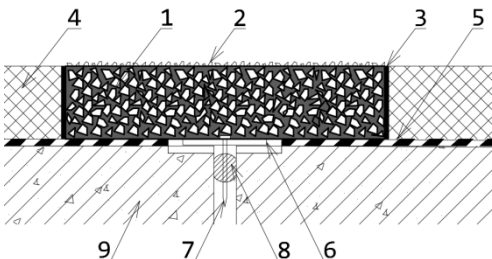
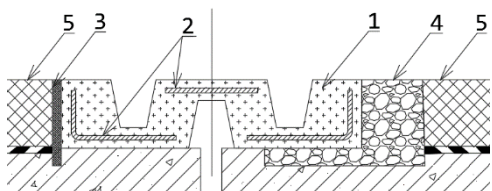
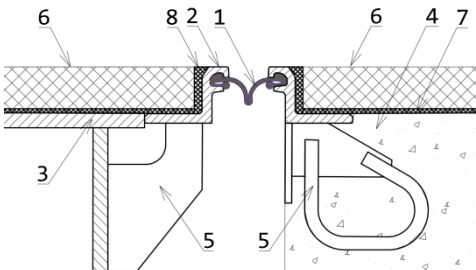
Категорія строку експлуатації	Кількість років
1	10
2	15
3	25
4	50

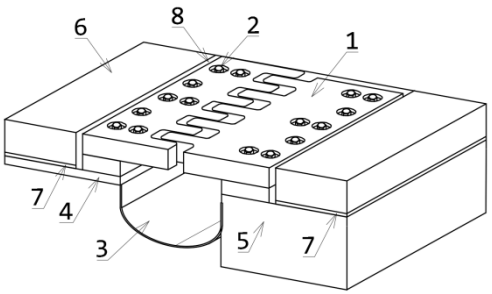
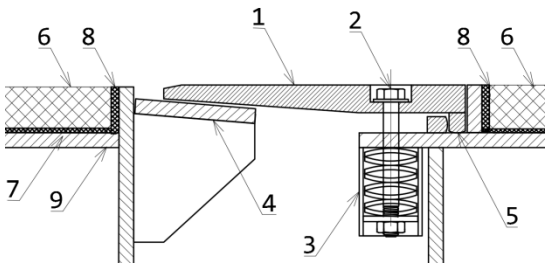
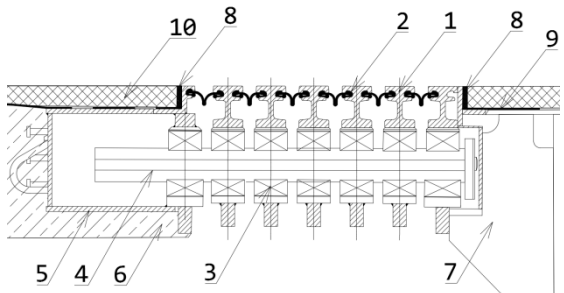
П.2 Типи і використання деформаційних швів

П.2.1 Типи і використання деформаційних швів

Для сталевих прогонових будов сталевих мостів слід використовувати деформаційні шви з номерами 4, 5 або 7 відповідно до таблиці П.2. Деформаційні шви інших типів можуть використовуватися лише за умови спеціальних обґрунтувань.

Таблиця П.2 – Типи деформаційних швів

Ч.ч.	Схема шва	Типи деформаційних швів
Частина 2	 1 – герметик або мембрана; 2 – армування на поверхні; 3 – герметик на поверхні; 4 – поверхневий шар; 5 – гідроізоляція плити; 6 – конопачення.	<i>Перекритий деформаційний шов</i> Переміщення до 15 мм. Шов з еластичною мембраною, яка деформується і перекривається матеріалом покриття. Строк експлуатації 10 років.
Частина 3	 1 – пружний матеріал; 2 – поверхнева обробка; 3 – шов з герметиком; 4 – покриття; 5 – гідроізоляція плити; 6 – плита перекриття; 7 – фіксатор; 8 – конопачення; 9 – плита мосту.	<i>Еластомерно-бітумний деформаційний шов</i> Переміщення до 25 мм. Шов влаштовують на місці з бітумного матеріалу із заповненням. Матеріал має велику розтяжність і обпирається на металеві елементи для перекриття зазору. Строк експлуатації 10 років.
Частина 5	 1 – пружний матеріал; 2 – арматура; 3 – шов з герметиком; 4 – полімерна заливка; 5 – покриття мосту.	<i>Матовий деформаційний шов</i> Призначений для компенсації переміщень до 50 мм. Шов має підготовані кромки з обох боків, зазор між якими заповнюють пружним армованим матом у рівень з поверхнею. Строк експлуатації 10 років.
Частина 4	 1 – еластомерний профіль; 2 – носовий профіль; 3 – лист плити; 4 – бетон плити; 5 – елементи анкерення; 6 – покриття; 7 – гідроізоляція; 8 – перехідний шов.	<i>Стрічковий деформаційний шов</i> Призначений для компенсації переміщень до 80 мм. Шов має підготовані кромки з обох боків, і використовує деформаційні якості армованого пружного матеріалу, який закріплюють до країв прогонової будови. Типи закріплень еластомеру і типи носових профілів можуть різнитися. Строк експлуатації до 50 років.

Ч.ч.	Схема шва	Типи деформаційних швів
Частина 6	 1 – гребінка; 2 – болти закріплення; 3 – лотік водовідводу; 4 – лист настилу; 5 – бетон плити; 6 – покриття; 7 – гідроізоляція; 8 – перехідний шов.	<i>Консольний деформаційний шов</i> Гребінчасті та інші шви що жорстко закріплюють з обох боків від шва і несуть навантаження за схемою консолі. Строк експлуатації до 50 років.
Частина 7	 1 – лист перекриття; 2 – болти закріплення; 3 – стакан з пружиною; 4 – опорний лист; 5 – шарнірна опора; 6 – покриття; 7 – гідроізоляція; 8 – перехідний шов; 9 – лист настилу плити.	<i>Деформаційний шов з листом перекриття</i> Шви, що перекривають елементом, який шарнірно обпертий на одній стороні і ковзає по іншій стороні. Строк експлуатації до 15 років.
Частина 8	 1 – рейка модуля; 2 – еластомерний профіль; 3 – елемент ковзання; 4 – траверса; 5 – короб траверси; 6 – бетон плити(опори); 7 – сталева конструкція; 8 – перехідний шов; 9 – гідроізоляція; 10 – покриття.	<i>Модульний деформаційний шов</i> Деформаційні шви, що складаються з окремих балок (модулів) розміщених вздовж шва, і обпертих на балки, що орієнтовані в основному поперек шва. Модулі об'єднані між собою елементами з пружного матеріалу для герметизації шва. Строк експлуатації до 50 років.

П.3 Розрахунок деформаційних швів і елементів кріплення

П.3.1 Характеристичне значення вертикальної сили на шов $Q_{v,k}$ у межах

проїзду від дії коліс тандемів приймають у вигляді відбитків коліс осі, як показано на рисунку П.1.

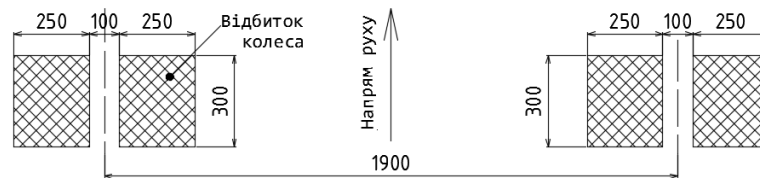


Рисунок П.1 – Відбитки коліс тандему

Сили від дії тандему АК приймають у вигляді навантаження на вісь тандему на першій смузі $Q_{v,k}$:

$$Q_{v,k} = Q_{v,1}. \quad (\text{П.1})$$

П.3.2 Характеристичне значення горизонтальної сили вздовж мосту на шов у межах проїзду коліс тандемів від дії сили тяги/гальмування приймають у вигляді ваги одної осі $Q_{v,1}$ з понижувальним коефіцієнтом $b_k = 0,4$:

$$Q_{l,k} = 0,4 \cdot Q_{v,1}. \quad (\text{П.2})$$

Примітка 1. Допускається враховувати другий тандем.

Примітка 2. Сила може бути прикладена одним колесом або його частиною.

Примітка 3. Сили гальмування, що відхиляються від прямолінійного напрямку не враховують.

П.3.3 Характеристичне значення горизонтальної відцентрової сили поперек мосту на шов у межах проїзду приймають у вигляді сили Q_{tk} , яка дорівнює силі від суми ваги осей тандемів, які розміщені на шві, помноженій на зменшувальний коефіцієнт 0,2:

$$Q_{tk} = 0,2 \cdot (Q_{v,1} + Q_{v,2} + Q_{v,3}). \quad (\text{П.3})$$

П.3.4 Горизонтальні сили від тяги/гальмування і відцентрової сили одночасно не розглядаються.

П.3.5 Вертикальні зусилля на шов у зоні тротуару приймають у вигляді характеристичної сили 3,5 т на відбитку 200×200 мм.

П.3.6 Характеристичне значення аварійного навантаження, у випадку виїзду автомобіля на тротуар, приймають від колеса з відбитком, показаним на рисунку П.2, з тиском на вісь $Q_{t,A} = 10$ т.

П.3.7 Наїзд на шов у зоні бордюру моделюють двома силами. Характеристичне значення горизонтальної сили в поперечному напрямку на бордюр дорівнює $F_h = 10$ т на площу 200×500 мм; вертикальної сили $F_v = 5$ т на верх бордюру на площу 100×500 мм.

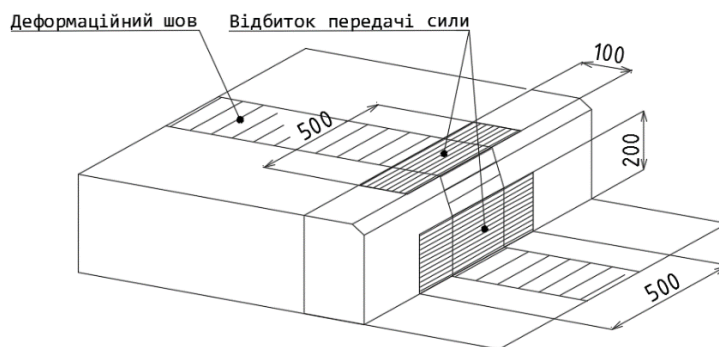


Рисунок П.2 – Дія аварійного навантаження колеса на бордюр

П.3.8 Розрахункові комбінації для розкритого і закритого шва приймають відповідно до рядка 1 таблиці П.1.

П.3.9 Коефіцієнти надійності і динамічні коефіцієнти до навантажень приймають відповідно до ДБН В.1.2-15.

П.3.10 Зусилля, що передаються на опори, від сил тертя і від опору пружних матеріалів у деформаційних швах враховують як навантаження, що діють одночасно з силами тертя в опорних частинах.

Характеристичну силу, що діє на кожний лінійний метр модульного шва від його переміщень враховують за формулою:

$$\text{горизонтальна } F_{h,ej} = (3,5 \cdot n) / l, \text{ кН/м,} \quad (\text{П.4})$$

$$\text{вертикальна } F_{v,ej} = 2,0 \cdot (n - 1) / l, \text{ кН/м,} \quad (\text{П.5})$$

де n – кількість модулів;

l – відстань між траверсними балками.

П.4 Проектування деформаційного шва

П.4.1 Особливості проектування і експлуатації деформаційного шва, у порівнянні з плитою проїзду мосту наступні:

- елементи шва мають вільно переміщуватися від температурних і транспортних навантажень;
- елементи шва піддані збільшеним динамічним впливам від коліс машин;
- шов є місцем, де збирається бруд і волога.

Такі особливості вимагають вирішення таких технічних проблем:

- зробити механізм переміщення шва безвідмовним, і таким, що не залежить від технічного стану шва;
- зробити плавний проїзд автомобіля через шов (без поштовхів) за рахунок

точності його установки; точкові відхилення між триметровою лінійкою, покладеною поперек шва на поверхню проїзду, не мають перевищувати ± 5 мм;

- збільшити динамічний коефіцієнт для розрахунків деталей шва і елементів його прикріплення, у порівнянні з плитою мосту; виконати оцінку витривалості елементів шва і його прикріплення до балки мосту;
- створити повну герметичність деформаційного шва;
- для суміщених під рейковий і автомобільний транспорт мостів слід застосовувати шви із зменшеним рівнем шуму під час проїзду транспорту.

П.4.2 Довговічність деформаційного шва до повної заміни приймають відповідно до категорії (таблиці П.1).

П.4.3 Перелік параметрів, які надають на комплектах креслень проєкту, щодо деформаційних швів:

- геометричні параметри плити в рівні поверхні автомобільного проїзду і тротуарів, у місці розташування деформаційного шва: перерізи по фасаду мосту; переріз поперек мосту; план;
- креслення елементів прикріплення деформаційного шва до прогонової будови або опори мосту: в разі приєднання до сталевих конструкцій, розробити комплект креслень КМ, з перерізами швів зварювання елементів кріплення; в разі приєднання до залізобетонної конструкції – комплект креслень КЗ (Конструкції Залізобетонні);
- дані про горизонтальні та кутові переміщення деформаційного шва від монтажних, температурних, сейсмічних і інших навантажень;
- таблиця зазорів у шві, залежно від температури прогонової будови, а також настанова, щодо виставлення зазорів у шві, під час фіксації його сторін до прогонових будов, або до прогонової будови і опори;
- зусилля, що виникають в елементах фіксації шва від температурних переміщень на стадії монтажних операцій; якщо виробником шва не надаються відповідні значення зусиль, то слід примати 0,5 т на лінійний метр шва;
- дані про конструкцію примикання покриття проїзду і тротуарів до елементів шва, гідроізоляцію контуру шва і дренаж у комплекті ПЧ (проїзна частина).

Додаток Р
(обов'язковий)

ОСНОВНІ ТИПИ МОСТОВИХ ОПОРНИХ ЧАСТИН

Р.1 Типи опорних частин

ОЧ розрізняють:

- за призначенням: напрямні, всебічно-рухомі, нерухомі, обмежувальні, опорні частини, що передають дію моменту як основну функцію, ті, що сприймають відрив, опорні частини розвідних мостів, залізобетонні шарніри, сейсмічні пристрої тощо;
- за конструкцією: пружні, коткові, балансірні, стаканні і сферичні, а також напрямні і обмежувальні ОЧ.

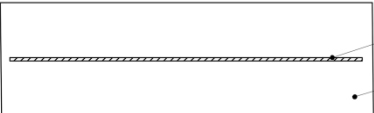
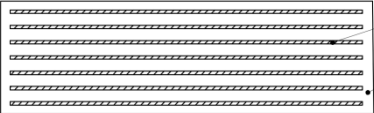
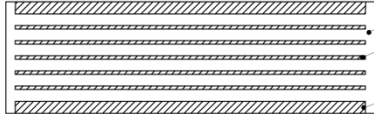
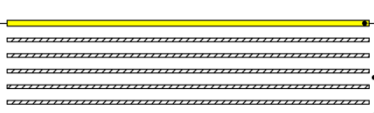
Найчастіше застосовують армовані, стаканні (різновид еластомерних опорних частин), сферичні і коткові опорні частини. Для опорних частин, що працюють на розтяг, поглинають сейсмічні впливи тощо, можна застосовувати інші типи опорних частин.

Р.1.1 Еластомерні армовані опорні частини

Еластомерні армовані опорні частини є різновидом пружних опорних частин. Проектують еластомерні опорні частини згідно з ДСТУ EN 1337-3.

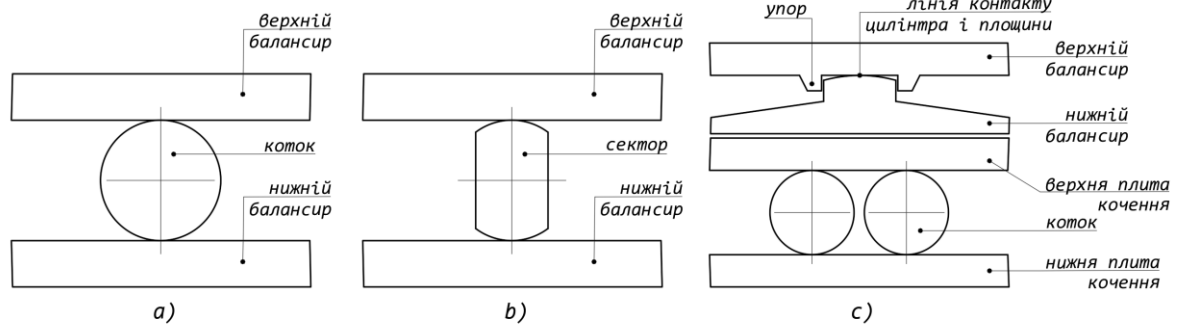
У таблиці Р.1 наведено армовані опорні частини А–D (див. таблицю 2 ДСТУ EN 1337-3), які є найбільш поширеними типами ЕАОЧ.

Таблиця Р.1 – Опис конструкції опорних частин

Типи	Вигляд перерізу	Опис конструкції опорної частини
А	 Сталевий лист Гума	Містить один сталевий лист і рівні по товщині шари еластомеру.
В	 Сталевий лист Гума	Містить більше одного сталевих листа і зовнішніх шарів еластомеру
С	 Гума Сталевий лист Сталева плита	Містить більше одного сталевих листа і зовнішні сталеві плити для анкерення, що завулканізовані в еластомер
Д	 ПТФЕ Гума Сталевий лист	Те саме, що тип В, але з верхнім листом ковзання товщиною 15 мм завулканізованим в еластомер

Р.1.2 Коткові опорні частини

Правила проєктування коткових опорних частин наведено в ДСТУ EN 1337-4. Горизонтальні переміщення опорних частин, показаних на рисунку Р.1, реалізуються за рахунок перекочування циліндричної поверхні по горизонтальній площині балансирів. Кут повороту для однокоткових опорних частин реалізується автоматично, а у випадку розміщення двох, або більше котків для реалізації кута повороту потрібен балансирний пристрій.



а) звичайні б) зі зрізаними котками; в) коткові з балансиrom

Рисунок Р.1 – Коткові опорні частини

Р.1.3 Правила проєктування балансирних (тангенціальних) опорних частин і балансирного пристрою коткових опорних частин відповідно до ДСТУ Б EN 1337-6.

Р.1.4 Правила проєктування стаканних опорних частин відповідно до ДСТУ EN 1337-5. Схема опорних частин показана на рисунку Р.2.

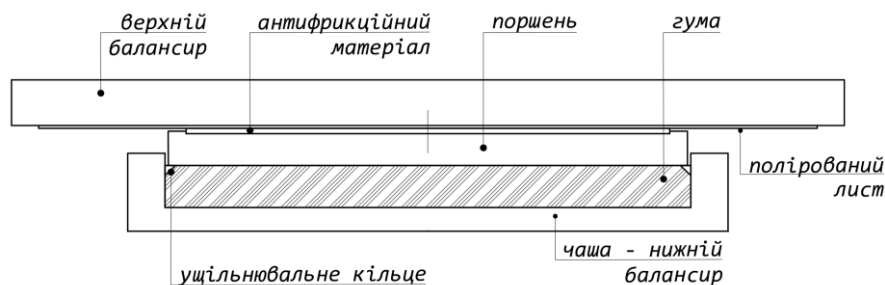


Рисунок Р.2 – Стаканна опорна частина

Р.1.5 Правила проєктування сферичних опорних частин з ПТФЕ наведено в ДСТУ EN 1337-7. Схема опорної частини показана на рисунку Р.3.

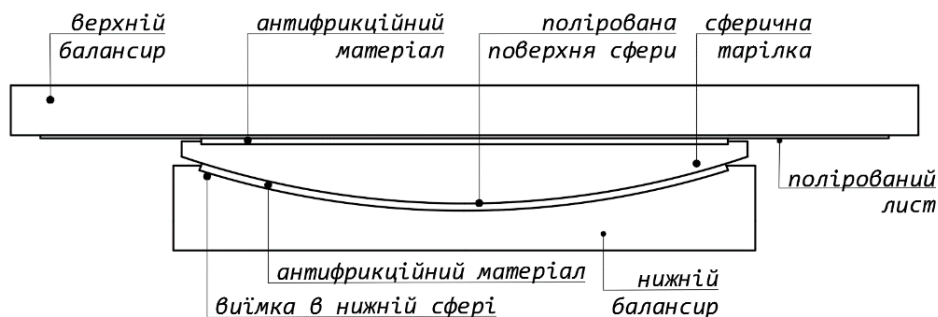


Рисунок Р.3 – Сферична опорна частина

Р.2 Коефіцієнти тертя для ковзних опорних частин

Р.2.1 Значення коефіцієнтів тертя залежать від антифрикційного матеріалу, чистоти поверхні полірованого листа, ступені зносу антифрикційного матеріалу, температури тощо.

Р.2.2 Під час проєктування потрібно враховувати:

- температуру ОЧ (приймають температуру найбільш холодної п'ятиденки);
- тиск на антифрикційний матеріал (приймають тиск від характеристичних постійних навантажень).

Р.2.3 Значення максимального коефіцієнта тертя для змащених листів ПТФЕ з мастильними карманами для ковзання на полірованій аустенітній сталі потрібно обчислювати за формулами:

$$\mu_{\max} = 0,8 / (10 + \sigma_p) \text{ – для температур вище «мінус» } 5^\circ\text{C}, \quad (\text{Р.1})$$

$$\mu_{\max} = 1,2 / (10 + \sigma_p) \text{ – для температур} \quad (\text{Р.2})$$

від «мінус» 5°C до «мінус» 35°C ,

де σ_p – тиск на антифрикційний матеріал, МПа.

Р.2.4 Значення максимального коефіцієнта тертя для змащених листів MSM з мастильними карманами для ковзання на полірованій аустенітній сталі приймають за формулами:

$$\mu_{\max} = 1,2 / (15 + \sigma_p) \text{ – для температур вище «мінус» } 5^\circ\text{C}, \quad (\text{Р.3})$$

$$\mu_{\max} = 1,6 / (15 + \sigma_p) \text{ – для температур} \quad (\text{Р.4})$$

від «мінус» 5°C до «мінус» 35°C ,

$$\mu_{\max} = 2,8 / (30 + \sigma_p) \quad \text{– для температур} \quad (P.5)$$

від «мінус» 35 °С до «мінус» 50 °С,

де σ_p – тиск на антифрикційний матеріал, МПа.

Р.2.5 Для сталевих автомобільних мостів допускається приймати рівень навантаження від ваги прогонових будов як частку від максимального розрахункового рівня у межах від 34 % до 45 %. Для прогонових будов залізничних мостів тиск σ_p розраховують.

Р.3 Коефіцієнти тертя для коткових і балансирних опорних частин

Р.3.1 Значення максимального коефіцієнта тертя $\mu_{\max}$ для різних типів опорних частин наведено у відповідних частинах стандарту ДСТУ EN 1337. Розрахункові значення максимальних коефіцієнтів тертя для найбільш поширених типів мостових опорних частин:

для коткових опорних частин – $\mu_{\max} = 0,05$;

для сферичних та циліндричних опорних частин – $\mu_{\max} = 0,02$;

для балансирних (тангенціальних) – $\mu_{\max} = 0,40$.

За умови належної експлуатації (запобігання зношеності, корозії та накопиченню сміття) для коткових опорних частин із сталі з твердістю більше ніж 300 HV, значення розрахункового коефіцієнта тертя допускається знижувати до $\mu_{\max} = 0,02$.

Р.3.2 Оцінка величини коефіцієнтів тертя для групи ОЧ

Р.3.2.1 До однієї групи ОЧ належать опорні частини, що мають однакову конструкцію, матеріали та напрямки переміщень.

Р.3.2.2 Якщо ОЧ встановлені так, що сили тертя в одних опорних частинах частково компенсовані силами тертя в інших ОЧ, то коефіцієнти тертя потрібно приймають: μ_a – для основної дії; μ_r – для компенсуючої дії:

$$\mu_a = 0,5 \cdot \mu_{\max} \cdot (1 + \alpha), \quad (P.6)$$

$$\mu_r = 0,5 \cdot \mu_{\max} \cdot (1 - \alpha), \quad (P.7)$$

де μ_a – коефіцієнт тертя для несприятливих дій;

μ_r – коефіцієнт тертя для сприятливих дій;

$\mu_{\max}$ – максимальний коефіцієнт тертя;

α – коефіцієнт, що залежить від типу опорної частини і кількості опорних частин, в яких виявляють відповідно зусилля основної дії або зусилля компенсуючої дії.

Коефіцієнт α приймають:

- для опорних частин ковзання згідно таблиці Р.2;
- для сферичних та циліндричних опорних частин згідно таблиці Р.3;
- для армованих опорних частин потрібно приймати $\mu_a = \mu_r = \mu_{\max}$, крім

того всі опорні частини споруди виготовляють з еластомеру однієї марки.

Таблиця Р.2 – Коефіцієнт α для опорних частин ковзання

Число ОЧ у групі, n	Коефіцієнт α
≤ 4	1
$4 < n < 10$	$\alpha = (16 - n)/12$
≥ 10	0,5

Таблиця Р.3 – Коефіцієнт α для опорних частин кочення

Число ОЧ у групі, n	Коефіцієнт α
≤ 4	1
$4 < n < 10$	$\alpha = (12 - n)/8$
≥ 10	0,25

Р.4 Закріплення опорних частин

Р.4.1 Анкерення (закріплення) опорних частин до опор та прогонових будов проєктують за розрахунками 1 групи граничних станів. Потрібно враховувати тертя, що виникає на контакті опорної частини з опорами та прогоновими будовами крім вказаного у Р.4.3.

$$F_{xy,Ed} \leq F_{xy,Rd}, \quad (\text{Р.8})$$

де $F_{xy,Ed}$ – розрахункове значення сили зсуву, що діє на опорну частину;

$F_{xy,Rd}$ – розрахункове значення опору зсуву опорної частини.

$$F_{xy,Rd} = F_{z,Ed} \frac{\mu_k}{\gamma_\mu} + F_{xy,a,Rd} \quad (\text{Р.9})$$

де $F_{z,Ed}$ – мінімальне розрахункове значення опорної реакції;

$F_{xy,a,Rd}$ – розрахункове значення опору деталей анкерення опорної частини в горизонтальній площині;

μ_k – характеристичне значення коефіцієнта тертя на контакті з опорною частиною;

γ_μ – значення коефіцієнта надійності для тертя приймають:

1,25 – на контакті сталі по бетону;

2,0 – на контакті сталі по сталі.

Таблиця Р.4 – Характеристичні значення коефіцієнтів тертя

Стан поверхні сталевих компонентів	Сталь по сталі	Сталь по бетону
Непокрита сталь вільна від олії Металеві розпилені покриття Покриття з цинк-силікату	0,4	0,6
Інша поверхня	На основі тесту	На основі тесту

Р.4.2 У випадку динамічних навантажень мінімальне значення $F_{z,Ed}$ потрібно визначати з урахуванням всіх можливих динамічних варіацій від руху тимчасового навантаження.

Р.4.3 Для залізничних мостів та для мостів, розташованих у сейсмічних зонах приймають $F_{z,Ed} = 0$.

Р.4.4 У випадку, коли анкерні болти або інші пристрої фіксують опорну частину проти будь-якого горизонтального переміщення, то їх розраховують лише на частину горизонтальної сили, тобто потрібно враховувати тертя. У випадку, коли анкерні болти поміщені в отвори, що мають люфт, то їх потрібно розраховувати на повне горизонтальне зусилля $F_{xy,Ed}$.

Р.4.5 Переміщення нерухомих опорних частин до 2 мм не враховують, якщо вони покращують проєктну ситуацію. Якщо горизонтальну силу сприймає більше ніж одна опорна частина, то можливе переміщення 2 мм потрібно враховувати під час розподілу зусиль між опорними частинами.

Р.4.6 Закріплення еластомерних опорних частин

Р.4.6.1 Встановлювати ЕАОЧ без додаткового закріплення проти проковзування під дією мінімального стиску $\sigma_{c,d \min} = F_{z,d \min} / A_r \geq 3$ МПа, допускається за умови:

$$F_{xy,d} \leq \mu_e \cdot F_{z,d \min}, \quad (\text{Р.10})$$

де $F_{xy,d}$ – сумарний вектор горизонтальних сил;

$F_{z,d \min}$ – мінімальна вертикальна сила;

μ_e – коефіцієнт тертя ЕАОЧ по поверхні балки або підферменника;

$$\mu_e = 0,1 + 1,5 \cdot K_f / \sigma_m, \quad (\text{Р.11})$$

$K_f = 0,6$ – для бетонної поверхні; $K_f = 0,2$ – для всіх інших поверхонь;

σ_m – усереднене значення напружень стиску в МПа, під навантаженням $F_{z,d \min}$.

Р.4.6.2 Для опорних частин залізничних мостів, допускаються зменшувати коефіцієнт тертя.

Р.5 Основні дані і розрахунки опорних частин

Р.5.1 Еластомерні армовані опорні частини

Р.5.1.1 Найбільш поширений тип ЕАОЧ – тип В, рекомендується застосовувати для всіх типів мостів (рисунок Р.4).

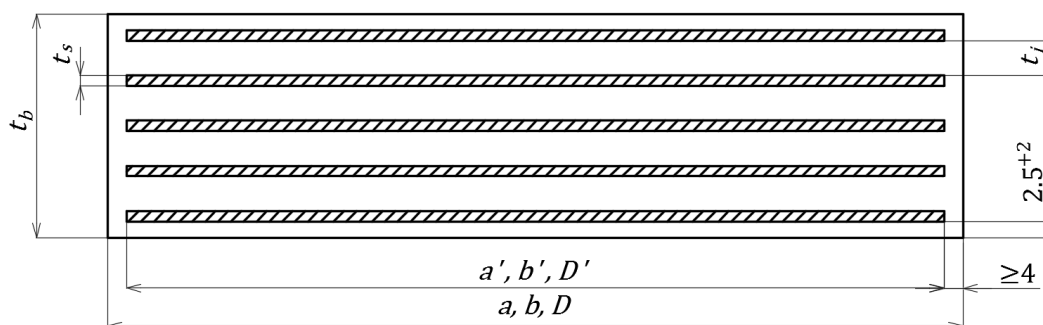


Рисунок Р.4 – ЕАОЧ типу В. Переріз і позначення розмірів

Р.5.1.2 ЕАОЧ типу А можуть бути застосовані на стадії постійної експлуатації для сейсмічних навантажень і стадіях зведення конструкцій, коли потрібно забезпечити великі переміщення.

Р.5.1.3 ЕАОЧ, крім типу А, практично не деформуються від стиску, за рахунок роботи еластомеру в обоймі між сталевими листами, де еластомер може сприймати тиск до 30 МПа. Окремі шари еластомеру можуть зміщуватися, що забезпечує відносно легкий зсув і поворот.

Р.5.1.4 ЕАОЧ мають відповідати вимогам міцності, деформативності і довговічності.

Р.5.1.5 Основні параметри, що використовують для характеристики ЕАОЧ і їх позначення надані нижче:

a , b або D – розміри контуру ЕАОЧ у плані вздовж і поперек мосту, або діаметр круглої ЕАОЧ; для зменшення опору від повороту приймають $a \leq b$;

a' , b' або D' – відповідні розміри сталевих листів;

t_b – висота ЕАОЧ;

t_s і t_i – товщина сталевих листів і товщина проміжних шарів еластомеру;

t_e – сумарна товщина t_i проміжних шарів еластомеру збільшена на $1,4 \cdot t_i$ – для зовнішніх шарів еластомеру за їх товщині не менше ніж 3 мм;

n – кількість проміжних шарів еластомеру;

$F_{z,d}$ – розрахункова вертикальна сила;

σ_{Rd} – розрахунковий опір стиску ОЧ; рекомендовані значення:

$\sigma_{Rd} \leq 12$ МПа – для залізничних мостів;

$\sigma_{Rd} \leq 15$ – для всіх інших мостів;

τ_{Rd} – розрахунковий опір зсуву ОЧ; рекомендовані значення:

$\tau_{Rd} \leq 4$ МПа – для залізничних мостів;

$\tau_{Rd} \leq 5$ МПа – для всіх інших мостів;

G – модуль зсуву еластомеру ОЧ;

$\nu = 0,5$ – коефіцієнт Пуассона.

Р.5.1.6 Основним параметром, який визначає реактивні зусилля на опори, є показник модуля зсуву G . Модуль зсуву збільшується із зниженням температури, для мостів, найбільш несприятливою ситуацією є низька

температура. Модуль зсуву приймають за температури найбільш холодної п'ятиденки із забезпеченістю 0,98. У випадку відсутності такої інформації, розрахункові значення модуля зсуву G допускається приймати:

$G=1,0$ МПа – за температури «мінус» 25 °С;

$G=3,0$ МПа – за температури «мінус» 40 °С.

Р.5.1.7 Розрахунковий опір стиску σ_{Rd} , визначений для ефективної площі A_r (див. п. Р.5.1.10), допускається приймати відповідно до таблиці Р.5.

Таблиця Р.5 – Розрахунковий опір стиску σ_{Rd} , визначений для ефективної площі A_r

Відносна висота ЕАОЧ (відносна висота дорівнює відношенню сумарної товщини шарів еластомеру до меншого розміру ОЧ в плані)	Розрахунковий опір стиску для мостів σ_{Rd} , МПа	
	залізничних	всіх інших
≤ 20	12	15
0,25	10	15
0,30	8	12,5
0,45	–	7,5

Р.5.1.8 Граничні розрахункові значення тангенсів кутів зсуву допускається приймати відповідно до таблиці Р.6.

Таблиця Р.6 – Граничні розрахункові значення тангенсів кутів зсуву

Навантаження і впливи	Граничні значення тангенсів кутів зсуву для мостів	
	залізничних	всіх інших
Постійні + температурний вплив (статичні)	0,6	0,7
Тимчасові (динамічні)	0,2	0,3
Статичні + динамічні	0,7	0,9
Сейсмічні (за умови закріплень ЕАОЧ до балок і опор)	2	2

Р.5.1.9 Правила проєктування, перевіряння і обмеження застосування ЕАОЧ виконують відповідно до ДСТУ EN 1337-3. Нижче наведені формули для перевіряння основних проєктних параметрів ЕАОЧ, для випадку відсутності необхідної інформації від виробника.

Р.5.1.10 Обмеження нормальних напружень. Під час перевірки міцності за напруженнями стиску $\sigma_{c,d}$ від вертикальної сили $F_{z,d}$ слід, замість повної площі, використовувати ефективну площу A_r і визначати напруження за формулою:

$$\sigma_{c,d} = \frac{F_{z,d}}{A_r} \leq \sigma_{Rd}, \quad (\text{P.12})$$

де $\sigma_{c,d}$ – розрахункове напруження стиску;

A_r – ефективну площу ЕАОЧ знаходять за формулою:

$$A_r = A_1 \cdot \left[1 - \left(\frac{v_{x,d}}{a'} + \frac{v_{y,d}}{b'} \right) \right], \quad (\text{P.13})$$

A_1 – площа сталевих листа з виключенням площі отворів;

$v_{x,d}$ і $v_{y,d}$ – переміщення вздовж і поперек мосту.

Р.5.1.11 Обмеження дотичних напружень. Перевірка міцності за дотичними напруженнями від дії вертикальних навантажень $F_{z,d}$ і переміщень горизонтальних v_{xy} і кута повороту α_d виконують за формулою:

$$\tau_{c,d} = \tau_{z,d} + \tau_{v,d} + \tau_{a,d} \leq \tau_{Rd}, \quad (\text{P.14})$$

де $\tau_{z,d} = \frac{1,5 \cdot F_{z,d}}{S \cdot A'}$ – дотичні напруження від вертикальної сили $F_{z,d}$,

S – коефіцієнт форми: відношення площі еластомеру під сталевим листом до площі бічних поверхонь;

$\tau_{xy,d} = \frac{v_{xy} \cdot G}{t_e}$ – дотичні напруження від переміщень v_{xy} ;

$\tau_{a,d} = G \cdot \frac{\alpha_d}{2 \cdot n} \cdot \left(\frac{a'}{t_i} \right)$ – дотичні напруження від кута повороту α_d ;

$\alpha_d = \alpha_{0,d} + \alpha_{w,d} + m \cdot \alpha_{t,d} + \alpha_i + \alpha_0$ – сумарний кут повороту, рад.

$\alpha_{0,d}$ – початковий кут повороту; допускається приймати = 0,01;

$\alpha_{w,d}$ – кут повороту від постійних навантажень;

$\alpha_{t,d}$ – кут повороту від транспортних навантажень;

α_i – ухил верхньої поверхні відносно підферменника;

$m = 1$ – для автомобільного і $m = 1,2$ – для залізничного навантаження.

S – коефіцієнт форми: відношення площі еластомеру під сталевим листом

до площі бічних поверхонь $S = \frac{A_1}{I_p \cdot t_e}$;

I_p – периметр сталевих листів з урахуванням отворів;

t_e – ефективна товщина шару еластомеру; для внутрішніх шарів $t_e = t_i$;

для зовнішніх шарів $t_e = 1,4 \cdot t_i$.

Р.5.1.12 Обмеження деформацій. Сумарні відносні деформації $\varepsilon_{t,d}$ від дії розрахункового навантаження E_d у будь якій точці ЕАОЧ визначають за формулою:

$$\varepsilon_{t,d} = K_L \cdot (\varepsilon_{c,d} + \varepsilon_{q,d} + \varepsilon_{a,q}), \quad (P.15)$$

де K_L – коефіцієнт навантаження: $K_L = 1,5$ – для динамічних навантажень;
 $K_L = 1,0$ – для всіх інших навантажень;

$\varepsilon_{c,d}$ – розрахункова деформація розтягу;

$\varepsilon_{q,d}$ – розрахункова деформація зсуву;

$\varepsilon_{a,q}$ – розрахункова деформація повороту.

Сумарна відносна деформація $\varepsilon_{t,d}$ не має перевищувати граничне значення $\varepsilon_{u,d}$:

$$\varepsilon_{u,d} = \varepsilon_{u,k} / \gamma_m \geq \varepsilon_{t,d}, \quad (P.16)$$

де $\varepsilon_{u,k} \leq 7$ – максимальне значення для стадії експлуатації;

$\gamma_m = 1$ – коефіцієнт надійності, якщо не передбачено інше.

Р.5.1.13 Горизонтальне переміщення зсуву ЕАОЧ на величину v_{xy} викликає реактивну силу, яку визначають за формулою:

$$R_{xy} = \frac{A \cdot G \cdot v_{xy}}{T_e}, \quad (P.17)$$

де R_{xy} – горизонтальна сила від зсуву;

A – загальна площа поперечного перерізу опорної частини;

G – модуль зсуву опорної частини;

T_e – сумарна товщина шарів еластомерного матеріалу, що зазнають зсуву.

Поворот ЕАОЧ відносно осі вздовж розміру b викликає реактивний момент, який визначають за формулою:

$$\text{– для прямокутних } M = G \cdot \frac{\alpha \cdot a'^5 \cdot b'}{n \cdot t_i^3 \cdot K_s}, \quad (\text{P.18})$$

$$\text{– для круглих } M = G \cdot \frac{\alpha \cdot \pi \cdot D^6}{512 \cdot n \cdot t_i^3}. \quad (\text{P.19})$$

Таблиця Р.7 – Коефіцієнти реактивного моменту K_s

b/a	0,5	0,75	1	1,2	1,25	1,3	1,4	1,5
K_s	137,0	100,0	86,2	80,4	79,3	78,4	76,7	75,3
b/a	1,6	1,7	1,8	1,9	2,0	2,5	10,0	∞
K_s	74,1	73,1	72,2	71,5	70,8	68,3	61,9	60,0

Р.5.1.14 Вертикальну деформацію ЕАОЧ від вертикальної сили F_z визначають як суму деформацій шарів еластомеру за формулою:

$$v_c = \sum \frac{F_z \cdot t_i}{A'} \cdot \left(\frac{1}{5 \cdot G \cdot S_i^2} + \frac{1}{E_b} \right), \quad (\text{P.20})$$

де S_i – коефіцієнт форми шару еластомеру;

$E_b = 2000$ МПа – значення модуля об'ємної пружності еластомеру.

Р.5.1.15 Горизонтальну деформацію ЕАОЧ від горизонтальної сили F_z визначають як суму деформацій шарів еластомеру за формулою:

$$v_{xy} = \frac{V_{xy} \cdot T_q}{G \cdot A'}, \quad (\text{P.21})$$

де V_{xy} – вектор горизонтальних сил;

T_q – повна товщина всіх шарів еластомеру (зовнішні включно).

Р.5.1.16 Обмеження висоти ЕАОЧ для забезпечення стійкості для прямокутних ОЧ перевіряють за формулою:

$$\frac{F_{z,d}}{A_r} < \frac{2 \cdot a' \cdot G \cdot S}{3 \cdot T_e}. \quad (\text{P.22})$$

Для круглих ОЧ, a' слід приймати як D' .

Р.5.2 Коткові опорні частини

Р.5.2.1 Основним типом розрахунків коткових і балансирних опорних частин є перевірка міцності за контактними напруженнями.

Р.5.2.2 Розрахунки міцності котка на стиск на контакті циліндра котка з плоскою поверхнею опорної плити виконують за формулою:

$$N'_{Ed} \leq N'_{Rd}, \quad (\text{Р.23})$$

де N'_{Ed} – діюча розрахункова вертикальна сила на одиницю довжини котка;

$N'_{Rd} = N'_{Rk} / \gamma_M^2$ – розрахунковий опір стиску на одиницю довжини котка;

$$N'_{Rk} = 23 \cdot r \cdot R_{un}^2 / E, \quad (\text{Р.24})$$

N'_{Rk} – характеристичне значення опору стиску на одиницю довжини котка;

r – радіус циліндричної поверхні;

R_{un} – тимчасовий опір;

E – модуль деформації;

$\gamma_M = 1,0$ – коефіцієнт надійності.

Р.5.2.3 Розрахунки міцності на контакті двох сферичних поверхонь на стиск на контакті циліндра котка з площиною опорної плити виконують за формулою:

$$N'_{Ed} \leq N'_{Rd}, \quad (\text{Р.25})$$

де N'_{Ed} – діюча розрахункова вертикальна сила на сферу;

$N'_{Rd} = N'_{Rk} / \gamma_M^3$ – розрахунковий опір на сфери на контакті;

$$N'_{Rk} = 220 \cdot \left(\frac{r_1 - r}{r_1 \cdot r} \right) \cdot R_{un}^3 / E^2; \quad (\text{Р.26})$$

N'_{Rk} – характеристичне значення опору стиску на сфери на контакті;

r_1 – радіус увігнутої поверхні;

r – радіус опуклої поверхні;

R_{un} – тимчасовий опір;

E – модуль деформації;

$\gamma_M = 1,0$ – коефіцієнт надійності.

Р.5.2.4 Розрахунки міцності на контакті сферичної поверхні на стиск з плоскою поверхнею виконують за формулою:

$$N'_{Ed} \leq N'_{Rd}, \quad (P.27)$$

де N'_{Ed} – діюча розрахункова вертикальна сила на сферу;

$N'_{Rd} = N'_{Rk} / \gamma_M^3$ – розрахунковий опір на сфери на контакті;

$$N'_{Rk} = 220 \cdot r^2 \cdot R_{un}^3 / E^2; \quad (P.28)$$

N'_{Rk} – характеристичне значення опору стиску на сфери на контакті;

r – радіус опуклої поверхні сфери;

R_{un} – тимчасовий опір;

E – модуль деформації;

$\gamma_M = 1,0$ – коефіцієнт надійності.

Р.5.2.5 Допускається, в запас міцності, виконувати перевірки міцності циліндричної поверхні на контакті з плоскою поверхнею опорної плити, з використанням значення діаметрального стиску R_{cd} .

Перевірку навантаження на коток виконують за формулою:

$$N'_{Ed} \leq N'_{Rd}, \quad (P.29)$$

де N'_{Ed} – діюча розрахункова вертикальна сила на коток;

$N'_{Rd} = N'_{Rk} / \gamma_{M0}$ – розрахунковий опір котка на стиск;

$$N'_{Rk} = R_{cd,k} \cdot d \cdot l \cdot m; \quad (P.30)$$

$R_{cd,k}$ – характеристичне значення опору діаметральному стиску одиниці

довжини котка, яке розраховують за формулами:

$$R_{cd,k} = 0,025 \cdot R_{un} \text{ для } R_{un} \leq 600 \text{ МПа,}$$

$$R_{cd,k} = \left[0,025 + 0,042 \cdot 10^{-6} \cdot (R_{un} - 600)^2 \right] \cdot R_{un} \text{ для } R_{un} > 600 \text{ МПа;}$$

d – діаметр котка;

l – довжина контакту котка;

m – коефіцієнт умов роботи (таблиця 7.1);

γ_{M0} – коефіцієнт надійності.

Р.6 Ексцентриситети зусиль від опорних частин

Допуски на планове і висотне положення опори і підферменника і граничний ексцентриситет осі обпирання відносно осі фундаменту надані в таблиці Р.8.

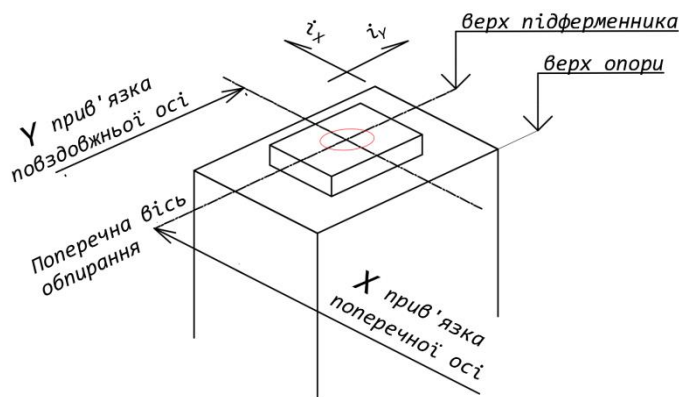


Рисунок Р.5 – Параметри, що мають контролюватися

Таблиця Р.8 – Допуски на положення опори і підферменника та граничний ексцентриситет

Параметри контролювання	Граничне значення відхилень під час встановлення ОЧ	
	на підлитий розчин	на суху поверхню підферменника
Опора, підферменник і осі обпирання (данні для проєктування)		
Відмітка верху опори, мм	± 10	
Відмітка верху підферменника, мм	± 5	± 1
Ухили підферменника по X і Y	$\pm 0,01$	$\pm 0,002$
Точність геодезичної розбивки осей X і Y, мм	± 5	
Зміщення осі обпирання відносно осі опори	0,01 ширини опори, але не більше ± 20 мм	

Р.6.1 Ексцентриситети і допуски

Р.6.1.1 Слід розрізняти ексцентриситет осі обпирання балки на опору від переміщень верхніх плит (балансирів) ОЧ від температури і ексцентриситет, від похибок у положенні нижнього балансиру ОЧ відносно осі опори.

Р.6.1.2 Ексцентриситет відносно осі опори, що виникає під час встановлення опорних частин – дорівнює величині зміщення нижньої частини опорних частин, відносно осі опори.

Р.6.1.3 Ексцентриситет, що виникає від переміщень верхніх плит (балансирів) ОЧ враховують для еластомерних і коткових опорних частин у розмірі половини величини переміщень осі обпирання балок відносно осі опор

$e = \Delta X_T / 2$. У ОЧ, що ковзають, ексцентриситети не виникають (див. рисунок Р.6).

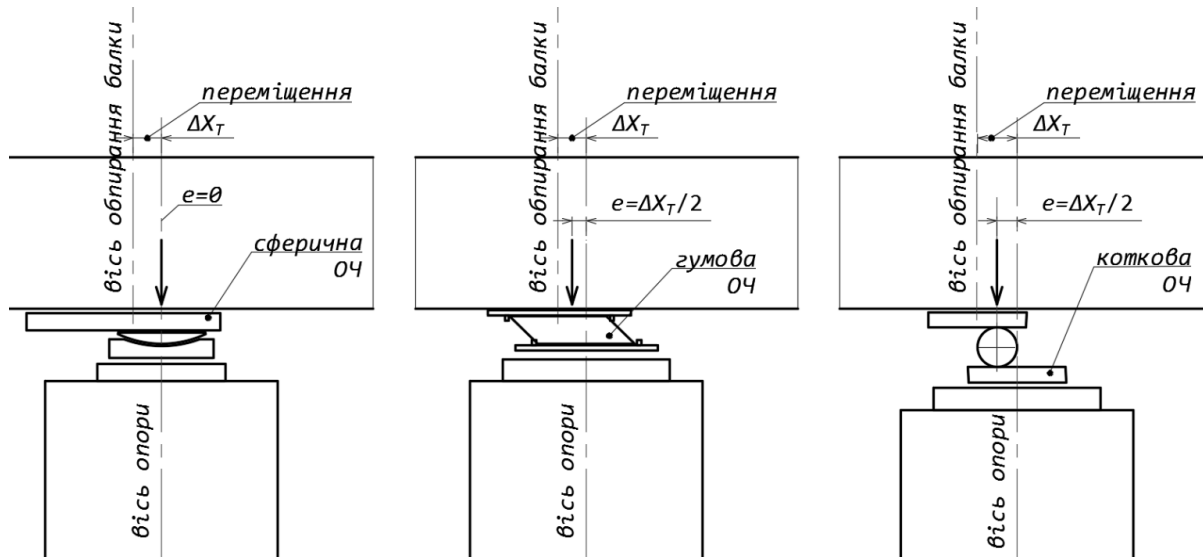


Рисунок Р.6 – Ексцентриситети, що виникають від переміщення балки

Р.6.1.4 Для сталевих нерозрізних балок прогонових будов, наприклад, під час спорудження методом поздовжнього насування, похибка в положенні опорних перерізів може збільшуватися з довжиною. Помилки пов'язані із зварювальними деформаціями в стиках окремих монтажних марок (зварювальна усадка в кожному стиковому шві може становити від 3 мм до 4 мм). Рекомендується, на кресленні монтажної схеми, надавати один монтажний стик на прогін з допусками для прирізання по місцю, і надавати допуск на положення опорних перерізів ± 20 мм, для кожного прогону і між крайніми опорними перерізами.

Р.6.1.5 У тому випадку, коли допуск на установку нижнього балансиру в проєкті не вказаний, то відносний ексцентриситет положення нижнього балансиру відносно осі опори приймають як суму похибок у положенні опорних перерізів балки і похибок під час спорудження опор:

- за рахунок похибок у довжині балки $\Delta X_{beam} \pm 20$ мм;
- за рахунок похибок під час спорудження опор $\Delta X_{pier} \pm 20$ мм.

Температурні деформації прогонової будови під час встановлення враховувати не потрібно.

Р.6.1.6 Сумарний ексцентриситет опорної реакції балки відносно осі опори

e_{total} становить суму похибок під час установки нижнього балансиру і ексцентриситету від температурних переміщень балки для еластомерних і коткових опорних частин, і знаходять за формулою:

$$e_{total} = \Delta X_T / 2 + \Delta X_{beam} + \Delta X_{pier} . \quad (P.31)$$

Р.7 Загальні вимоги до опорних частин

Р.7.1 Проєкт має передбачати:

- відсутність місць застою води або накопичення вологи на опорних частинах та поблизу від них;
- можливість видалення бруду та слідів корозії з усіх елементів опорних частин (особливо з елементів ковзання);
- можливість щорічного контролю переміщень опорних частин;
- можливість нагляду за елементами анкерування опорних частин до прогонової будови і за станом підферменників.

Р.7.2 У проєкті слід передбачити можливість заміни опорних частин, для чого визначити кількість, вантажність і висоту підйому необхідних для цього домкратів та передбачити місця для їхнього встановлення.

Р.7.3 Захист від корозії сталевих конструкцій опорних частин проєктують на розрахунковий строк експлуатації опорних частин. У разі лакофарбового покриття пошкодження не повинні перевищувати 1 % захищеної площі відповідно до Rі3 згідно з ДСТУ EN ISO 4628-3.

Р.8 Горизонтальні реакції на опори

Під час визначення горизонтальних реакцій на опори, де встановлені коткові або опорні частини, що ковзають, слід знаходити несприятливий та сприятливий коефіцієнт тертя, відповідно до Р.3.2.

Р.8.1 Визначення температурних переміщень

Р.8.1.1 Характеристичні значення температур для теплого $t_{n,T}$ і холодного $t_{n,X}$ періоду року приймають відповідно до п. 22.1 ДБН В.1.2-15. Розрахункові значення переміщень отримують з урахуванням коефіцієнта надійності $\gamma_f = 1,2$.

Р.8.1.2 Рекомендується температурні переміщення визначати враховуючи особливості, що виникають під час встановлення опорних частин. Найбільші t_w і найменші t_c значення температур рекомендується визначати за формулами:

$$t_w = T_{\max} + \Delta, \quad (\text{Р.32})$$

$$t_c = T_{n,c}, \quad (\text{Р.33})$$

$T_{\max}$ – абсолютний максимум температури повітря;

Δ – нагрів сонцем, що складає для сталевих мостів 10 °С.

t_c – температура повітря найбільш холодної п'ятиденки з забезпеченням 0,98.

Розрахунковий розмах температур (відхил від середнього значення) знаходять за формулою:

$$\Delta T_d = \Delta T_k + \Delta T_y + \Delta T_0, \quad (\text{Р.34})$$

де ΔT_k – характеристичне значення розмаху температур знаходять за формулою:

$$\Delta T_k = 0,5(|t_w| + |t_c|), \quad (\text{Р.35})$$

$\Delta T_y = 5$ °С – добавка на похибку під час встановлення;

$\Delta T_0 = 0$ °С – за можливості коригування положення ОЧ за температурою;

$\Delta T_0 = 15$ °С – без можливості коригування положення ОЧ за температурою, під час встановлення за температури повітря від мінус 10 °С до плюс 10 °С.

Р.8.2 Визначення зусиль на опори з ЕАОЧ

Р.8.2.1 Під час визначення горизонтальних зусиль на опори і центру розширення від температурних деформацій і від горизонтальних сил, слід враховувати пружність ЕАОЧ, а також пружність опор на згин, у випадках, коли їхня висота в температурній гілці відрізняється на 10 % або більше.

Р.8.2.2 Опорні частини, у розрахункових схемах, потрібно задавати стрижнями, горизонтальне переміщення верху яких відносно опори, еквівалентне переміщенню (зсуву) ЕАОЧ. У випадках різної висоти або жорсткості опор, їх також потрібно відображати в розрахункових схемах (рисунок Р.7).

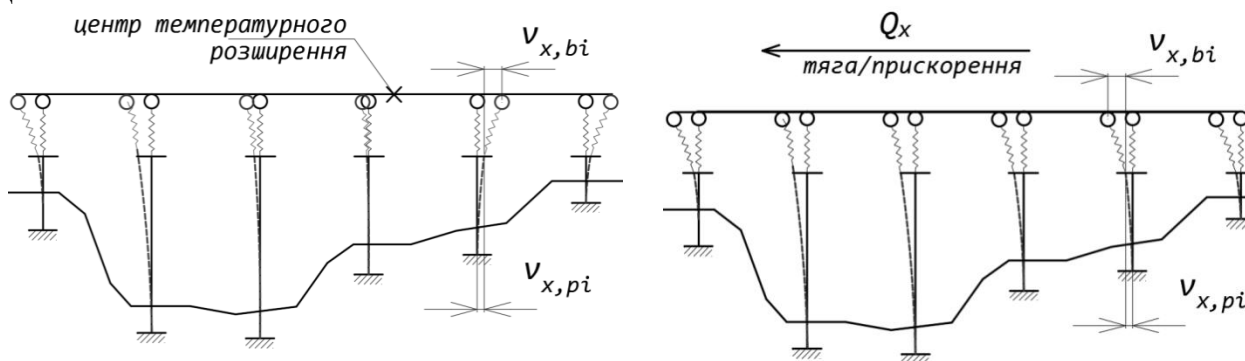


Рисунок Р.7 – Розрахункова схема для визначення горизонтальних сил на опори: ліворуч – від температури; праворуч – від сил тяги/прискорення

Р.8.2.3 Значення коефіцієнтів тертя або модулів пружності (для пружного матеріалу) приймають за даними виробника опорних частин.

Р.8.3 Визначення горизонтальних зусиль на опори від температурних переміщень

Р.8.3.1 Характеристичні значення горизонтальних зусиль на опору $F_{x,i}$, на якій встановлений один ряд опорних частин визначають за формулою:

$$F_{x,i} = \sum F_{z,a} \cdot \mu_a, \quad (\text{Р.36})$$

де $\sum F_{z,a}$ – сума вертикальних реакцій від характеристичних постійних навантажень:

μ_a – коефіцієнт тертя для несприятливої комбінації.

Якщо кількість ОЧ на опорі менше 5 шт., тоді використовують формулу:

$$F_{x,i} = \sum F_{z,a} \cdot \mu_{\max}. \quad (\text{Р.37})$$

Р.8.3.2 Характеристичні значення горизонтальних зусиль на опору F_x , на якій встановлені два кінця прогонових будов на ОЧ, що ковзають, визначають за формулою:

$$F_x = \sum F_{z,a} \cdot \mu_a - \sum F_{z,r} \cdot \mu_r, \quad (\text{Р.38})$$

де $\sum F_{z,a}$ і $\sum F_{z,r}$ – сума більших та менших вертикальних опорних реакцій для основної і компенсуючої дії;

μ_a і μ_r – коефіцієнти тертя для основної і компенсуючої дії.

Якщо кількість ОЧ на опорі менше 5 шт., тоді використовують формулу:

$$F_x = F_{z,a} \cdot \mu_{\max} . \quad (P.39)$$

Р.8.3.3 Характеристичні значення горизонтальних зусиль на опору F_H , на якій встановлені два кінця прогонових будов на ОЧ: один на рухомі, а другий на нерухомі, визначають за формулою:

$$F_H = F_{H,F} - \sum F_{z,r} \cdot \mu_r , \quad (P.40)$$

де $F_{H,F}$ – горизонтальне зусилля на нерухомі ОЧ;

$F_{z,r}$ – вертикальна реакція на рухомі ОЧ, для компенсуючої дії;

μ_r – коефіцієнт тертя для компенсуючої дії.

Якщо кількість рухомих ОЧ менше 5 шт. під кінцем прогонової будови, тоді використовують формулу:

$$F_H = F_{H,F} . \quad (P.41)$$

Р.8.3.4 Характеристичні горизонтальні зусилля на ряд нерухомих ОЧ визначають як різницю добутку суми основних і компенсуючих сил по різні боки від нерухомих ОЧ за формулою:

$$F_H = \sum F_{z,a} \cdot \mu_a - \sum F_{z,r} \cdot \mu_r , \quad (P.42)$$

де F_H – характеристичне горизонтальне зусилля на нерухомі ОЧ;

$F_{z,a}$ і $F_{z,r}$ – сума вертикальних реакцій більших та менших для основної і компенсуючої дії, по різні боки від нерухомих ОЧ.

Р.8.3.5 Розрахункове значення горизонтальних зусиль визначають за формулою:

$$F_{H,d} = \gamma_f \cdot F_H , \quad (P.43)$$

де γ_f – коефіцієнт надійності для тертя; рекомендоване значення $\gamma_f = 1,0$.

Р.8.4 Визначення горизонтальних зусиль на опори від сил тяги-гальмування

Р.8.4.1 Горизонтальні зусилля розподіляються між рухомими і нерухомими опорними частинами порівну, поки сили тертя не перевищені (за умови однакової жорсткості опор на згин).

Р.8.4.2 Після того, як утримувальна сила тертя перевищена, зусилля на

нерухому ОЧ знаходять за формулою:

$$F_{H,k} = Q_{lk} - \sum F_{z,r} \cdot \mu_r, \quad (\text{Р.44})$$

де Q_{lk} – характеристичне значення зусиль тяги-гальмування;

$F_{z,r}$ – сума вертикальних опорних реакцій на рухому ОЧ;

μ_r – коефіцієнт тертя для компенсуючої дії;

Якщо кількість рухомих ОЧ на опорі менше 5 шт., тоді використовують формулу:

$$F_{H,k} = Q_{lk}. \quad (\text{Р.45})$$

Розрахункове значення зусилля на нерухому ОЧ розраховують за формулою:

$$F_{Y,d} = Q_{ld} - \sum F_{z,r} \cdot \mu_r, \quad (\text{Р.46})$$

де $Q_{ld} = Q_{lk} \cdot \gamma_f$ – розрахункове значення зусилля тяги-гальмування;

γ_f – коефіцієнт надійності до рухомих навантажень.

Додаток С
(довідковий)
ПОЗНАКИ

Познаки величин літерами наведені у порядку їх знаходження в тексті. Якщо для розділу не наведено значення позначки, то воно має значення наведене вище (якщо не вказано, що дана позначка стосується лише певного розділу).

С.1 Позначки розділів основного тексту

Розділ 6

R_{yn} – опір текучості (характеристичне значення);

R_{un} – тимчасовий опір (характеристичне значення);

E – модуль пружності;

G – модуль зсуву;

ν^0 – коефіцієнт Пуассона у пружній стадії;

α – коефіцієнт лінійного температурного розширення.

Розділ 7

E_d – функція навантаження (значення розрахункового узагальненого впливу – зусилля, деформації тощо);

E_k – характеристичного значення функції навантаження;

R_d – функція опору (значення розрахункового узагальненого опору перерізу або з'єднання);

R_k – характеристичного значення функції опору;

m – коефіцієнт умов роботи для конкретного випадку;

γ_m – коефіцієнт надійності (враховує відхил від номінальних значень механічних властивостей матеріалу і геометричних параметрів);

γ_f – коефіцієнт надійності до навантаження;

γ_r – коефіцієнт надійності до відповідальності;

$1+\mu$ – динамічний коефіцієнт;

$R_{s,k}$ – опір зрізу; характеристичне значення;

$R_{p,k}$ – опір зминання торцевої поверхні; характеристичне значення;

$R_{lp,k}$ – опір зминання циліндричної поверхні; характеристичне значення;

$R_{w,f}$ – опір кутового шва зрізу по наплавленому металу;

$R_{w,z}$ – опір кутового шва зрізу по металу сплавлення;

$R_{w,un}$ – тимчасовий опір наплавленого металу шва;

$\gamma_{M0} - \gamma_{M7}$ – коефіцієнти надійності опору матеріалу залежно від типів розрахунків, від різновиду елементів і з'єднань; позначки надані в таблиці 7.3;

σ_x , σ_y і τ_{xy} – нормальні напруження в критичній точці вздовж осей x , y і дотичні напруження.

Розділ 8

N_{Ed} , $M_{x,Ed}$ і $M_{y,Ed}$ – діючі в перерізі розрахункова поздовжня сила і згинальні моменти відносно осей x і y ;

N_{Rd} , $M_{x,Rd}$ і $M_{y,Rd}$ – розрахункові опори перерізу поздовжній силі і згину відносно осей x і y ;

A_n – площа перерізу нетто;

b_{eff} – ефективна ширина плит;

A_{eff} , $W_{eff,x}$ і $W_{eff,y}$ – ефективні: площа, і моменти опору перерізу відносно осей x і y , відповідно;

κ_x і κ_y – коефіцієнти збільшення опору перерізів за рахунок появи обмежених пластичних деформацій, відносно головних осей x і y ;

N_{Rd} – розрахунковий опір перерізу отворами;

σ_{max} і σ_{min} – розрахункові максимальні і мінімальні (зі своїми знаками) нормальні напруження в точці, що перевіряється;

τ_1 і τ_2 – дотичні напруження в точці, що перевіряється (з урахуванням

їхніх знаків), обчислені відповідно від тих же навантажень, що і $\sigma_{\max}$ та $\sigma_{\min}$;

Q_{Ed} – розрахункова поперечна сила в перерізі;

S_x – статичний момент частини, що зазнає зсуву;

I_x – момент інерції перерізу;

t – товщина;

$Q_{pl,Rd}$ – розрахунковий пластичний опір зрізу, оцінюють виходячи з прямокутної епюри напружень в стінках;

A_Q – площа зрізу;

h_w – висота стінки;

t_w – товщина стінки;

N , M_x і M_y – поздовжня сила і згинальні моменти відносно осей x і y ;

A , I_x і I_y – площа і моменти інерції відносно осей x і y ;

u , x – координати для точки відносно головних осей;

B_ω – бімомент;

ω – секторіальна координата;

I_ω – секторіальний момент інерції;

$W_\omega = I_\omega / \omega$ – секторіальний момент опору;

$(1 - \rho)$ – зменшувальний коефіцієнт до розрахункового опору текучості для перерізів 2-го класу;

де $\rho = (2 \cdot Q_{Ed} / Q_{pl,Rd} - 1)^2$ – у випадку зрізу;

$\rho = (2 \cdot Q_{Ed} / Q_{pl,T,Rd} - 1)^2$ – у випадку крученні.

Розділ 10

λ – гнучкість;

l_{ef} – розрахункова або ефективна довжина елемента;

i – радіус інерції перерізу в напрямку осі найбільшої гнучкості;

e – розрахунковий ексцентриситет;

e_{rel} – відносний ексцентриситет;

η – коефіцієнт форми перерізу;

e_{ef} – приведений відносний ексцентриситет;

λ_{ef} – приведена гнучкість;

λ_a – гнучкість гілки наскрізного елемента;

$l_{ef,a}$ – ефективна довжина гілки наскрізного елемента;

i_a – радіус інерції перерізу гілки відносно власних осей згину;

i_{min} – мінімальний радіус інерції одної гілки;

N_{Ed} і $M_{Ed,x}$, $M_{Ed,y}$ – діючі розрахункові сила і згинальні моменти відносно осей x і y , відповідно;

N_{Rk} і $M_{Rk,x}$, $M_{Rk,y}$ – характеристичні опори стиску і опори згинальним моментам відносно осей x і y , відповідно;

A і $W_{x,c}$, $W_{y,c}$ – площа перерізу і моменти опорів для найбільш стиснутого волокна перерізу відносно осей x і y ;

N_{Rd} і $M_{Rd,x}$, $M_{Rd,y}$ – розрахункові опори стиску і опори згинальним моментам відносно осей x і y , відповідно;

γ_{M1} – коефіцієнт надійності для розрахунків стійкості, що дорівнює 1,1;

Φ_c і Φ_b – коефіцієнти поздовжнього згину для стиснутих і зігнутих стрижнів;

e_y і e_x – ексцентриситети сили N_{Ed} відносно центра ваги перерізу в напрямі осей y і x , відповідно;

η – коефіцієнт впливу форми перерізу;

$\sigma_{f,h}$ – найбільше напруження в стиснутому поясі від дії згинального моменту в горизонтальній площині в перерізі, що знаходиться в межах середньої третини незакріпленої довжини стиснутого поясу балки;

$\sigma_{f,v}$ – те саме, у вертикальній площині;

λ і λ_y – гнучкості за згинально-крутильною формою втрати стійкості.

Розділ 11

k – параметр для оцінки стійкості пластинки;

$\sigma_{x,c}$ – напруження стиску вздовж пластинки за рівномірним розподілом напружень по ширині;

b – розрахункова ширина пластинки;

t – товщина пластинки;

D – діаметр циліндричних труб;

α – коефіцієнт для оцінки стійкості пластинки;

$\sigma_{x,cr,ef}$ – приведені критичні напруження;

$\sigma_{x,cr}$ – критичні напруження для знаходження $\sigma_{x,cr,ef}$;

ν – коефіцієнт защемлення пластинки;

ξ – коефіцієнт, що враховує перекіс епюри напружень;

$\delta = b_f / h_w$ – відношення ширини поясу до ширини стінки;

$\beta = t_w / t_f$ – відношення товщини стінки до товщини поясу.

Розділ 12

μ – коефіцієнт розрахункової довжини;

ξ – коефіцієнт для розрахунку стійкості відкритих поясів;

d – відстань по довжині мосту між рамами, що утримують пояс від поперечних горизонтальних переміщень;

δ – найбільше горизонтальне переміщення вузла рами від одиничної сили;

I_m – середнє значення моменту інерції стиснутого поясу балки (ферми) відносно вертикальної осі;

l і l_{ef} – довжина прогону арки і розрахункова довжина арки;

$a = f / l$ – коефіцієнт відношення f – стрілки арки до прогону арки;

ς – коефіцієнт для розрахунку стійкості арок.

$\sigma_{\max,ef}$ – абсолютне найбільше значення нормальних напружень – додатне за розтягу;

$\tau_{\max,ef}$ – абсолютне найбільше значення дотичних напружень для розрахунків кутових швів;

γ_{fat} – коефіцієнт, що враховує зменшення розрахункового опору текучості за рахунок втоми;

ζ – коефіцієнт дорівнює 1,0 для залізничних мостів;

ν і ξ – коефіцієнти, що враховують міцність сталі і концентрацію напружень;

α і δ – коефіцієнти, що враховують марку сталі і змінність режиму навантаження;

β – ефективний коефіцієнт концентрації напружень;

ρ – коефіцієнт асиметрії циклів змінних напружень.

Розділ 15

N_d і N_c – зусилля відповідно в розкосі і розпірці в'язей;

$N_{d,l}$ і $N_{d,r}$ – зусилля в розкосі відповідно з лівої і правої сторони від розпірки;

σ_f – нормальне напруження в поясі головної ферми;

σ_{mf} – середні напруження в нижньому поясі поперечної балки;

A_d і A_c – площа перерізу відповідно розкосу і розпірки в'язей;

I – момент інерції поясу головної ферми відносно вертикальної осі;

α – кут між розкосом в'язей і поясом головної ферми;

N_c – зусилля в розпірці в'язей;

l_m – відстань між центрами вузлів прикріплення елементів до поясу;

F – опорна реакція поперечної балки;

a – відстань між віссю перерізу поясу головної ферми і віссю перерізу

поздовжньої балки;

B – відстань між осями поясів головних ферм;

l_m – довжина панелі головної ферми (відстань між поперечними балками);

H – розрахункова довжина підвіски або стояка з площини ферми;

I_{bal} – момент інерції перерізу бруто поперечної балки по середині її довжини;

I_c – момент інерції перерізу бруто підвіски чи стояка відносно осі, паралельної до площини головної ферми;

I_t – момент інерції вільного кручення поясу ферми, що примикає до поперечної балки.

Розділ 16

t_f – товщина поясу;

$b_{w,c}$ – ширина стінки поперечного ребра.

С.2 Позначки, що надані в додатках

Додаток А

M_{Rd} – граничний момент опору перерізу;

W_{el} – пружний момент опору;

R_{yn} – опір сталі текучості; характеристичне значення;

γ_{M0} – коефіцієнт надійності;

m – коефіцієнт умов роботи;

κ – коефіцієнт обмежених залишкових деформацій;

ε_{pl} – залишкові деформації;

A – площа перерізу;

a – відстань між центрами ваги половинних площ;

b_f і t_f – ширина і товщина звису поясу;

b_w і t_w – ширина і товщина стінки;

ρ – зменшувальний коефіцієнт;

α – коефіцієнт;

Q_{Ed} – діюча поперечна сила;

Q_{Rd} – розрахунковий опір перерізу зрізу;

h_w і h_w – висота і товщина стінки.

Додаток Б

R_{yn} – опір текучості (характеристичне значення), напруження за якого залишкові деформації становлять 0,2 % із забезпеченістю 95 %;

R_{un} – тимчасовий опір (характеристичне значення), напруження, яке дорівнює відношенню найбільшого навантаження, що передус руйнуванню, до початкової площі зразка;

l_i – довжина зразка;

A_0 – площа поперечного перерізу зразку;

CEV – вуглецевий еквівалент;

$R_{w,yn}$ – характеристичні значення наплавленого металу шва опору текучості;

$R_{w,un}$ – характеристичні значення наплавленого металу шва тимчасового опору.

Додаток В

b_0 – фактична ширина плити;

β – коефіцієнт редукції;

b_{eff} – ефективна ширина плити;

A_{sl} – площа поздовжніх ребер плити;

t – товщина листа настилу;

L_e – ефективна довжину прогону;

a_0 – коефіцієнт урахування площі ребер ортотропних плит;

σ_2 і σ_1 – найменші і найбільші нормальні напруження в плиті;

v_1 – коефіцієнт редукції i -того відрізка;

b_1 – ширина i -того відрізка;

α – коефіцієнт відношення напружень

ε_{yn} – деформація за напруження σ_{yn} , яку визначають за формулою

$$\varepsilon_{yn} = \sigma_{yn} / E ;$$

ε_{pl} – пластична деформація;

c_{pl} – коефіцієнт умовного зміцнення, за рахунок появи обмежених пластичних деформацій;

A_σ – площа, що дорівнює площі епюри нормальних напружень;

$\sigma_{\max}^*$ – максимальне нормальне напруження на плиті.

Додаток Г

I_t і W_t – момент інерції і момент опору перерізу;

I_p і W_p – момент полярний і полярний момент опору перерізу;

d і d_1 – зовнішній і внутрішній діаметр труби;

s і t – розміри суцільного перерізу;

α і β – коефіцієнти для підрахунку геометричних перерізів за кручення;

M_t – момент за вільного кручення;

S_i і t_i – довжина і товщина i -тої ділянки контуру;

s – довжина середньої лінії тонкостінного перерізу постійної товщини, або більший розмір перерізу прямокутного бруса;

t – товщина стінки тонкостінного перерізу, або менший розмір перерізу прямокутного бруса;

A – площа, що утворена середньою лінією замкнутого контуру тонкостінного перерізу;

I_p , I_x , I_y і r – моменти інерції полярний, відносно осі x , відносно осі y і

радіус круглого перерізу;

G і E – модуль зсуву і модуль пружності;

M_ω – момент за стисненого кручення;

B_ω – бімомент;

I_ω – секторіальний момент інерції;

S_ω – секторіальний статичний момент;

ω – секторіальна площа (координата);

$W_\omega = I_\omega / \omega$ – секторіальний момент опору;

t – товщина стінки профілю;

e_{rel} – відносний ексцентриситет;

η – коефіцієнт форми поперечного перерізу;

$\bar{\lambda}$ – умовна гнучкість;

λ , λ_x , λ_y , – гнучкість, гнучкості відносно осей;

λ_{ef} – приведена гнучкість;

N_{cr} – критична сила;

M_{cr} – критичний згинальний момент;

A_f – площа полиць;

A_w – площа стінок;

M – найбільше значення згинального моменту по довжині стрижня;

φ , φ_c , φ_b – коефіцієнти поздовжнього згину;

N_x – критична сила за згину вздовж осі y ;

N_y – критична сила за згину вздовж осі x ;

N_ω – критична сила за кручення;

E і G – модуль деформації і модуль зсуву;

L_x і L_y – ефективні довжини елементів за згину вздовж осей x та y ;

A , I_x , I_y , I_T – площа, моменти інерції відносно осей x та y , і момент інерції за вільного кручення;

I_ω – секторіальний момент інерції;

a_{cr} – числовий параметр, за якого конструкція втрачає стійкість.

$e_{ef,M1}$ – ексцентриситет;

M_1 – найбільший момент у кінцевому перерізі стрижня;

M_2 – найменший момент у кінцевому перерізі стрижня;

η – коефіцієнт форми перерізу;

$\delta = M_2 / M_1$ – коефіцієнт форми епюри моментів;

$M_{\max}$ – найбільший згинальний момент у межах довжини стрижня;

M_1 – найбільший згинальний момент у межах середньої третини довжини стрижня, але не менше, ніж $0,5 \cdot M_{\max}$;

N_{cr} і M_{cr} – критичні зусилля;

$a_{ult,k}$ – мінімальне значення коефіцієнта збільшення розрахункового навантаження для досягнення граничного стану за міцністю для найбільш навантаженого елемента;

a_{cr} – мінімальне значення коефіцієнта зростання навантаження для досягнення граничного стану за стійкістю;

φ , – коефіцієнт для розрахунку стійкості;

χ – редуційний (зменшувальний) коефіцієнт;

b_f і t_f – ширина і товщина стиснутого поясу;

h – відстань в осях поясів.

Додаток Е

N – поздовжня сила (позитивна за стиснення), що діє на переріз мосту;

M – згинальний момент (найбільший) у розрахунковому перерізі мосту;

Q – поперечна сила (найбільша) в розрахунковому перерізі мосту;

p – розподілена сила (по y), прикладена до поясу;

F – зосереджена сила (по y), прикладена до поясу;

S_x – потік поздовжніх зусиль по x від локальних дій;

S_y – потік поздовжніх зусиль по y від локальних дій;

S_{xy} – потік дотичних напружень від локальних дій;

I – момент інерції перерізу мосту;

S_i – статичний момент по крайках i -го відсіку;

n – кількість відсіків по висоті;

i – відсік, що розглядається;

h_w – висота стінки;

h_i – висота i -го відсіку;

a_i – ширина i -го відсіку;

t_i – товщина i -го відсіку;

C_{ef} – довжина розподілення прикладеної до поясу сили на рівні кромки стінки;

Y_i – ордината рівня розрахунку напружень в i -тому відсіку від навантаженого поясу;

$\sigma_{x,i,\max}$, $\tau_{x,i,\max}$ – максимальні напруження в i -тому відсіку; нормальні (позитивні за стиснення) і дотичні (позитивні завжди);

$\sigma_{x,i,\min}$, $\tau_{x,i,\min}$ – мінімальні напруження в i -тому відсіку; нормальні (позитивні за стиснення) і дотичні (позитивні завжди);

$\sigma_{y,i,\max}$ – максимальні поперечні напруження в i -тому відсіку (позитивні за стиснення);

d_i – менша із сторін i -го відсіку a_i або h_i ;

$\xi_i = 1 - \sigma_{x,i,\min} / \sigma_{x,i,\max}$ – коефіцієнт перекосу епюри напружень у межах i -

го відсіку;

$\mu_i = a_i / h_i$ – коефіцієнт форми i -го відсіку;

$\mu_1 = \mu$ коли $a_i \geq h_i$, інакше $\mu_1 = 1/\mu$;

χ – коефіцієнт пружного утримання стінки поясом балки;

z – коефіцієнт, що враховує форму відсіку;

δ – коефіцієнт, що враховує форму відсіку;

$\sigma_{x,cr,ef}$, $\sigma_{z,cr,ef}$ і $\tau_{xz,cr,ef}$ приведені критичні нормальні і дотичні

напруження;

ε – коефіцієнт враховує відношення сторін відсіку і ступінь перекосу епюри напружень по висоті стінки;

ς – коефіцієнт враховує локальний характер дії зосередженої сили;

γ – коефіцієнт враховує защемлення пластинки стінки поясом балки;

t_f і b_f – товщина і ширина поясу балки;

t_i і h_i – товщина і висота відсіку стінки;

ω_1 – коефіцієнт враховує форму епюри нормальних напружень;

χ – коефіцієнт враховує пружне защемлення відсіку стінки поясом;

l – прогін поздовжнього ребра між поперечними балками;

I_p – полярний момент інерції ребра відносно листа настилу;

b_1 і t_1 – висота і товщина стінки ребра;

b_2 і t_2 – ширина і товщина полиці ребра;

e – відстань від центру ваги тавра до листа настилу;

I_x і I_y – моменти інерції відносно осей x і y ;

I_ω – секторіальний момент інерції за стисненого кручення;

I_t – момент інерції перерізу тавра за чистого кручення;

A – площа тавра;

L – прогін поперечної балки;

l – відстань між поперечними балками;

I_s – момент інерції поперечної балки;

$A_{s,l}$ – площа повного перерізу поздовжнього ребра;

$I_{s,l}$ – момент інерції повного перерізу поздовжнього ребра;

k – число поздовжніх ребер;

ψ – коефіцієнт: 0,055 коли $k = 1$; 0,15 коли $k = 2$; 0,2 коли $k \geq 3$;

α – коефіцієнт;

l – відстань між поперечними балками;

L – прогін поперечних балок;

l_{ef} – розрахункова довжина поздовжніх ребер;

ω – коефіцієнт - функція від α ;

α – коефіцієнт оцінює жорсткість поперечної балки;

ξ – коефіцієнт, що враховує деформацію листа з ребрами з площини;

I_t – момент інерції перерізу поздовжнього ребра за вільного кручення;

t – товщина листа настилу;

b_1 – відстань між поздовжніми ребрами.

Додаток Ж

R_{yn} – характеристичне значення опору текучості;

$\Delta\sigma$ – розмах нормальних напружень від діючих розрахункових навантажень;

$\Delta\tau$ – розмах дотичних напружень від діючих розрахункових навантажень;

$\Delta\sigma_{R,n}$ – пороги витривалості нормальних напружень за певної кількості циклів навантажень n ;

$\Delta\sigma_c$ – поріг витривалості для 2 млн циклів;

$\Delta\sigma_D$ – поріг витривалості для 5 млн циклів;

$\Delta\sigma_L$ – поріг витривалості для 5 млн циклів;

$\Delta\tau_{R,n}$ – пороги витривалості дотичних напружень за n циклів навантажень;

$\Delta\tau_c$ – поріг витривалості для 2 млн циклів;

$\Delta\tau_D$ – поріг витривалості для 5 млн циклів;

$\Delta\tau_L$ – поріг витривалості для 5 млн циклів;

γ_{fM} – коефіцієнт надійності з оцінки порога витривалості;

P_k – характеристичний тиск осі тандему;

γ_s – коефіцієнт, що враховує локальне навантаження;

γ_f – коефіцієнт надійності за навантаженням;

$1+\mu$ – динамічний коефіцієнт;

N – кількість циклів навантажень за період експлуатації мосту;

n_D – кількість днів у році;

n_Y – розрахунковий строк експлуатації мосту в роках;

n_C – кількість циклів від проходу одного потягу;

n_T – середня денна кількість потягів, що проходять в одному напрямку по мосту за день;

N – кількість циклів розмаху напружень від проходу одного тандему в одному напрямку по мосту протягом розрахункового строку експлуатації;

$n_D = 365$ – число днів у році;

$n_Y = 100$ – розрахунковий строк експлуатації мосту;

$n_C = 1$ – число циклів від проїзду одного тандему в одному напрямку;

n_T – середня денна кількість тандемів, що проходять по мосту в одному напрямку по одній смузі;

N_i – гранична кількість циклів;

$n_1, n_2 \dots n_i$ – це фактична кількість прогнозованих циклів для розмахів діючих напружень $\Delta\sigma_1, \Delta\sigma_2 \dots \Delta\sigma_i$.

Додаток И

β – ефективні коефіцієнти концентрації напружень;

m_f – коефіцієнт, що враховує вплив зсувів з'єднаних елементів.

Додаток К

A – відстань від краю отвору до кромки провушини вздовж зусилля;

B – відстань від краю отвору до кромки провушини поперек зусилля;

C – проміжок між площинами листів провушин;

d – діаметр пальця;

d_0 – діаметр отвору;

n – кількість площин зрізів (болтів тощо);

t – товщина провушини;

e_1 – відстань від кромки елемента з'єднання вздовж зусилля;

e_2 – відстань від кромки елемента з'єднання поперек зусилля;

p_1 – відстань від між болтами вздовж зусилля;

p_2 – відстань від між болтами поперек зусилля;

A_b , A_r і A_p – площа стрижня болта, заклепки або пальця;

A_s – площа площини зрізу;

A_{net} – площа болта нетто;

R_u – тимчасовий опір елементів з'єднання; характеристичне значення;

R_{un} – тимчасовий опір (характеристичне значення);

R_{ub} – тимчасовий опір болта (характеристичне значення);

R_{yn} – опір текучості (характеристичне значення);

F_{Ed} – розрахункова сила;

$F_{Ed,ser}$ – сила у граничному стані за експлуатаційною придатністю від
характеристичних навантажень;

F_{Rd} – розрахунковий опір;

$F_{Rd,ser}$ – опір у граничному стані за експлуатаційною придатністю від

характеристичних навантажень;

M_{Ed} – розрахунковий момент у пальці;

c – проміжок між площинами листів провушин;

t_1 – товщина парної провушини;

$M_{Ed,ser}$ – діючий момент у пальці у граничному стані за експлуатаційною придатністю від характеристичних навантажень.

Додаток Л

k – коефіцієнт розривного зусилля;

N_{Ed} – розрахункова найбільша сила в канатному елементі;

N_{Rd} – граничне розрахункове значення опору канатного елемента;

N_{Rk} – характеристичне значення розривного зусилля канатного елемента з анкерами;

m – коефіцієнт умов роботи;

m_k – коефіцієнт умов роботи канатного елемента;

m_1 – коефіцієнт умов роботи для несних канатних елементів мостів;

m_2 – коефіцієнт умов роботи для канатів з урахуванням перегинання;

$\gamma_{M2} = 1,6$ – коефіцієнт надійності каната;

N_{min} мінімальне розривне зусилля каната в цілому;

s – коефіцієнт зменшення несної спроможності за рахунок ослаблення опору в анкерах;

d – діаметр каната;

R_r – мінімальне розривне напруження дротів каната;

A_{cross} – площа металевого перерізу;

L_1 – довжина каната на контакт з сідлом від характеристичних найбільш несприятливої комбінації навантажень, включаючи ефект провисання канатів;

L_2 – додаткове ложе для контакту;

R – радіус сідла;

d' – діаметр відбитка на контактi каната з сідлом;

$\Delta\sigma_c$ – поріг витривалості для 2 млн циклів.

Додаток М

t_D – товщина листа настилу;

$h_{w,cross}$ – висота стінки поперечної балки;

$t_{f,cross}$ – товщина поясу поперечної балки;

h_{stif} – висота поздовжнього ребра;

t_{stif} – товщина стінки ребра;

h_w – товщина стінки поперечної балки;

e_{sL} – відстань в осях поздовжніх ребер;

e_r – відстань в осях стінок поздовжніх ребер;

l – відстань між поперечними балками;

L – відстань між головними балками;

h_s – товщина покриття проїзду;

t_D – товщина листа настилу;

e_{sL} – відстань між ребрами;

e_r – відстань між стінками ребер;

h_{stif} – висота ребра;

l – відстань між поперечними балками;

h_{cross} – висота стінки поперечних балок;

t_{stif} – товщина ребра;

$t_{w,cross}$ – товщина стінки поперечної балки;

$t_{f,cross}$ – товщина поясу поперечної балки;

e_E – відстань до крайньої поперечної балки;