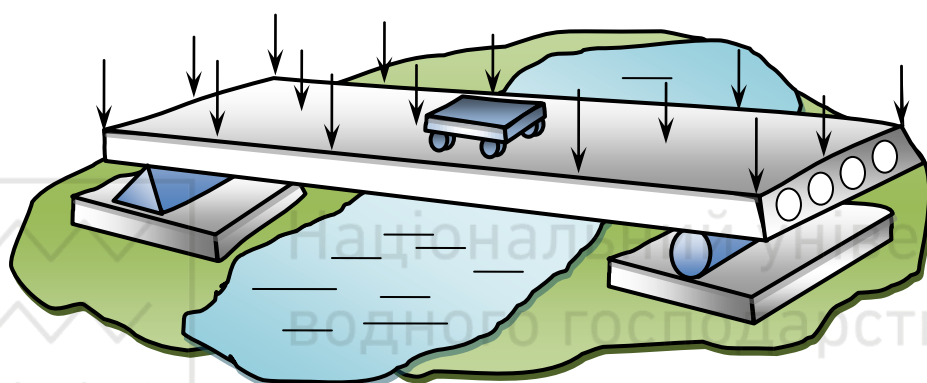




Міністерство освіти і науки України
Національний університет водного господарства і
природокористування
Кафедра міського будівництва і господарства

03-04-059



МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до практичних занять та виконання курсового проекту (проектування прольотної будови мостового переходу) з навчальної дисципліни «Міські інженерні споруди» для здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського) рівня за спеціальністю 192 «Будівництво та цивільна інженерія» спеціалізації «Міське будівництво і господарство» усіх форм навчання

Рекомендовано методичною
комісією зі спеціальності 192
«Будівництво та цивільна інженерія»
Протокол № 6 від 25.06.2019 р.

Методичні вказівки до практичних занять та виконання курсового проекту (проектування прольотної будови мостового переходу) з навчальної дисципліни «Міські інженерні споруди» для здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського) рівня за спеціальністю 192 «Будівництво та цивільна інженерія» спеціалізації «Міське будівництво і господарство» усіх форм навчання / Кочкар'єв Д. В., Гомон С. С. – Рівне : НУВГП, 2019. – 26 с.

Укладачі: Кочкар'єв Д. В., д.т.н., проф., доцент кафедри міського будівництва і господарства; Гомон С. С., к.т.н., доцент кафедри міського будівництва і господарства.

Відповідальний за випуск: Ткачук О. А., д.т.н., професор, завідувач кафедри міського будівництва і господарства.



Національний університет
водного господарства
та природокористування



ЗМІСТ

	стор.
ПЕРЕДМОВА.....	4
1. РОЗРАХУНОК ОДНОПРОЛЬОТНОЇ БУДОВИ МОСТА ІЗ ЗБІРНИХ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ ЕЛЕМЕНТІ ПЛИТНОГО ТИПУ.....	5
1.1. Визначення розрахункової схеми моста.....	5
1.2. Збір навантажень.....	5
1.2.1. Розрахунок постійних навантажень.....	5
1.2.2. Тимчасові навантаження, визначення коефіцієнтів поперечної установки.....	8
1.2.3. Нормативні значення тимчасових навантажень, коефіцієнтів динамічності та коефіцієнтів надійності за навантаженням.....	10
1.3. Визначення внутрішніх зусиль в елементах прольотної будови.....	11
1.3.1. Розрахунок згинаючих моментів.....	11
1.3.2. Визначення поперечних сил.....	13
2. ОСОБЛИВОСТІ РОЗРАХУНКУ БЕЗДІАФРАГМОВОЇ ПРОЛЬОТНОЇ БУДОВИ БАЛОЧНОГО ТИПУ.....	15
2.1. Розрахунок плити прольотної будови.....	15
2.1.1. Розрахункова схема та збір постійних навантажень.....	15
2.1.2. Збір тимчасових навантажень на плиту.....	16
2.1.3. Визначення внутрішніх зусиль в плиті прольотної будови.....	19
2.2. Особливості визначення коефіцієнтів поперечної установки.....	24
3. КОНСТРУКТИВНИЙ РОЗРАХУНОК ЕЛЕМЕНТІВ ПРОЛЬОТНОЇ БУДОВИ.....	24
ЛІТЕРАТУРА.....	25
ДОДАТОК.....	26



ПЕРЕДМОВА

Метою викладання курсового проекту з навчальної дисципліни «Міські інженерні споруди» є набуття навичок проектування спеціальних інженерних споруд, зокрема мостів, естакад і шляхопроводів, а також закріпити знання, отримані при вивченні теоретичного курсу. Інакше кажучи, майбутні фахівці за професійним спрямуванням “Міське будівництво і господарство” повинні **вміти**: компонувати об’ємно-планувальні та конструктивні схеми міських споруд транспортного призначення; складати розрахункові схеми спеціальних інженерних споруд і їх окремих елементів; збирати навантаження та визначати зусилля в конструкціях від їх власної маси та дії зовнішніх навантажень; виконувати розрахунки окремих елементів споруд за першою і другою групою граничних станів та здійснювати їх конструювання; розробляти заходи щодо захисту конструкцій будівель і споруд від агресивної дії навколишнього середовища та ґрунтових вод; досліджувати і оцінювати реальний стан та забезпечувати нормальні умови експлуатації міських інженерних споруд.

При виконанні зазначеного розділу курсового проекту студенти повинні здійснити об’ємно-планувальне та конструктивне компонування мостового переходу, виконати статичний, а в окремих випадках (відповідно до завдання) ще й конструктивний розрахунок прольотної будови.

Виконання зазначеної частини курсового проекту вимагає від кожного студента: глибоких знань теоретичного матеріалу з основ проектування транспортних споруд; активної роботи з нормативною, навчальною та методичною літературою; вміння втілювати отримані на лекційних та практичних заняттях знання і навички в конкретні розрахунки та проектні рішення.

Даний розділ курсового проекту складається з розрахунково-пояснювальної записки об’ємом 10-15 (20*) сторінок рукописного тексту та з графічної частини об’ємом 1 (2*) - х аркушів формату А3.

У відповідному розділі дипломного проекту крім всього вищезазначеного слід обов’язково здійснити конструктивний розрахунок та виконати армування несучого елемента прольотної будови.



1. РОЗРАХУНОК ОДНОПРОЛЬОТНОЇ БУДОВИ МОСТА ІЗ ЗБІРНИХ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ ЕЛЕМЕНТІВ ПЛИТНОГО ТИПУ

1.1. Визначення розрахункової схеми моста

В статичному відношенні міст являє собою однопролітну балку (рис. 1.1) з розрахунковим прольотом

$$l_p = l - 2l_c = \dots(\text{м}). \quad (1.1)$$

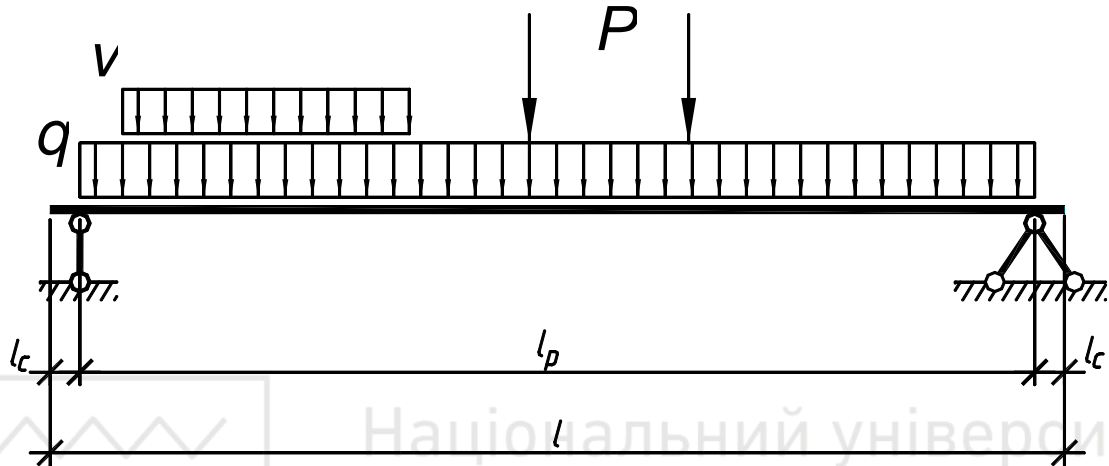


Рис. 1.1. Розрахункова схема прольотної будови моста

1.2. Збір навантажень

1.2.1. Розрахунок постійних навантажень

Збір навантажень здійснюємо на 1 метр погонний прольотної будови моста.

Нормативне навантаження від власної маси елементів прольотної будови обчислюємо за формулою

$$q_{p,n} = t_{np} b_p \gamma n = \dots (\text{кН/м}). \quad (1.2)$$

де t_{np} - приведена товщина бетону елемента, м;

b_p - ширина елемента, м;

γ - густина залізобетону (25 кН/м^3);

n - кількість елементів прольотної будови в поперечному перерізі мосту, шт. (рис. 1.2).

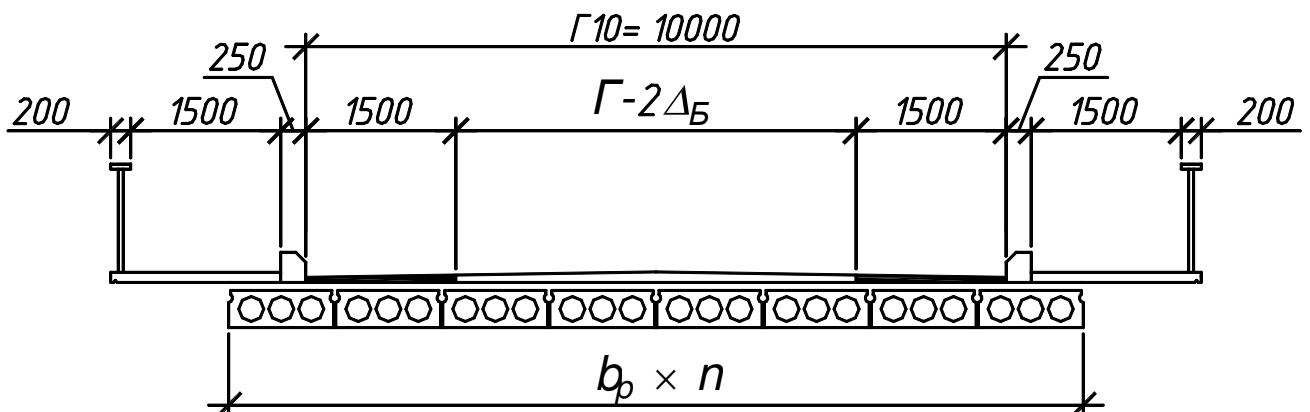
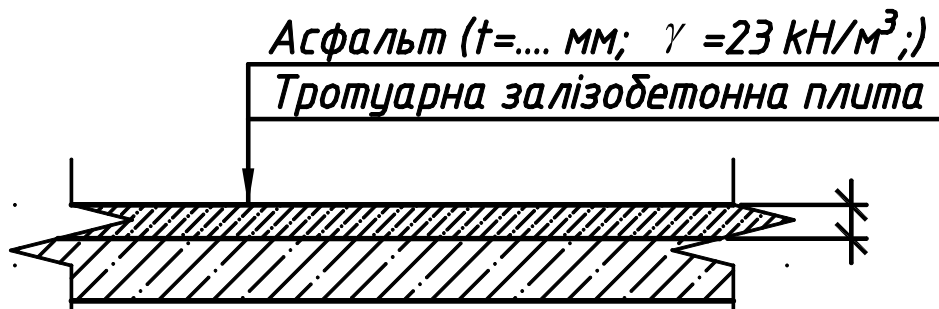


Рис. 1.2. Поперечний переріз прольотної будови мосту

Нормативне навантаження від власної маси двох тротуарів шириною $b_{tp} = 1,5\text{ м}$ і перилами (за типовим проектом нормативна вала тротуарного елемента $q_{t,n} = 15\text{ кН/м}$) складає

$$q_{T,n} = 2q_{t,n} = \dots \text{ (кН/м)}. \quad (1.3)$$

Збір навантаження від власної маси дорожнього покриття зведемо до табл. 1.1. Конструкції дорожніх покриттів проїзної частини та тротуару приведені на рис. 1.3 і рис. 1.4.



Нормативне навантаження від кожного шару покриття обчислюємо за формулою

$$q_{i,n} = t_i b_{bn,i} \gamma_i = \dots \text{ (кН/м)}, \quad (1.4)$$

де t_i - товщина шару покриття, м;

$b_{bn,i}$ - ширина вантажної площі шару покриття, м;

γ_i - густина матеріалу шару покриття, кН/м^3 .



Таблиця 1.1

Навантаження від власної маси дорожнього покриття

№ з/п	Вид навантаження (шар покриття)	Нормативне навантаження $q_{i,n}, \text{кН / м}$	Коефіцієнт надійності за навантаженням γ_f	Розрахункове навантаження $q_i, \text{кН / м}$
1	2	3	4	5
Проїзна частина				
1.	Асфальтобетон ($t_1 \Gamma \gamma_1 =$)			
2.	Армований бетон ($t_2 \Gamma \gamma_2 =$)			
3.	Гідроізоляція ($t_3 \Gamma \gamma_3 =$)			
4.	Цементна стяжка ($t_4 \Gamma \gamma_4 =$)			
Тротуар				
5.	Асфальтобетон ($t_5 2b_{tp} \gamma_5 =$)			
	Разом	$\Sigma q_{i,n} =$		$\Sigma q_i =$

Відповідно до [3] нормативне навантаження від рухомого складу автотранспорту необхідно приймати:

- від автотранспорту у вигляді смуг АК, кожна з яких включає (рис. 1.5, а):

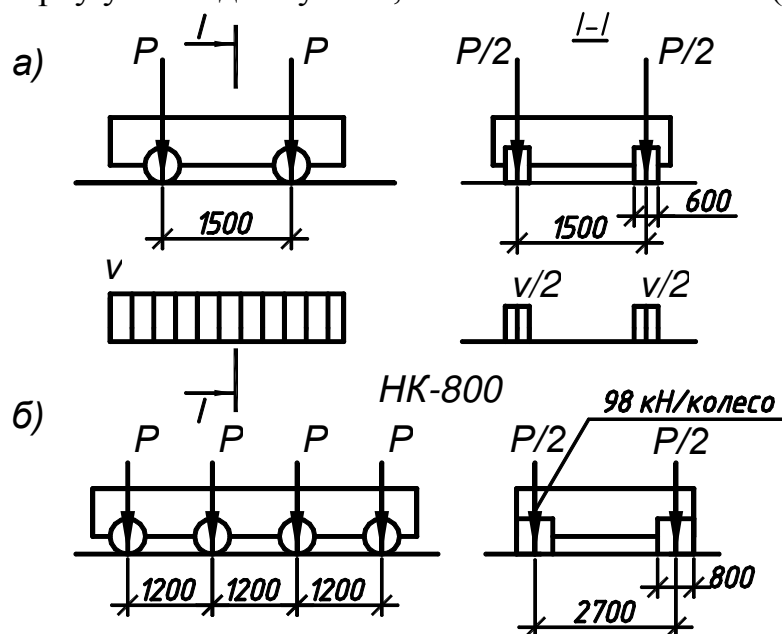


Рис. 1.5. Схеми навантажень від рухомого складу автотранспорту:

- а) автомобільне навантаження АК у вигляді одиночного возика з тиском на вісь P і рівномірно розподіленого навантаження інтенсивністю v ; б) важке одиночне навантаження НК-800

- один двоосний возик з осьовим навантаженням $P = 9,81\text{К}$ (кН);



- рівномірно розподілене навантаження інтенсивністю $v = 0,98K$ (кН/м) на обидві колії (для мостів на дорогах I - III категорій клас навантаження необхідно приймати рівним $K = 11$);

- від важких одиночних навантажень: для мостів, що проектуються під навантаження A11 – у вигляді колісного навантаження (однієї чотирьохосної машини НК-800) загальною масою 785 кН (80 тс), рис. 1.5, б.

Вважаємо, що навантаження від власної маси конструкцій прольотної будови та покриття проїзної частини розподіляється між n елементами (плитами) прольотної будови порівну і складає:

- від власної маси конструкцій

$$q_{k,n} = (q_{P,n} + q_{T,n}) / n = \dots \text{ (кН/м);} \quad (1.5)$$

- від асфальтного покриття проїзної частини й тротуарів, вирівнюючого, ізоляційного та захисних шарів дорожнього покриття

$$q_{g,n} = \sum q_{i,n} / n = \dots \text{ (кН/м).} \quad (1.6)$$

Для визначення розрахункових навантажень коефіцієнти надійності за навантаженням від власної маси конструкцій та всіх шарів дорожнього покриття (γ_f) приймати за [2,3].

1.2.2. Тимчасові навантаження, визначення коефіцієнтів поперечної установки

Величину розрахункового тимчасового навантаження на один елемент (плиту) прольотної будови визначаємо за допомогою коефіцієнтів поперечної установки. Цей коефіцієнт показує, яка частина від тимчасового навантаження передається на конкретну плиту (елемент). Як правило, найбільш навантаженими є крайні елементи. Тому розраховують саме їх, а всі інші елементи (плити) приймають аналогічними.

Розрахунок коефіцієнтів поперечної установки виконуємо методом позацентрального стиску, виходячи з того, що прольотна будова в поперечному напрямку працює як жорстка конструкція (для мостів з довжиною L , більшою за їх ширину B , крутильною жорсткістю можна нехтувати).

Ординати лінії впливу під центрами ваги крайніх плит прольотної будови мостового переходу обчислюємо за формулою

$$\eta_{1,2} = \frac{1}{n} \pm \frac{a_K^2}{2\sum a_i^2}, \quad (1.7)$$

де a_K - відстань між центрами ваги крайніх плит в поперечному напрямку прольотної будови;

a_i - відстань між центрами ваги відповідних плит в поперечному напрямку прольотної будови (симетрично центральній осі поперечного перерізу прольотної будови).

Розрахунок міцності конструкцій моста необхідно виконувати за двох випадків дії навантаження АК, при яких у розглянутих елементах виникають найбільші зусилля:

- перший – передбачає невідгідне розташування на проїзній частині (в яку не входять смуги безпеки) числа смуг навантаження не більше числа смуг руху (рис. 1.6, а);
- другий – передбачає при ненавантажених тротуарах невідгідне розміщення на всій ширині їздового полотна (в яке входять смуги безпеки) двох смуг навантаження (рис. 1.6, б).

При цьому для всіх випадків навантаження АК необхідно виконати основні умови:

- число смуг навантаження на мосту не повинно перевищувати встановленого числа смуг руху;
- відстань між осями суміжних смуг навантаження повинна бути ≥ 3 м.

Навантаження НК-800 необхідно розташовувати на краю проїзної частини (в яку не входять смуги безпеки, рис. 1.6, в).

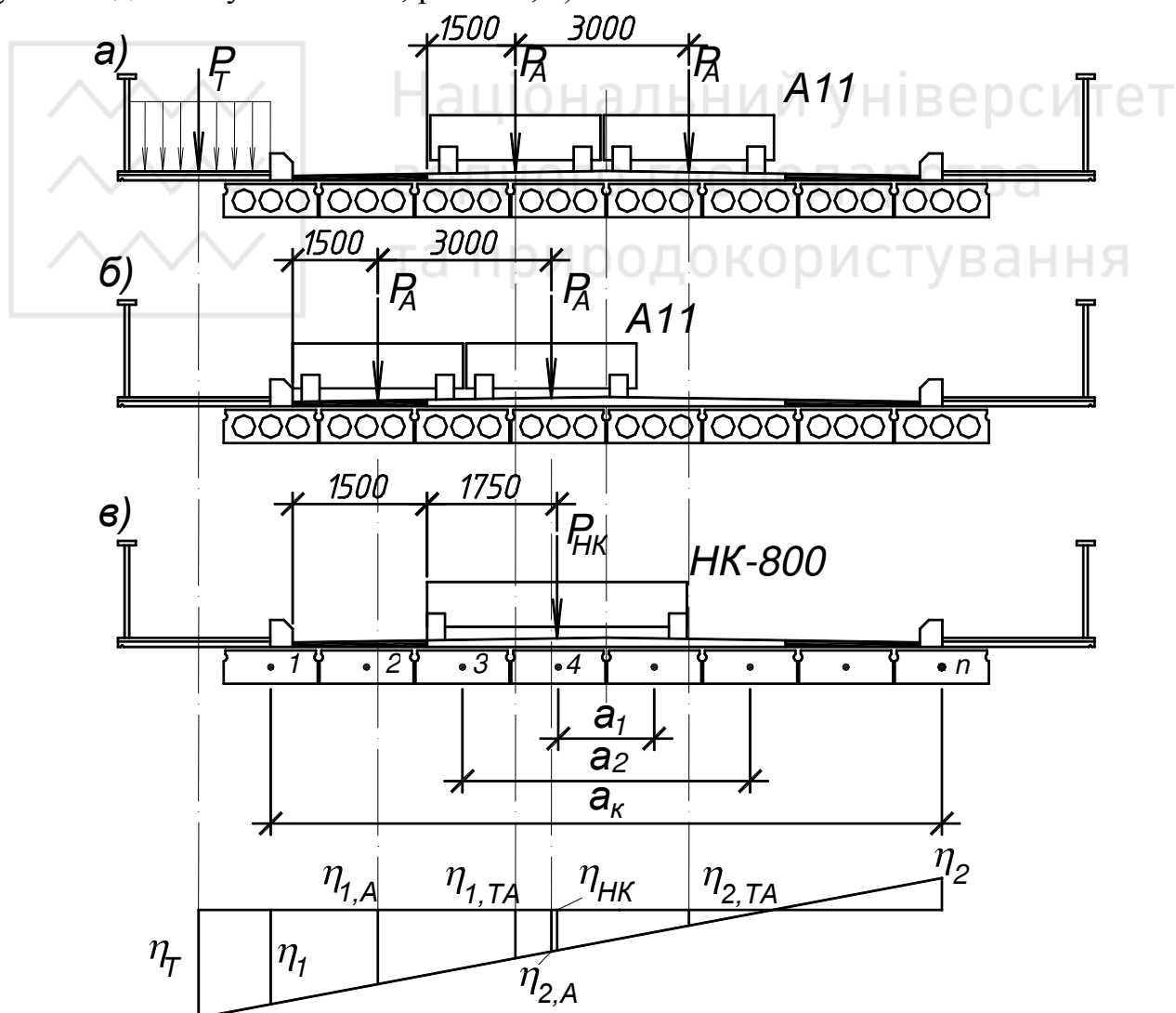


Рис. 1.6. До визначення КПУ за дії навантажень: а) автомобільного А11 та з тротуарів Т; б) автомобільного А11; в) важкого НК-800; г) лінія впливу η



Коефіцієнти поперечної установки визначають для кожного виду тимчасового навантаження (рис. 1.6).

Для навантаження А11 визначаємо наступні значення коефіцієнта поперечної установки:

- $KПУ_{ТА,С}$ (для смугового навантаження) та $KПУ_{ТА,В}$ (для возика) за рис. 1.6, а, г;
- $KПУ_{А,С}$ (для смугового навантаження) та $KПУ_{А,В}$ (для возика) за рис. 1.6, б, г.

Кожен із зазначених коефіцієнтів обчислюємо за формулою

$$KПУ_i = \eta_{1,i} S_1 + \eta_{2,i} S_2 = \dots, \quad (1.8)$$

де $\eta_{1,i}$, та $\eta_{2,i}$ - ординати ліній впливу тиску під центрами відповідних смуг руху (навантаження), рис. 1.6, г;

S_1 та S_2 - коефіцієнти, що враховують ймовірне неповне завантаження відповідних смуг руху автомобілями.

Навантаження з першої смуги руху необхідно приймати з коефіцієнтом $S_1=1,0$. Для другої та інших смуг руху навантаження А11 приймають із коефіцієнтом: $S_2=1,0$ - для возиків і $S_2=0,6$ - для рівномірно розподіленого навантаження.

Коефіцієнт поперечної установки від натопву на тротуарах приймають

$$KПУ_T = \eta_T. \quad (1.9)$$

Коефіцієнт поперечної установки важкого навантаження НК-800 дорівнює

$$KПУ_{НК} = \eta_{НК}. \quad (1.10)$$

1.2.3. Нормативні значення тимчасових навантажень, коефіцієнтів динамічності та коефіцієнтів надійності за навантаженням

Нормативні значення тимчасових навантажень складають:

- для автомобільного А11:
 - на вісь возика $P_A = 9,81K = 9,81 \cdot 11 = 108,0$ кН;
 - від смугового навантаження $\nu = 0,981K = 0,981 \cdot 11 = 10,8$ кН;
- для важкого НК-80 на одну вісь машини $P_{НК} = 785 / 4 = 196,0$ кН;
- від натопву на тротуарах

$$P_T = 4,0 - 0,02\lambda = \text{кПа} \geq 2,0 \text{кПа}; \quad (1.11)$$

де λ - довжина завантаження тротуару, рівна довжині прольоту ($\lambda = l_p$).

Коефіцієнт динамічності автомобільного навантаження А11 для возика і смугового навантаження знаходять за формулою

$$(1 + \mu)_A = 1 + \frac{45 - \lambda}{135} = \dots \geq 1,0. \quad (1.12)$$

При $\lambda \geq 5\text{м}$ коефіцієнт надійності динамічності важкого навантаження НК-80 приймають рівним



$$(1 + \mu)_{HK} = 1,1.$$

Коефіцієнти надійності за навантаженням приймають за [3] рівними:

- $\gamma_{f, HK} = 1,0$ - для важкого навантаження НК-80;
- $\gamma_{f, T} = 1,2$ - для навантаження від натовпу на тротуарах.

Для автомобільного навантаження А11 коефіцієнт надійності за навантаженням приймають:

- для смугового навантаження $\gamma_{f, AC} = 1,2$;
- для возика – за формулою

$$\gamma_{f, AV} = 1,5 - 0,01\lambda = \dots \geq 1,2. \quad (1.13)$$

1.3. Визначення внутрішніх зусиль в елементах прольотної будови

1.3.1. Розрахунок згинаючих моментів

Для визначення згинаючих моментів в прольоті несучого елемента побудуємо епюру лінії впливу моменту на прольотну будову моста (рис. 1.7, в) та знайдемо площу цієї епюри за формулою

$$\omega_M = \frac{1}{2} l_p \frac{l_p}{4} = \frac{l_p^2}{8} = \dots \quad (1.14)$$

Згинаючі моменти в плитах (елементах) прольотної будови визначаємо від комбінації постійних та тимчасових навантажень шляхом завантаження вищезазначеної лінії впливу.

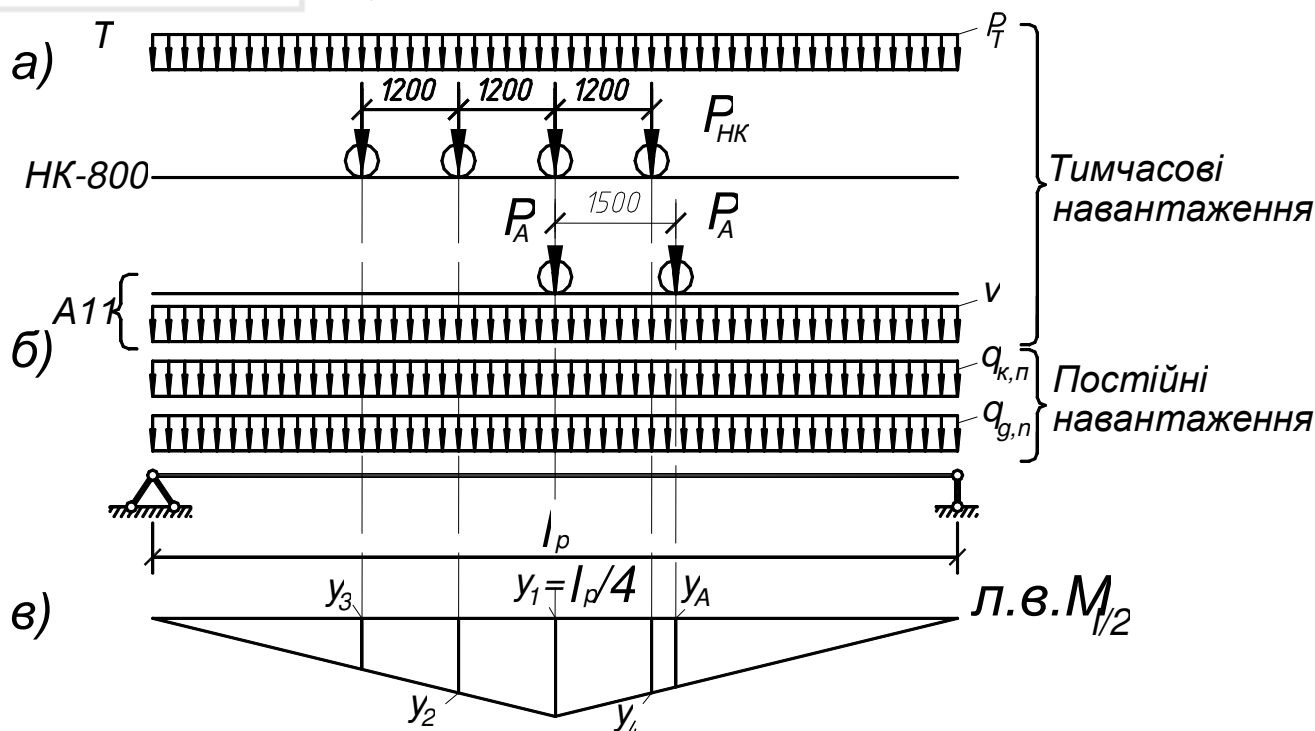


Рис. 1.7. До визначення згинаючих моментів в елементах прольотної будови моста: а) від тимчасових навантажень; б) від постійних навантажень; в) форма епюри лінії впливу



Згинаючий момент від постійних розрахункових навантажень обчислюємо за формулою

$$M_l = (q_{k,n} \gamma_f + \sum q_i / n) \omega_M = \dots (\kappa H M), \quad (1.15)$$

а від постійних нормативних навантажень

$$M_{l,n} = (q_{k,n} + q_{g,n}) \omega_M = \dots (\kappa H M). \quad (1.16)$$

Моменти від тимчасових розрахункових та нормативних навантажень (рис. 1.7, а) відповідно визначаємо для:

а) автомобільного А11 і натовпу на тротуарах (рис. 1.6, а)

$$M_{TA} = (1 + \mu)_A \gamma_{f,AC} \nu \omega_M K_{ПУ}_{TA,C} + (1 + \mu)_A \gamma_{f,AB} P_A \times \\ \times (y_1 + y_A) K_{ПУ}_{TA,B} + \gamma_{f,T} P_T b_{TP} \omega_M K_{ПУ}_T = \dots (\kappa H M); \quad (1.17)$$

$$M_{TA,n} = \nu \omega_M K_{ПУ}_{TA,C} + P_A (y_1 + y_A) K_{ПУ}_{TA,B} + \\ + P_T b_{TP} \omega_M K_{ПУ}_T = \dots (\kappa H M); \quad (1.18)$$

б) автомобільного А11 при розміщенні першої смуги на краю їздового полотна (рис. 1.6, б)

$$M_A = (1 + \mu)_A \gamma_{f,AC} \nu \omega_M K_{ПУ}_{A,C} + (1 + \mu)_A \gamma_{f,AB} P_A \times \\ \times (y_1 + y_A) K_{ПУ}_{A,B} = \dots (\kappa H M); \quad (1.19)$$

$$M_{A,n} = \nu \omega_M K_{ПУ}_{A,C} + P_A (y_1 + y_A) K_{ПУ}_{A,B} = \dots (\kappa H M); \quad (1.20)$$

в) важкого навантаження НК-80 (рис. 1.6, в)

$$M_{HK} = (1 + \mu)_{HK} \gamma_{f,HK} P_{HK} (y_1 + y_2 + y_3 + y_4) \times \\ \times K_{ПУ}_{HK} = \dots (\kappa H M); \quad (1.21)$$

$$M_{HK,n} = P_{HK} (y_1 + y_2 + y_3 + y_4) K_{ПУ}_{HK} = \dots (\kappa H M). \quad (1.22)$$

За максимальний згинаючий момент від постійних та тимчасових навантажень приймаємо більший із трьох наступних:

$$\left. \begin{aligned} M_1 &= M_l + M_{TA} = \\ M_2 &= M_l + M_A = \\ M_3 &= M_l + M_{HK} = \end{aligned} \right\} (\kappa H M). \quad (1.23)$$



Значення згинаючий момент використовують у розрахунках залізобетонної прольотної будови за 1-ю групою граничних станів (при визначенні площі перерізу поздовжньої робочої арматури).

В розрахунках за тріщиностійкістю нормальних перерізів використовують згинаючий момент від нормативних навантажень, який обчислюють за формулою

$$M_{TP,n} = M_{l,n} + M_{TA,n} = (\kappa Hm). \quad (1.24)$$

При розрахунку прогинів елементів (плит) прольотної будови моста необхідно використовувати згинальний момент від нормативних постійних навантажень та нормативного важкого навантаження НК-80

$$M_{f,n} = M_{l,n} + M_{НК,n} = (\kappa Hm). \quad (1.25)$$

1.3.2. Визначення поперечних сил

Для визначення поперечних сил побудуємо епюру лінії впливу Q_A та графіки зміни коефіцієнта поперечної установки по довжині прольоту для навантажень А11 та НК-80 (рис. 1.8).

Площу епюри лінії впливу Q_A визначаємо за формулою

$$\omega_Q = \frac{y_1 l_p}{2} = \dots \text{ (м)}. \quad (1.26)$$

Поперечну силу від постійних розрахункових навантажень обчислюємо з виразу

$$Q_l = (q_{k,n} \gamma_f + \sum q_i / n) \omega_Q = \dots \text{ (кН)}, \quad (1.27)$$

а від постійних нормативних навантажень

$$Q_{l,n} = (q_{k,n} + q_{g,n}) \omega_Q = \dots \text{ (кН)}. \quad (1.28)$$

Поперечні сили від тимчасових розрахункових та нормативних навантажень (рис. 1.8, а), відповідно, визначаємо для:

а) автомобільного А11 і натовпу на тротуарах (рис. 1.6, а)

$$\begin{aligned} Q_{TA} = & (1 + \mu)_A \gamma_{f,AC} v (\omega_Q KПУ_{TA,C} + \frac{l_1}{6} (y_1 (0,5 - KПУ_{TA,C}) + \\ & + 4 \frac{y_1 + y_2}{2} \frac{0,5 - KПУ_{TA,C}}{2}) + \frac{l_1}{6} 4 \frac{y_3}{2} \frac{0,5 - KПУ_{TA,C}}{2}) + \\ & + (1 + \mu)_A \gamma_{f,AB} P_A (KПУ_{TA,B_1} y_{A,1} + KПУ_{TA,B_2} y_{A,2}) + \\ & + \gamma_{f,T} P_T b_{Tp} (\omega_Q KПУ_T + \frac{l_1}{6} (y_1 (0,5 - KПУ_T) + \\ & + 4 \frac{y_1 + y_2}{2} \frac{0,5 - KПУ_T}{2}) + \frac{l_1}{6} 4 \frac{y_3}{2} \frac{0,5 - KПУ_T}{2}) = \dots \text{ (кН)}; \end{aligned} \quad (1.29)$$

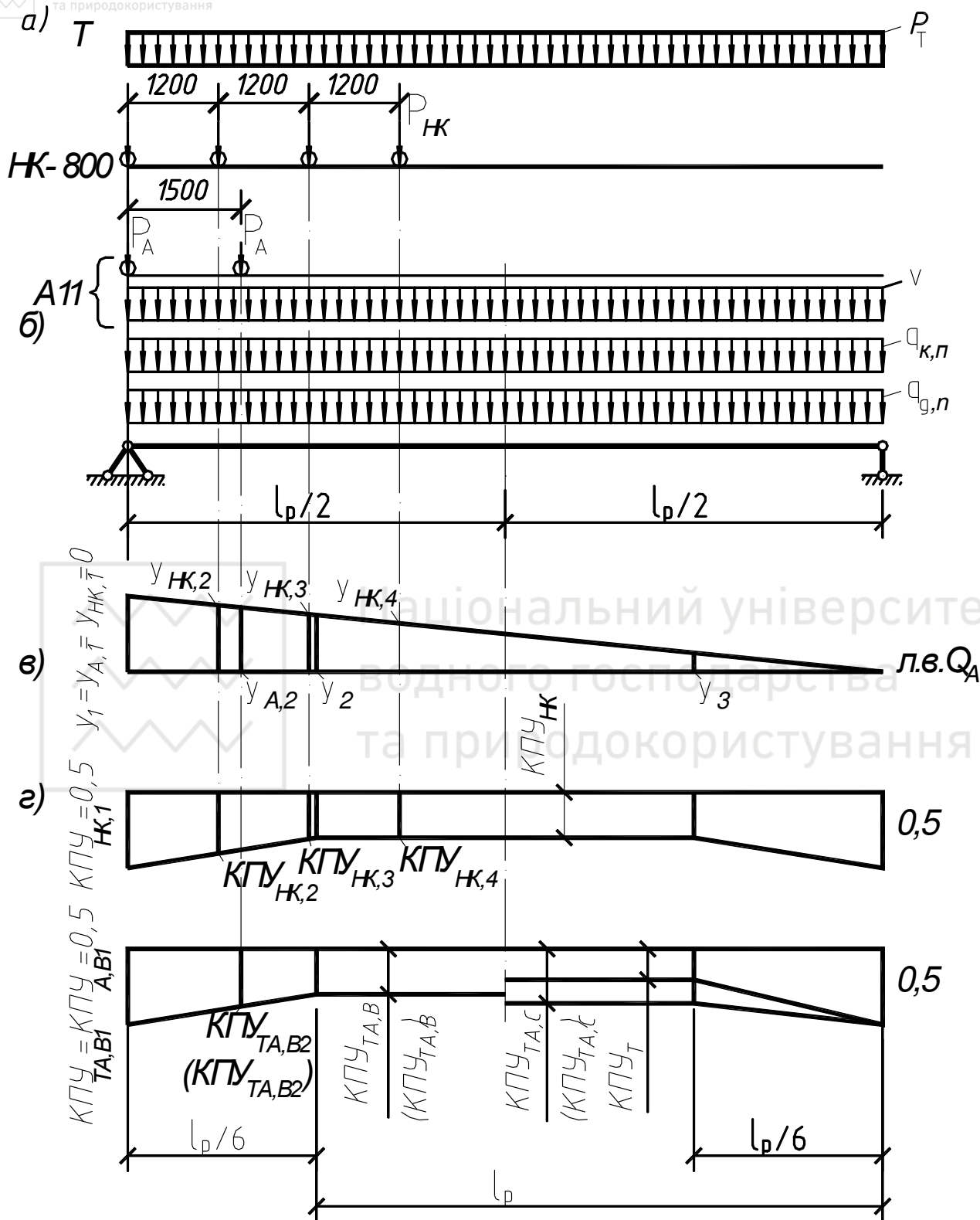


Рис. 1.8. До визначення поперечних сил в елементах прольотної будови моста: а) від тимчасових навантажень; б) від постійних навантажень; в) форма епюри лінії впливу; г) графіки зміни коефіцієнтів поперечної установки по довжині прольоту від тимчасових навантажень



$$\begin{aligned}
 Q_{TA,n} = & \nu(\omega_Q KПУ_{TA,C} + \frac{l_1}{6}(y_1(0,5 - KПУ_{TA,C}) + \\
 & + 4 \frac{y_1 + y_2}{2} \frac{0,5 - KПУ_{TA,C}}{2}) + \frac{l_1}{6} 4 \frac{y_3}{2} \frac{0,5 - KПУ_{TA,C}}{2}) + \\
 & + P_A(KПУ_{TA,B_1} y_{A,1} + KПУ_{TA,B_2} y_{A,2}) + \\
 & + P_T b_{Tp}(\omega_Q KПУ_T + \frac{l_1}{6}(y_1(0,5 - KПУ_T) + \\
 & + 4 \frac{y_1 + y_2}{2} \frac{0,5 - KПУ_T}{2}) + \frac{l_1}{6} 4 \frac{y_3}{2} \frac{0,5 - KПУ_T}{2}) = \dots(\text{кН}); \quad (1.30)
 \end{aligned}$$

б) автомобільного А11 при розміщенні першої смуги на краю їздового полотна (рис. 1.6, б)

$$\begin{aligned}
 Q_A = & (1 + \mu)_A \gamma_{f,AC} \nu(\omega_Q KПУ_{A,C} + \frac{l_1}{6}(y_1(0,5 - KПУ_{A,C}) + \\
 & + 4 \frac{y_1 + y_2}{2} \frac{0,5 - KПУ_{A,C}}{2}) + \frac{l_1}{6} 4 \frac{y_3}{2} \frac{0,5 - KПУ_{A,C}}{2}) + \\
 & + (1 + \mu)_A \gamma_{f,AB} P_A(KПУ_{A,B_1} y_{A,1} + KПУ_{A,B_2} y_{A,2}) = \dots(\text{кН}); \quad (1.31)
 \end{aligned}$$

в) важкого навантаження НК-80

$$Q_{НК} = (1 + \mu)_{НК} \gamma_{f,НК} P_{НК} \sum (KПУ_{НК,i} y_{НК,i}) = \dots(\text{кН}). \quad (1.32)$$

За максимальну поперечну силу від постійних та тимчасових навантажень приймаємо більшу із трьох наступних:

$$\left. \begin{aligned}
 Q_1 &= Q_l + Q_{TA} = \dots \\
 Q_2 &= Q_l + Q_A = \dots \\
 Q_3 &= Q_l + Q_{НК} = \dots
 \end{aligned} \right\} (\text{кН}). \quad (1.33)$$

Зазначену поперечну силу використовують в розрахунках прольотної будови за 1-ю групою граничних станів (за міцністю).

В розрахунках за тріщиностійкістю похилих перерізів використовують поперечну силу від нормативних навантажень, яку обчислюють за формулою

$$Q_{Tp,n} = Q_{l,n} + Q_{TA,n} = \dots (\text{кН}). \quad (1.34)$$

2. ОСОБЛИВОСТІ РОЗРАХУНКУ БЕЗДІАФРАГМОВОЇ ПРОЛЬОТНОЇ БУДОВИ БАЛОЧНОГО ТИПУ

2.1. Розрахунок плити прольотної будови

2.1.1. Розрахункова схема та збір постійних навантажень

Плиту прольотної будови розглядаємо як нерозрізну багатопрольотну балку,

що опирається на пружні опори-ребра (рис. 2.1) і має ширину перерізу $b_{в.п.} = 1,0$ м.

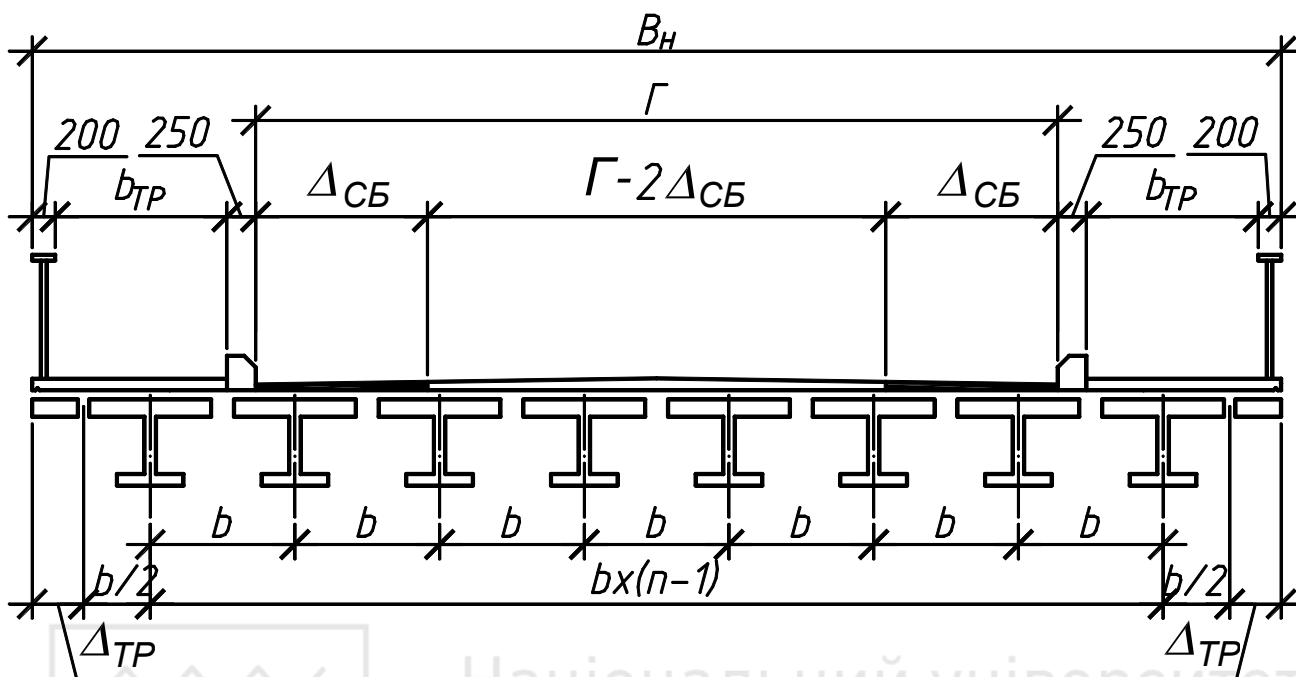


Рис. 2.1. Поперечний переріз бездіафрагмової прольотної будови

Згинальні моменти в прольотах і на опорах цієї балки (рис. 2.8) визначаємо за моментом однопрольотної балки (M_0) з урахуванням поправочних коефіцієнтів, що враховують зниження прольотних моментів за рахунок впливу защемлення в ребрах і податливості останніх (табл. 2.2).

Постійні навантаження на плиту складаються з маси шарів дорожнього покриття і її власної маси. Їх розрахункові та нормативні значення на 1 м^2 плити приведені в табл. 2.1.

Таблиця 2.1

Постійні навантаження на 1 м^2 плити

№ п/п	Вид навантаження	Нормативне навантаження $q_{in}, \text{кПа}$	Коефіцієнт надійності за навантаженням γ_{fi}	Розрахункове навантаження $q_i, \text{кПа}$
1	Асфальтобетон ($t_1 \cdot \gamma_1 = \dots$)			
2	Армований бетон ($t_2 \cdot \gamma_2 = \dots$)			
3	Гідроізоляція ($t_3 \cdot \gamma_3 = \dots$)			
4	Цементна стяжка ($t_4 \cdot \gamma_4 = \dots$)			
	Разом	$\Sigma q_{in} =$		$\Sigma q_i =$

2.1.2. Збір тимчасових навантажень на плиту

Плиту розраховуємо на тимчасові навантаження А-11 і НК-80. Розрахунковий проліт плити рівний відстані між опорами в світлі (рис. 2.2).

Розглянемо наступні випадки навантаження плити.



а) В прольоті плити розміщена одна колія навантаження А-11.

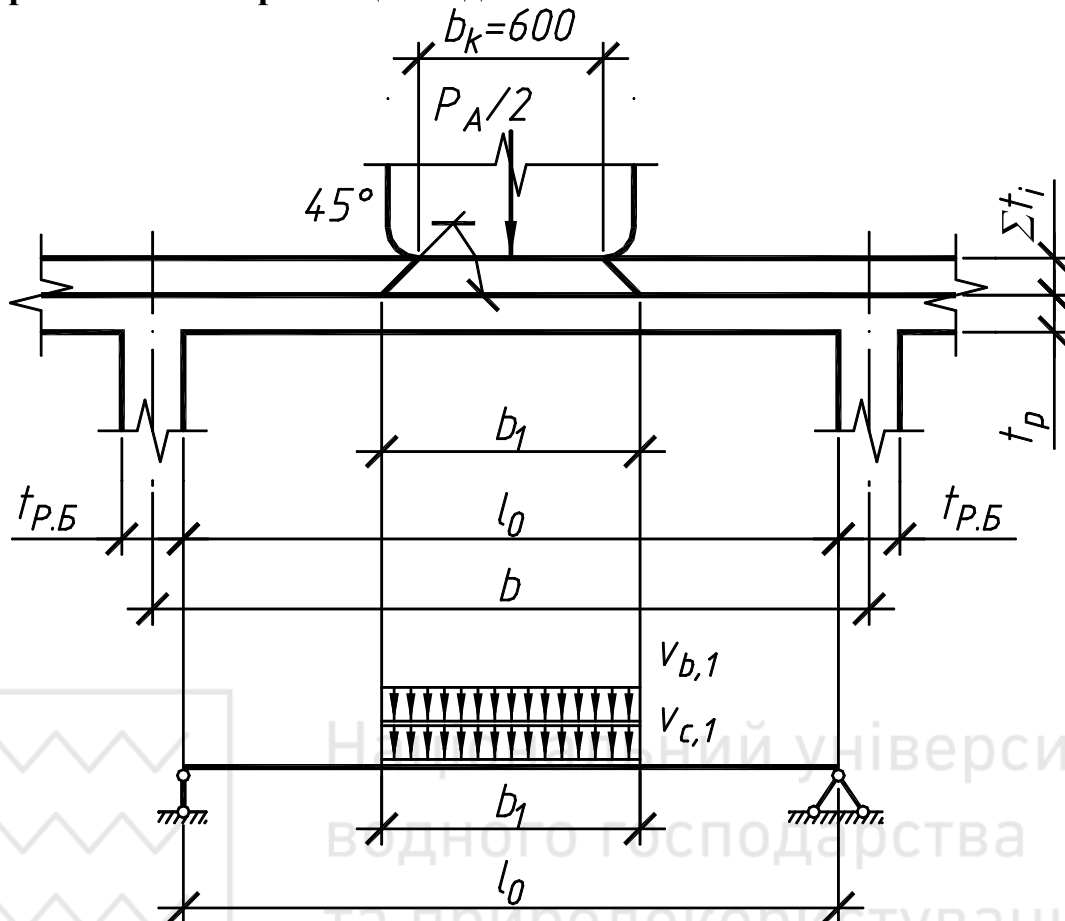


Рис. 2.2. Завантаження плити однією колією навантаження А-11 для визначення максимального згинаючого моменту

Інтенсивність смугового навантаження від однієї колії

$$v_{c,1} = \frac{v b_{e,n}}{2b_1} = \dots (\text{кН/м}), \quad (2.1)$$

де v - смугове навантаження від А-11 за п.1.2.3 даних методичних вказівок;

b_1 - ділянка прикладання однієї колії смугового навантаження, яку обчислюємо за виразом

$$b_1 = b_k + \sum t_i = 0,6 + 2\sum t_i = \dots, \quad (2.2)$$

де b_k - ширина колії смугового навантаження, м;

$\sum t_i$ - товщина покриття проїзної частини, м.

Поперек прольоту плити ширину майданчику розподілення навантаження приймають рівною (рис. 2.5).

$$a_1 = 0,2 + 2\sum t_i + \frac{l_0}{3} = \dots \text{ м}, \quad (2.3)$$

але не менше $a_1 = 2l_0 / 3$.

Інтенсивність навантаження від одного колеса возика обчислюємо за формулою



$$v_{e,1} = \frac{P_A b_{e,n}}{2a_1 b_1} = \frac{P_A}{2a_1 b_1} = \dots \text{кН/м}, \quad (2.4)$$

де P_A - навантаження на вісь возика за п. 1.2.3. даних методичних вказівок.

б) В прольоті плити розміщені дві колії навантаження А-11 від двох смуг, максимально наближених одна до одної (рис. 2.3).

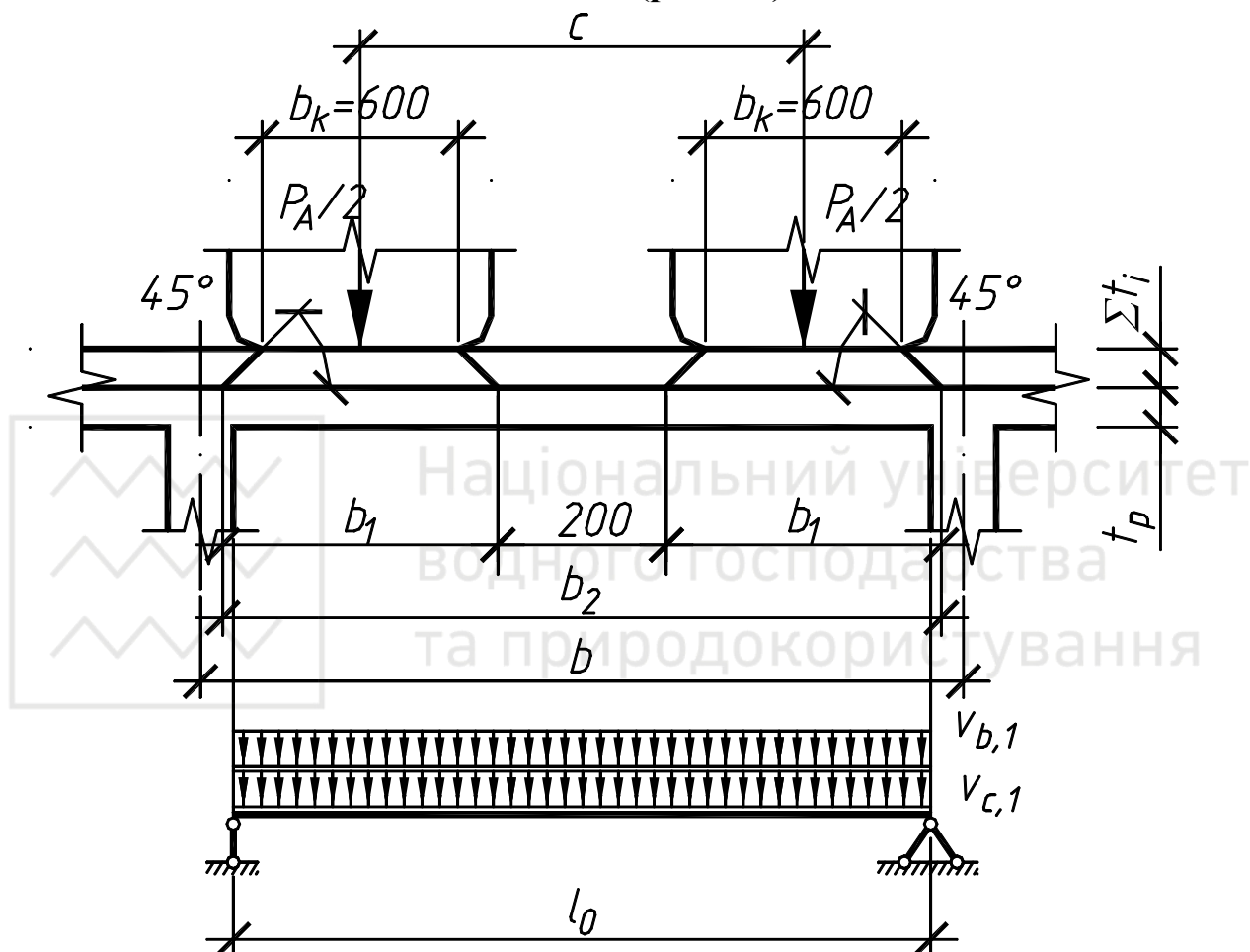


Рис. 2.3. Завантаження плити двома коліями навантаження А-11 для визначення максимального згинаючого моменту

Інтенсивність смугового навантаження

$$v_{c,2} = \frac{v b_{e,n}}{b_2} = \dots (\text{кН/м}), \quad (2.5)$$

де b_2 - довжина ділянки розподілення навантаження від двох колій

$$b_2 = c + b_1 = \dots (\text{м}). \quad (2.6)$$

Інтенсивність навантаження від возика

$$v_{e,2} = \frac{P_A b_{e,n}}{a_1 b_2} = \frac{P_A}{a_1 b_2} = \dots (\text{кН/м}). \quad (2.7)$$

в) В прольоті плити розміщене одне колесо навантаження НК-80 (рис. 2.4).

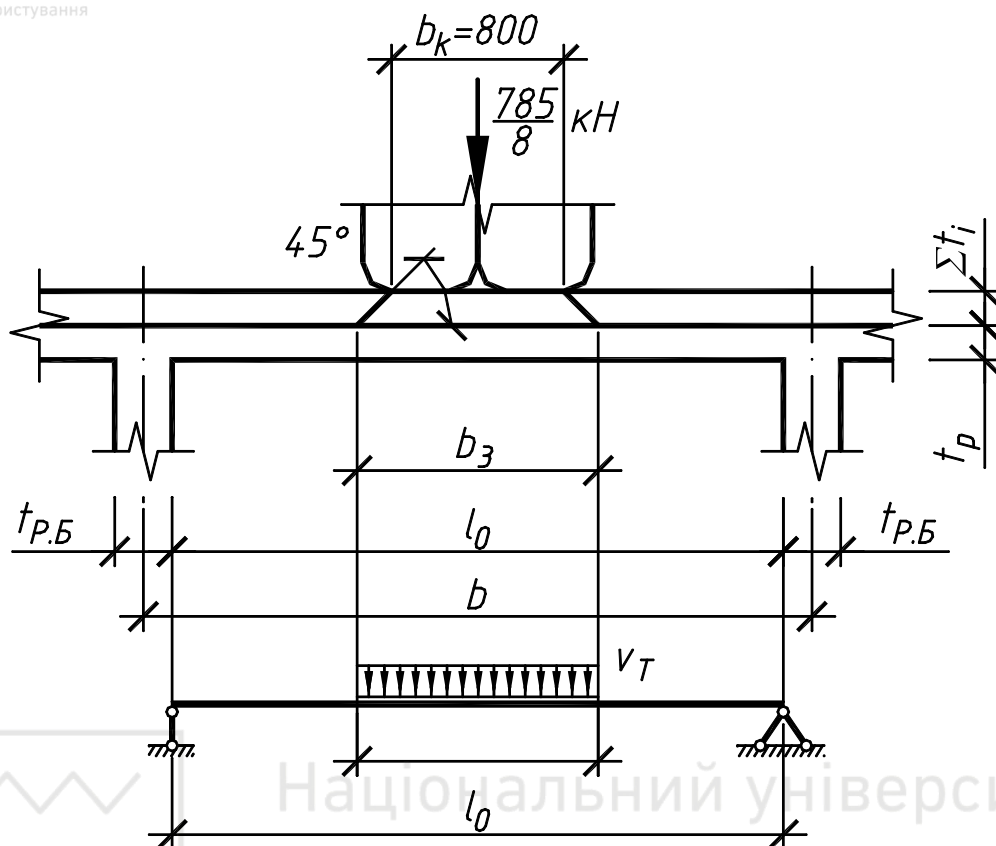


Рис. 2.4. Завантаження плити навантаження НК-80 для визначення максимального згинаючого моменту

Інтенсивність навантаження

$$v_T = \frac{P_{НК} b_{e,n}}{8a_1 b_3} = \frac{P_{НК}}{8a_1 b_3} = \dots \text{ (кН/м)}, \quad (2.8)$$

де a_1 - визначається за (2.3), але приймається не більше відстані між осями коліс ($\leq 1,2\text{м}$);

b_3 - довжина ділянки розподілення навантаження НК-80 від колеса

$$b_3 = b_T + 2\sum t_i = 0,8 + 2\sum t_i = \dots \text{ (м)}. \quad (2.9)$$

2.1.3. Визначення внутрішніх зусиль в плиті прольотної будови

Розрахункове та нормативне значення максимального згинального моменту в середині прольоту від однієї колії навантаження А-11 обчислюємо за формулами, відповідно,

$$M_{0,1} = \frac{\sum g_i b_{e,n} l_0^2}{8} + (1 + \mu)_A (\gamma_{f,AC} \cdot v_{c,1} + \gamma_{f,AB} \cdot v_{e,1}) b_1 \frac{l_0 - 0,5b_1}{4} = \dots \text{ (кНм)}; \quad (2.10)$$



$$M_{0n,1} = \frac{\sum g_{in} b_{e,n} l_0^2}{8} + (\nu_{c,1} + \nu_{e,1}) b_1 \frac{l_0 - 0,5b_1}{4} = \dots (\text{кНм}), \quad (2.11)$$

де коефіцієнти $(1 + \mu)_A$, $\gamma_{f,AC}$ і $\gamma_{f,AB}$ обчислюємо за формулами (1.12) і (1.13) при довжині завантаження $\lambda = l_0$.

Розрахункове та нормативне значення максимального згинаючого моменту в середині прольоту від двох колій навантаження А11 обчислюємо за формулами відповідно

$$M_{0,2} = \frac{\sum g_i b_{e,n} l_0^2}{8} + (1 + \mu)_A (\gamma_{f,AC} \cdot \nu_{c,2} + \gamma_{f,AB} \cdot \nu_{e,2}) b_1 \frac{l_0 - 0,5b_2}{4} = \dots (\text{кНм}); \quad (2.12)$$

$$M_{0n,2} = \frac{\sum g_{in} b_{e,n} l_0^2}{8} + (\nu_{c,2} + \nu_{e,2}) b_2 \frac{l_0 - 0,5b_2}{4} = \dots (\text{кНм}), \quad (2.13)$$

де b_2 приймають не більше l_0 , а коефіцієнти $(1 + \mu)_A$, $\gamma_{f,AC}$ і $\gamma_{f,AB}$ - тими ж, що і при визначенні $M_{0,1}$ і $M_{0n,1}$.

При визначенні поперечної сили враховуємо, що біля опори ширина майданчику розподілення навантаження поперек прольоту (рис. 2.5) складає

$$a_0 = 0,2 + 2\sum t_i = \dots (\text{м}). \quad (2.14)$$

Ординати лінії впливу Q під вантажами рівні відповідно

$$y_1 = \frac{l_0 - (b_k / 2 + \sum t_i)}{l_0} = \dots; \quad y_2 = \frac{l_0 - (b_k / 2 + \sum t_i + c)}{l_0} = \dots \quad (2.15)$$

Розрахункову поперечну силу біля опори обчислюємо за формулою

$$Q_{02} = \frac{\sum g_i b_{e,n} l_0}{2} + (1 + \mu)_A (\gamma_{f,AC} \frac{\nu b_{e,n}}{2} \sum y_i + \gamma_{f,AB} \frac{P_A}{2} \sum y_i) = \dots, \quad (2.16)$$

де навантаження P_A і ν приймають за п. 1.2.3.

Згинаючий момент та поперечна сила в середині прольоту плити від одного колеса важкого навантаження НК-80 рівні, відповідно,

$$M_{03} = \frac{\sum g_i b_{e,n} l_0^2}{8} + (1 + \mu)_{НК} \nu_T \gamma_{f,НК} \cdot b_3 \frac{l_0 - 0,5b_3}{4} = \dots (\text{кНм}), \quad (2.17)$$

$$Q_{03} = \frac{\sum g_i b_{e,n} l_0}{2} + (1 + \mu)_{НК} \frac{P_{НК}}{8a_1} \gamma_{f,НК} \cdot y_1 = \dots (\text{кН}). \quad (2.18)$$

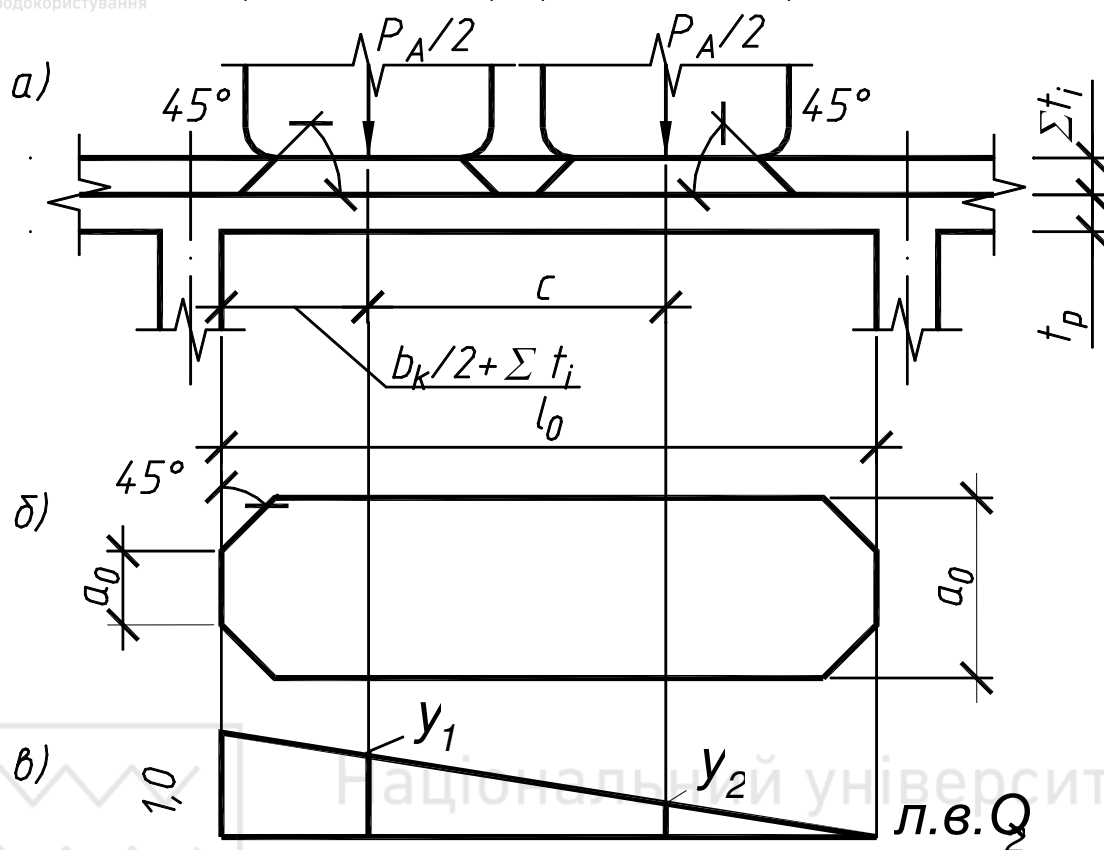


Рис. 2.5. Завантаження плити двома коліями навантаження А-11 для визначення поперечної сили в плиті: а – схема завантаження; б – розподілення навантаження поперек прольоту плити; в – епюра лінії впливу Q_2

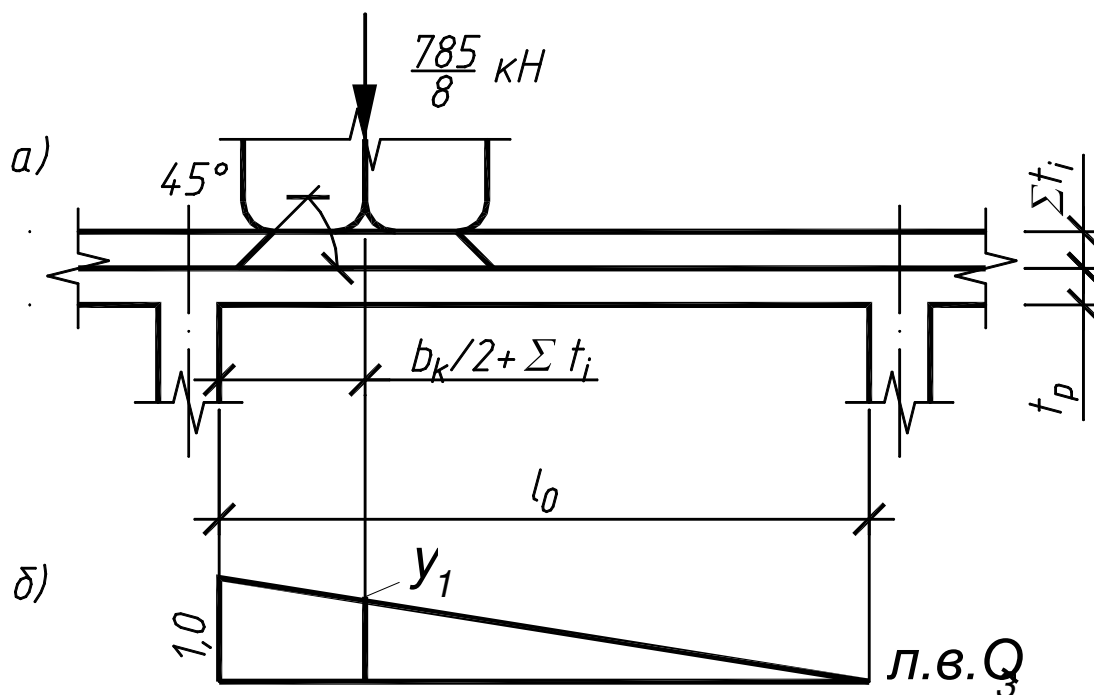


Рис. 2.6. Завантаження плити для визначення поперечної сили від навантаження НК-80: а – схема завантаження; б – епюра лінії



ВПЛИВУ Q_3

Для розрахунків плити за міцністю нормальних та похилих перерізів використовуємо максимальні із визначених вище моментів і поперечних сил, тобто $M_0 = M_{0,i}$ і $Q_0 = Q_{0,i}$.

В розрахунках плити за тріщиностійкістю використовуємо максимальний нормативний згинаючий момент $M_{0,n} = M_{0,ni}$.

Згинаючі моменти в нерозрізній плиті визначаємо, використовуючи коефіцієнти таблиці 2.2. Для цього реальний переріз балок приводимо до прямокутної форми (рис. 2.7).

Таблиця 2.2

Поправочні коефіцієнти для розрахунку нерозрізних плит (α)

Статична схема плити	Розрахунковий переріз	Розрахунковий момент при		
		$n_l < 30$	$n_l = 30 \dots 100$	$n_l > 100$
Нерозрізна	Біля крайніх балок			
	Багатопрольотна			
	В середині прольоту	$-0,8M_0$	$-0,65M_0$	$-0,5M_0$
		$+0,5M_0$	$+0,6M_0$	$+0,7M_0$
		$-0,25M_0$	$-0,25M_0$	$-0,25M_0$
	Біля проміжних балок			
		$-0,8M_0$	$-0,8M_0$	$-0,8M_0$
		$+0,25M_0$	$+0,25M_0$	$+0,25M_0$
Однопрольотна	Біля балок			
	В середині прольоту	$-0,8M_0$	$-0,65M_0$	$-0,5M_0$
		$+0,5M_0$	$+0,6M_0$	$+0,7M_0$

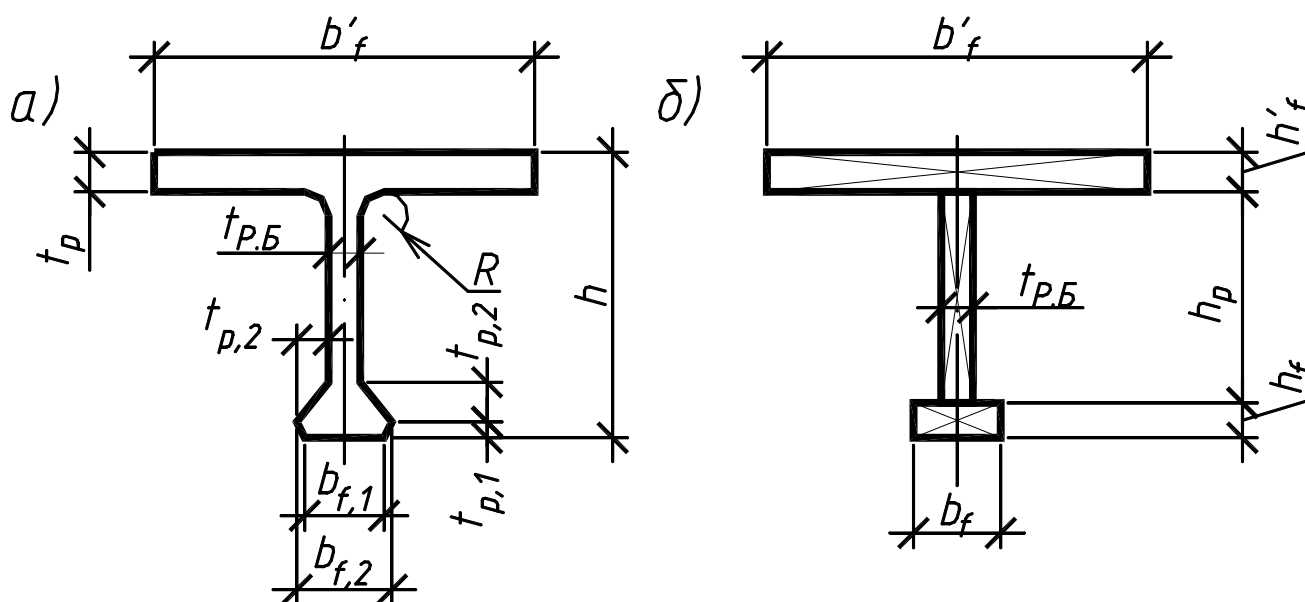


Рис. 2.7. Дійсний та приведений поперечні перерізи балки

Приведені товщини:

а) верхньої плити (полиці)



$$h'_f = t_p + \frac{0,5(4-\pi)R^2}{b'_f - t_{p.Б.}} = \dots \text{ (см);} \quad (2.19)$$

б) нижньої плити (полиці)

$$h_f = t_{p,1} + \frac{t_{p,2}^2}{b_f - t_{p.Б.}} = \dots \text{ (см),} \quad (2.20)$$

де b_f - усереднена (приведена) ширина нижньої полиці, що рівна

$$b_f = \frac{b_{f,1} + b_{f,2}}{2} = \dots \text{ (см).} \quad (2.21)$$

Момент інерції на кручення обчислюємо за формулою

$$I_k = \frac{1}{3} \left[\left(\frac{b'_f}{h'_f} - 0,63 \right) h_f'^4 + \left(\frac{h_p}{t_{p.Б.}} - 0,63 \right) t_{p.Б.}^4 + \left(\frac{b_f}{h_f} - 0,63 \right) h_f^4 \right] = \dots \quad (2.22)$$

Циліндричну жорсткість плити знаходимо за виразом

$$D = \frac{E_b h_f'^3}{12(1-\nu^2)} = \dots \text{ (кПа}\cdot\text{см}^3), \quad (2.23)$$

а параметр n_I для визначення моментів

$$n_I = 0,001 \frac{D l_0^3}{G_b I_k} = \dots \text{ (см}^2), \quad (2.24)$$

де E_b - початковий модуль пружності бетону, кПа;

G_b - модуль зсуву бетону ($G_b = 0,42 E_b$), кПа;

ν_b - коефіцієнт Пуассона для бетону ($\nu_b = 0,2$).

Максимальні розрахункові та нормативні значення згинальних моментів в середині прольоту нерозрізної плити при $n_I =$ рівні відповідно:

- позитивний $M_{np,1} = \alpha M_0$;
- від'ємний $M_{np,2} = -0,25 M_0$;
- позитивний $M_{np,1n} = \alpha M_{0,n}$;
- від'ємний $M_{np,2n} = -0,25 M_{0,n}$.

Аналогічні моменти на опорах рівні відповідно:

- позитивний $M_{op,1} = 0,25 M_0$;
- від'ємний $M_{op,2} = -0,8 M_0$;
- позитивний $M_{op,1n} = 0,25 M_{0,n}$;
- від'ємний $M_{op,2n} = -0,8 M_{0,n}$.

Коефіцієнт α приймаємо за табл. 2.2 в залежності від параметра n_l .

За вище визначеними максимальними моментами визначають площу перерізу поздовжньої арматури для армування поличі балки. Розрахунок міцності похилих перерізів нерозрізної плити здійснюють за поперечною силою $Q = Q_0$.

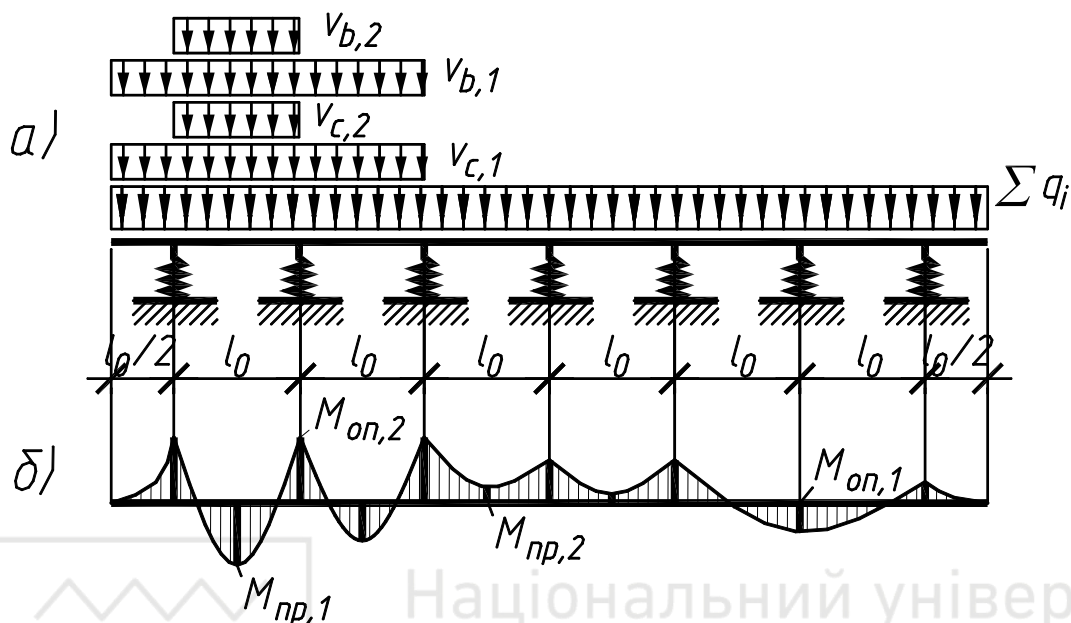


Рис. 2.8. Розрахункова схема та еюра моментів для плити бездіафрагмової прольотної будови

2.2. Особливості визначення коефіцієнтів поперечної установки

Подальший розрахунок бездіафрагмової прольотної будови аналогічний до розрахунку елементів плитного типу. Необхідно лише пам'ятати, що коефіцієнти поперечної установки обчислюються з урахуванням кручення бездіафрагмових елементів.

Тобто, ординати лінії впливу тиску під центрами ваги крайніх балок слід визначати не за (1.7), а за формулою (2.25)

$$y = \frac{l}{n} \pm \frac{a_k^2}{2\sum a_i^2 + 0,14nl_p^2 I_k / I_v}; \quad (2.25)$$

де l_p - розрахунковий проліт балки;

I_v і I_k - моменти інерції балки, відповідно, на згин та кручення;

За наявності поперечних ребер (діафрагм) ординати ліній впливу під центрами ваги крайніх балок двотаврового перерізу можна визначати за виразом (1.7).

3. КОНСТРУКТИВНИЙ РОЗРАХУНОК ЕЛЕМЕНТІВ ПРОЛЬотної БУДОВИ

Конструктивний розрахунок елемента прольотної будови зводиться до підбору площі перерізу поздовжньої (попередньо напруженої) і поперечної арматури та

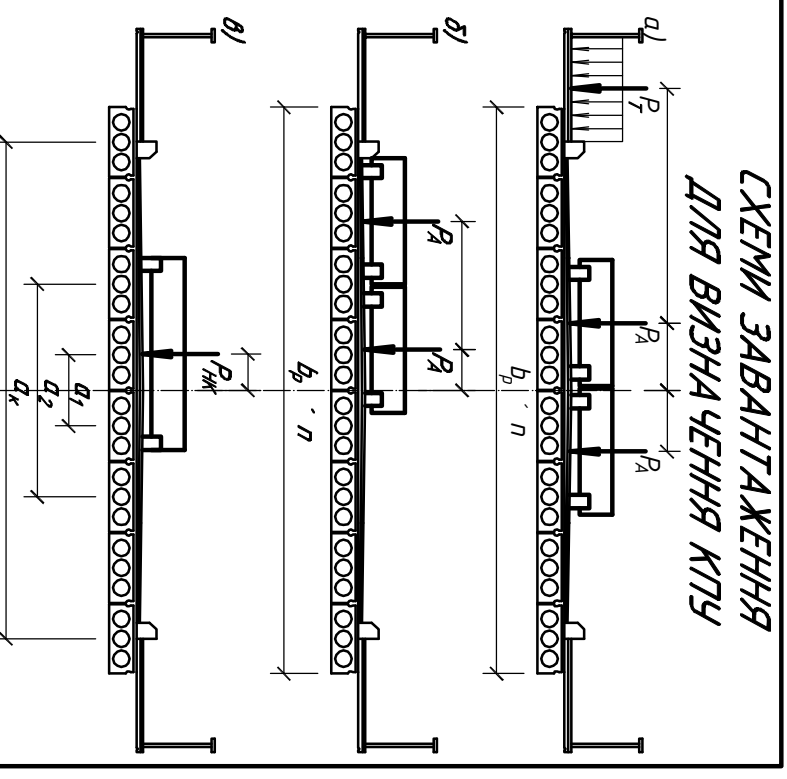
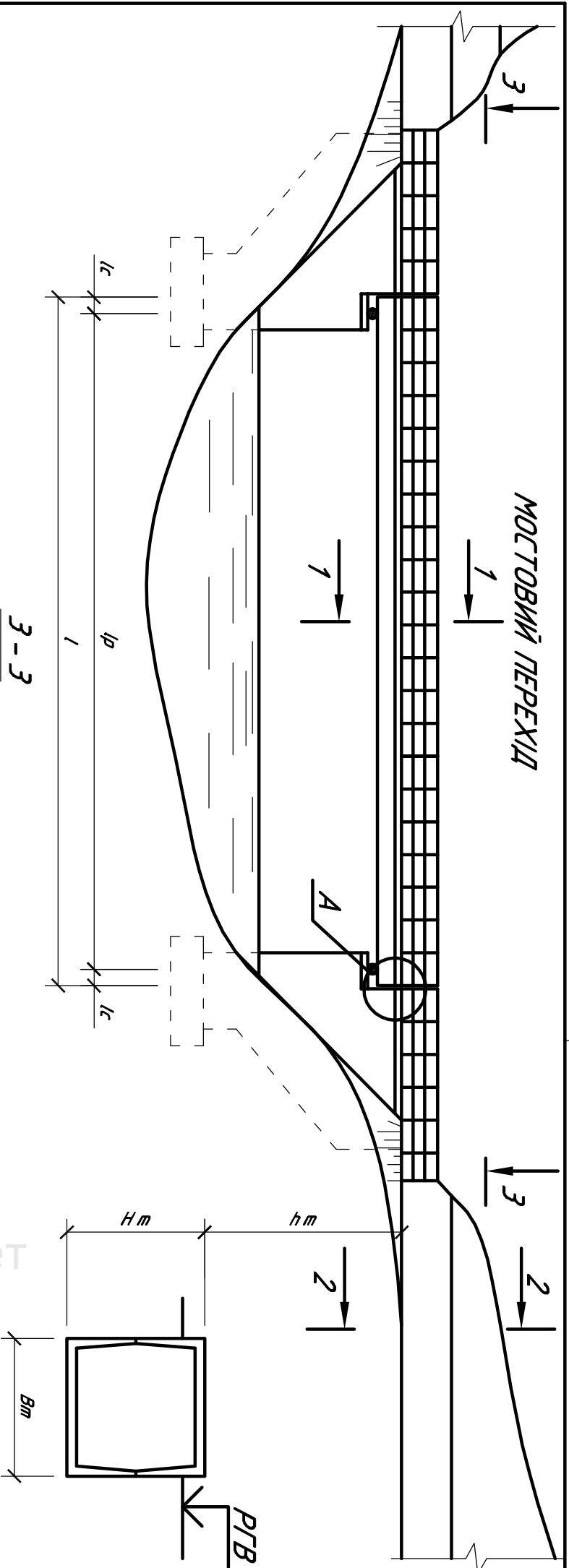


перевірки його жорсткості і тріщиностійкості. Рекомендується виконувати такий розрахунок за методикою [4,6].

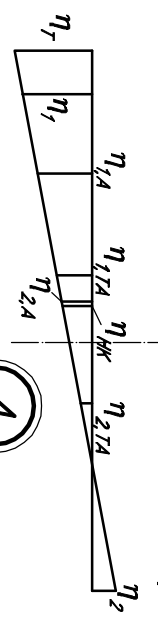
Література

1. ДБН В.1.2–15:2009. Мости та труби навантаження і впливи. К. : Мінрегіонбуд України, 2009. 84 с.
2. ДБН В.2.6–98:2009. Конструкції будинків і споруд. Бетонні та залізобетонні конструкції. Основні положення. К. : Мінрегіонбуд України, 2011. 71 с.
3. ДСТУ Б В.2.6-156:2010. Бетонні та залізобетонні конструкції. Правила проектування. Київ : Мінрегіонбуд, 2010. 166 с.
4. Лившиц Я. Д. и др. Примеры расчета железобетонных мостов. К. : Выща шк. Головное изд-во, 1986. 263с.
5. Гибшман М. Е. Проектирование транспортных сооружений. М. : Транспорт, 1980. 391 с.
6. Российский В. А. и др. Примеры проектирования сборных железобетонных мостов. М. : Высш. школа, 1970. 520 с.

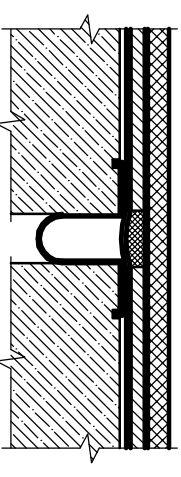




ЕПОРА ЛІНІЇ ВПЛИВУ η_i

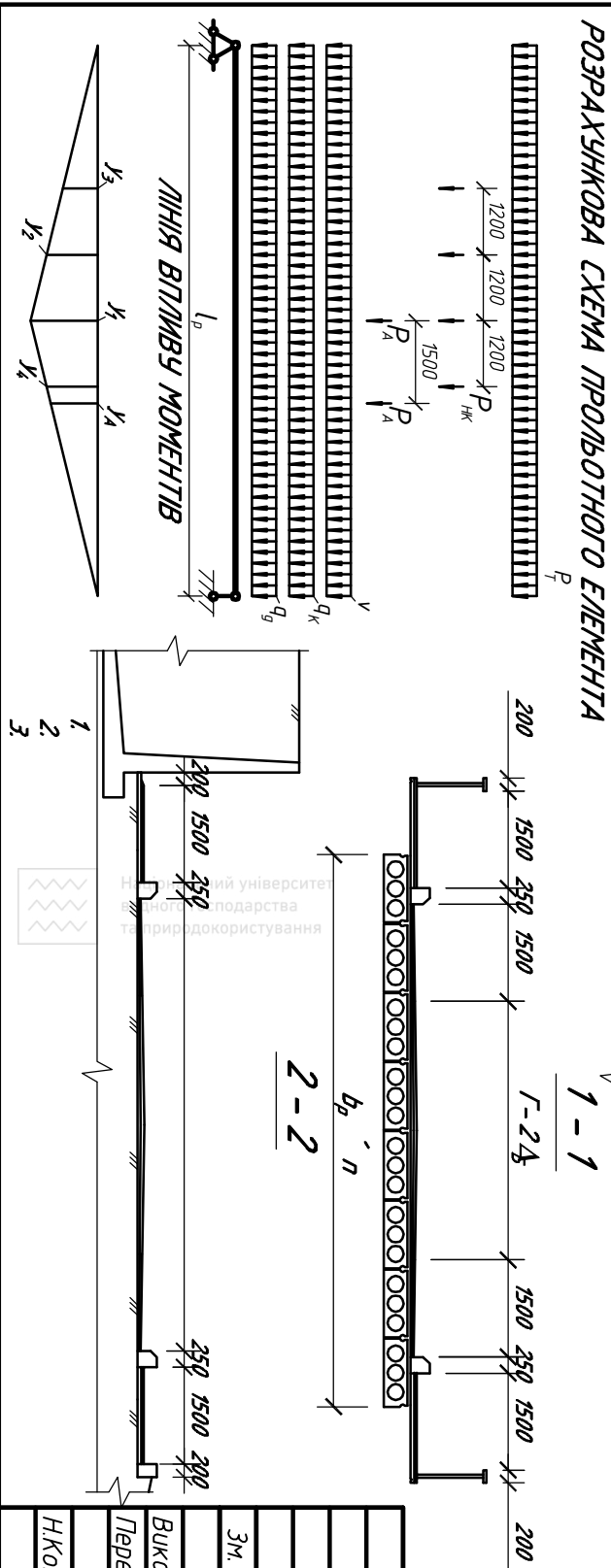
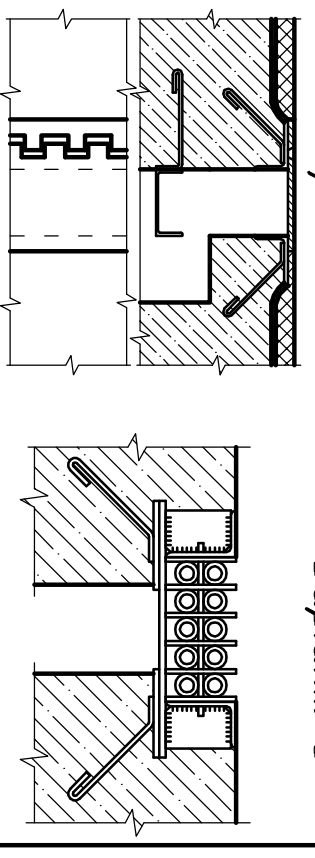


Варіант 1



Варіант 2

Варіант 3



Національний університет водного господарства та природокористування

Курсовий проект з навчальної дисципліни "Міські інженерні споруди"			
Номер залікової книжки			
Зм.	Кіл	Лист № док.	Підпис
Виконав	Данов		Дана
Перевірив	Кочкарєв		
НКонтр.	Кочкарєв		
Мостовий перехід		Ресторан	
		Садія	Лист
		КП	1
		НУВГП, МБГ-41	