

## ВИЗНАЧЕННЯ БІЧНОГО ТИСКУ НА КРАЙНЮ ОПОРУ МОСТА ВІД НАВАНТАЖЕННЯ АК

*Тверетінов М.В., Левченко В.А., ДМ-42-17, ХНАДУ*

*Керівник: д.т.н., проф. каф. МКБМ – Кожушко В.П.*

Уперше навантаження у вигляді смуг АК було уведено в норми [1]. Це навантаження включало на кожній смузі руху один двовісний візок (танDEM) з осьовим навантаженням  $9,81K_{кН}$  (де  $K$  – клас навантаження в тонко-силах) і рівномірно розподілене навантаження нескінченної довжини інтенсивністю  $V = 0,981K$  кН/м<sup>2</sup>.

Розрахунок елементів моста від навантаження АК передбачався в наступних нормах [2, 3] і є обов'язковим в нині чинних нормативних документах [4]. При цьому тільки збільшувався клас  $K$  навантаження (8, потім 11, і нині 15).

Норми передбачають декілька методик визначення тиску на опору при відсутності перехідних плит і руху транспорту перпендикулярно опорі (тобто, при русі транспорту вздовж поздовжньої осі дороги); при відсутності перехідних плит і русі транспорту паралельно стінці та при наявності перехідних плит.

У згаданих нормах бічний тиск на крайні опори моста рекомендується визначати тільки від тандему. Мабуть, розробники норм вважали, що впливом рівномірно розподіленої частини навантаження АК можна нехтувати, оскільки

інтенсивність  $V$  рівномірно розподіленого навантаження в 10 разів менша від осьового навантаження тандему.

На наш погляд, треба ураховувати вплив на величину бічного тиску і рівномірно розподіленої частини навантаження АК, особливо при високих опорах.

Перевіримо це положення при визначені бічного тиску на крайню опору моста при відсутності перехідних плит і русі транспорту перпендикулярно опорі. Вертикальний тиск у цьому випадку від колес тандему передається через площадку з розмірами в плані  $b \times c$  (рис. 1).

Довжина відбитку  $c$  від колес тандему вздовж осі моста приймається 0,2 м; ширина  $b$ , через яку передається вертикальний тиск, дорівнює відстані між зовнішніми гранями колес (рис. 1), тобто для навантаження АК

$$b = 1,9 + b_k$$

де  $b_k$  – ширина шин колес, що дорівнює 0,6 м.

Тоді розмір  $b = 1,9 + 0,6 = 2,5$  м (див. рис. 1).

Далі будемо визначати тільки величину характеристичного тиску, тобто тиску без урахування коефіцієнта надійності за навантаженням і динамічного коефіцієнта. Таким чином, інтенсивність вертикального тиску від однієї осі тандему

$$P_b^{(AK)} = \frac{P_b^{(AK)}}{b \cdot c} \quad (2)$$

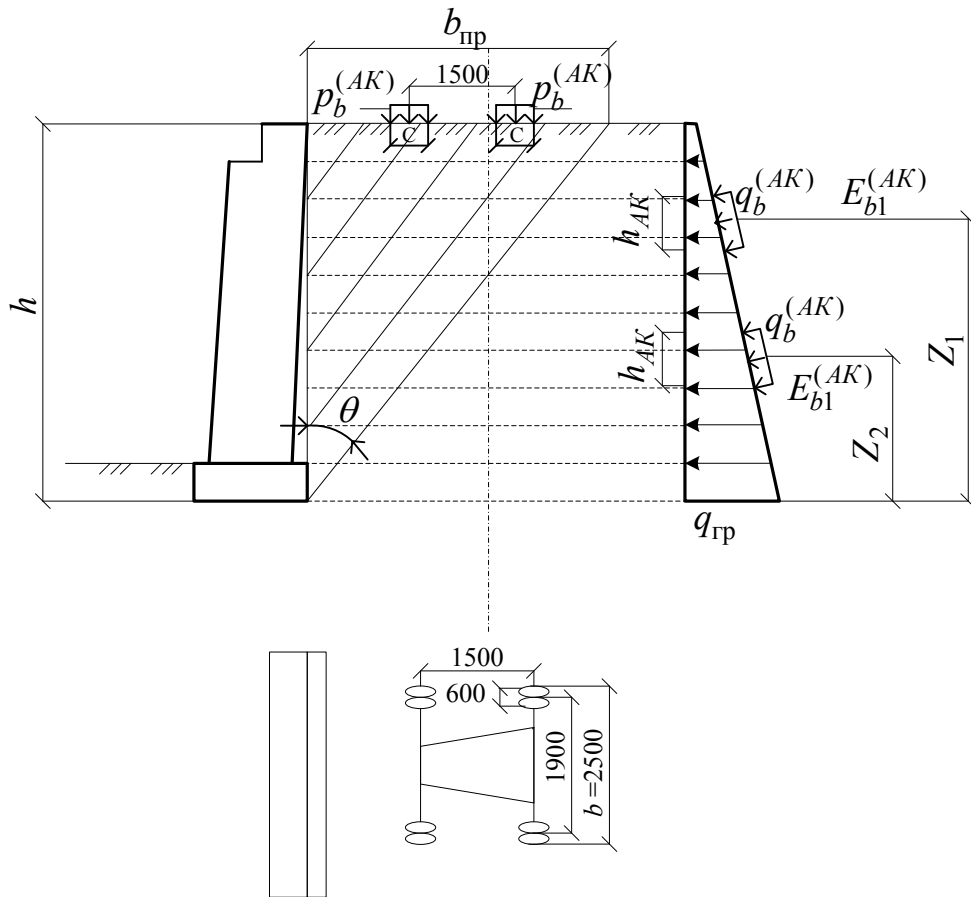


Рис. 1 Схема завантаження для визначення бічного тиску від тандему АК на крайню опору моста

При певній висоті опори обидві осі тандему будуть розташовані в межах ширини призми обвалення  $b_{пр}$ , яка визначається за формулою

$$b_{пр} = htg\theta, \quad (3)$$

де  $h$  - висота опори, м;

$\theta$  – кут, під яким відбувається обвалення ґрунту (див. рис. 1).

Бічний тиск інтенсивністю  $q_b^{(AK)}$  буде передаватись на певній висоті, яку знаходять, провівши через краї площадки навантаження лінії, паралельні площині призми обвалення (тобто під кутом  $\theta$  до вертикалі), до перетину їх з задньою гранню опори (див. рис. 1). З точки перетину проводять горизонтальні лінії і визначають розмір  $h_{AK}$  по висоті, в межах якого і буде передаватися бічний тиск від колес.

$$h_{AK} = c \operatorname{ctg} \theta \quad (4)$$

Інтенсивність бічного тиску

$$q_b^{(AK)} = p_b^{(AK)} \cdot \tau_a \quad (5)$$

де  $\tau_a$  – коефіцієнт бічного тиску при визначенні активного тиску.

$$\tau_a = \operatorname{tg}^2 \left( 45^\circ - \frac{\varphi}{2} \right), \quad (6)$$

де  $\varphi$  – кут внутрішнього тертя ґрунту насипу.

Силу бічного тиску  $E$  від тандему визначають за формулою

$$E_b^{(AK)} = 2q_b^{(AK)} \cdot h_{(AK)}, \quad (7)$$

а від однієї осі тандему

$$E_{b1}^{(AK)} = q_b^{(AK)} \cdot h_{(AK)}. \quad (8)$$

Інтенсивність бічного тиску і висота його передачі  $h_{AK}$  від тандему, а, значить, і сила бічного тиску, не залежать від висоти стінки, але перекидальні моменти при різних висотах опор будуть різними, оскільки змінюються плечі дії бічних сил  $Z_i$  відносно подошви фундаменту.

При малій висоті опори (наприклад, при висоті 1 м) у межах призми обвалення буде розміщуватися тільки одна вісь тандему, і

тоді сила бічного тиску буде у 2 рази меншою сили, визначеної за формулою (7).

Вертикальний тиск від рівномірно розподіленою частини навантаження АК дорівнює

$$p_v^{(AK)} = \frac{v}{b \cdot c_1}. \quad (9)$$

Оскільки інтенсивність  $v$  визначається на 1 пог. м. довжини (тобто відстані вздовж руху транспорту), то приймаємо  $c = 1$  м.

Довжина рівномірно розподіленого навантаження не обмежується, тобто при будь-якій висоті опори воно буде розташоване по всій ширині призми обвалення, а, значить, бічний тиск інтенсивністю

$$q_v^{(AK)} = P_v^{(AK)} \cdot \tau_a. \quad (10)$$

буде передаватися по всій висоті опори (рис. 2).

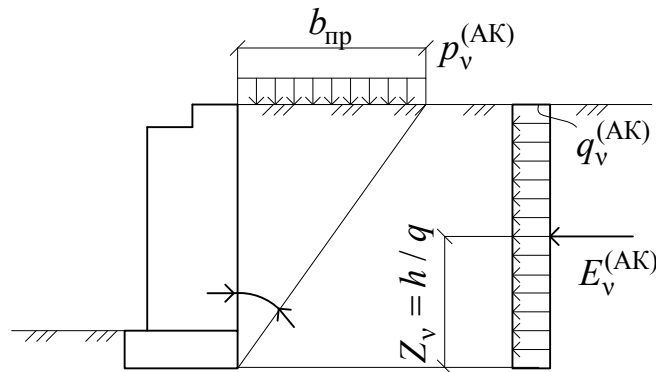


Рис. 2 Схема завантаження опори для визначення бічного тиску від рівномірно розподіленої частини АК

Сила бічного тиску від рівномірно розподіленої частини

$$E_v^{(AK)} = q_v^{(AK)} \cdot h. \quad (11)$$

Визначимо для прикладу величину бічного тиску, силу бічного тиску  $E$  і перекидального моменту  $M$  на опору висотою  $h = 7$  м від дії навантаження АК, якщо ґрунт насипу представлений піском, що має характеристичне значення кута внутрішнього тертя  $\varphi_n = 30^\circ$ .

Ширина призми обвалення (3)

$$b_{\text{пр}} = 7 \cdot \text{tg}\theta,$$

де  $\theta = 45^\circ - 0,5\varphi_n = 45^\circ - 0,5 \cdot 30^\circ = 30^\circ$ .

Тоді  $b_{\text{пр}} = 7 \cdot \text{tg}30^\circ = 7 \cdot 0,57735 = 4,04$  м.

Оскільки відстань між осями тандему вздовж руху дорівнює 1,5 м, то в межах призми обвалення будуть розташовані дві осі (рис. 3).

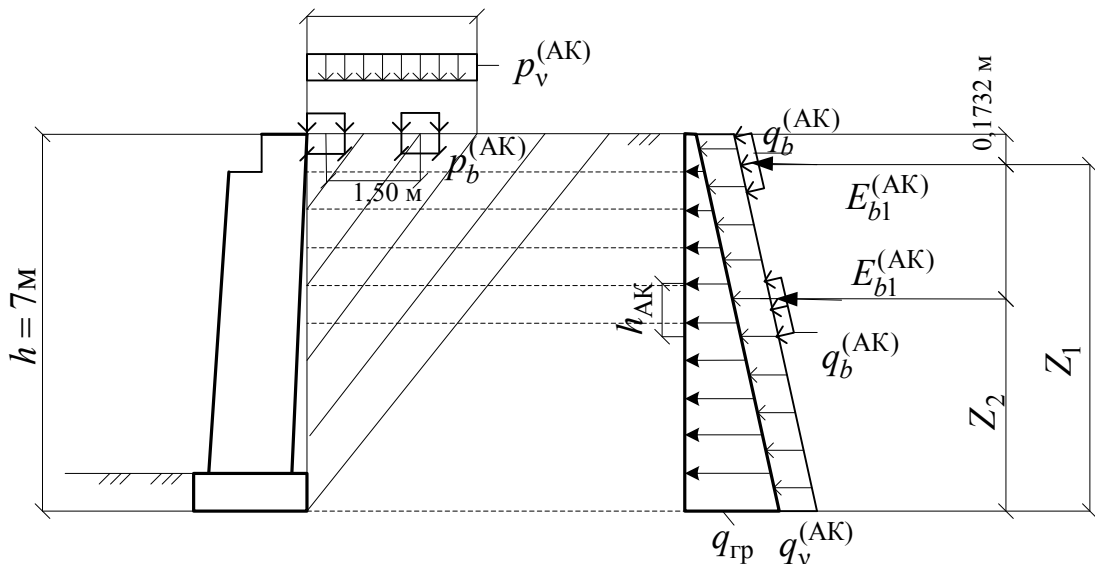


Рис. 3 Визначення бічного тиску на опору від АК

Вертикальний тиск від однієї осі тандему (2)

$$p_b^{(\text{АК})} = \frac{108}{2,5 \cdot 0,2} = 216 \text{ кН/м}^2;$$

від рівномірно розподіленої частини А11

$$p_v^{(AK)} = \frac{108}{2,5 \cdot 1} = 4,32 \text{ кН/м}^2;$$

Інтенсивність бічного тиску від однієї осі тандему (5)

$$\begin{aligned} q_b^{(AK)} &= 216 \cdot \text{tg}^2 \left( 45^\circ - \nu, \nu \cdot \nu \right) - 216 \cdot \text{tg} \nu^\circ - \\ &= 216 \cdot 0,3333 = 71,99 \text{ кН/м}^2. \end{aligned}$$

від рівномірно розподіленої частини А11 (10)

$$q_v^{(AK)} = 4,32 \cdot 0,3333 = 1,44 \text{ кН/м}^2.$$

Бічний тиск від осі візка  $q_b^{(AK)}$  передається по висоті  $h_{AK}$  (4).

$$h_{AK} = 0,2 \cdot \text{ctg} 30^\circ - \nu, \nu \cdot 1,73205 = 0,3434 \text{ м},$$

а бічний тиск від рівномірно розподіленої частини А11 – по всій висоті опори.

Тоді сила бічного тиску  $E_{b1}^{(AK)}$  від однієї осі тандему дорівнює (8)

$$E_{b1}^{(AK)} = 71,99 \cdot 0,3434 = 24,94 \text{ кН};$$

від двох осей (7)  $E_b^{(AK)} = 2 \cdot 24,94 = 49,88 \text{ кН}$ .

Бічний тиск від рівномірно розподіленої частини А11

$$E_v^{(AK)} = 1,44 \cdot 7 = 10,08 \text{ кН}.$$

Загальна сила бічного тиску

$$E_Z^{(AK)} = E_b^{(AK)} + E_v^{(AK)} = 49,88 + 10,08 = 59,96 \text{ кН}.$$

Таким чином, доля від рівномірно розподіленої частини А11 складе

$$\frac{10,08}{59,96} \cdot 100 = 16,81\%.$$

При визначенні перекидального моменту  $M$  осі від тандему розташуємо так, як це наведено на рис. 3. Тоді плече  $Z_1$  (див. рис.

$$3) \quad Z_1 = h - 0,1732 = 7 - 0,1732 = 6,83 \text{ м, а плече (див. рис. 3)}$$

$$Z_2 = h - 0,1732 - h_b.$$

$$\text{Величина } h_b = 1,5 \text{tg}\theta = 1,5 \cdot 1,73205 = 2,60 \text{ м.}$$

$$\text{Плече } Z_2 = 7 - 0,1732 - 2,60 = 4,23 \text{ м.}$$

Перекидальний момент від осей тандему

$$M_b^{(AK)} = E_{b1}^{(AK)} \cdot (Z_1 + Z_2) = 24,94(6,83 + 2,60) = 275,84 \text{ кНм,}$$

а від рівномірно розподіленої частини А11 (див. рис. 2).

$$M_v^{(AK)} = E_v^{(AK)} \cdot 0,5h = 10,08 \cdot 3,5 = 35,28 \text{ кНм.}$$

Загальний перекидальний момент від А11 дорівнює

$$M = 275,84 + 35,28 = 311,12 \text{ кНм.}$$

Доля від рівномірно розподіленої частини А11 складе

$$\frac{35,28}{311,12} \cdot 100 = 11,34\%$$

Аналогічні розрахунки зроблено і при висоті опори  $h = 1$  і  $13$  м. Результати розрахунку наведено в таблиці 1.

Таблиця 1 – Значення сили бічного тиску  $E$ , перекидального моменту  $M$  і співвідношення цих величин

Висота опори, м	Сила бічного тиску, кН		Перекидальний момент, кНм	
	$E^*$	Співвідношення величин, %	$M^*$	Співвідношення величин, %
1	$\frac{1,44}{26,38}$	5,50	$\frac{0,72}{21,37}$	3,37
7	$\frac{10,08}{59,96}$	16,81	$\frac{35,28}{311,12}$	11,34
13	$\frac{18,72}{68,70}$	27,29	$\frac{121,68}{657,30}$	17,45

\* У чисельнику наведено значення сил бічного тиску  $E$  і перекидального моменту  $M$ , отриманих від рівномірно розподіленої частини навантаження А11, у знаменнику – значення від навантаження А11 в цілому.

Аналізуючи результати розрахунків, наведених у таблиці, робимо висновок про те, що вплив рівномірно розподіленої частини навантаження  $K$  треба враховувати при визначенні сили бічного тиску  $E$  і перекидального моменту  $M$ , оскільки ці величини потрібно знати при перевірці опори на стійкість проти перекидання і зсуву.

#### Література:

1. Мосты и трубы: СНиП 2.05.03-84. – (Срок введения в действие 1 января 1986г.). – М.: ЦИТП Госстроя СССР, 1985. – 200 с. – (Госстрой СССР).
2. Мосты и трубы: СНиП 2.05.03-84\*. – (Срок введения в действие 1 января 1986г.). – М.: ГП ЦПП, 1996. – 2014 с. – (Госстрой СССР).
3. Споруди транспорту. Мости і труби. Правила проектування: ДБН В.2.3-14:2006. – (Чинні від 2007-02-01). – К.: Міністерство буд-ва, архітектури та житлово-комунального господарства, 2006. – 359 с. – (Державні будівельні норми України).
4. Споруди транспорту. Мости і труби. Навантаження і вплив: ДБН В.1.2-15:2009. – (Чинні від 2010-03-01). – К.: Мінрегіонбуд України, 2009. – 66 с. – (Державні будівельні норми України).