

МЕХАНІЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ

Кафедра «Вагони»

**РОЗРАХУНОК НА МІЦНІСТЬ НАДРЕСОРНОЇ
БАЛКИ ДВОВІСНОГО ВІЗКА
ВАНТАЖНОГО ВАГОНА**

МЕТОДИЧНІ ПОРАДИ

**до виконання курсового та дипломного проектів
з дисципліни "ВАГОНИ"
(конструювання, теорія, розрахунки)**

Харків 2012

Методичні поради розглянуто та рекомендовано до друку
на засіданні кафедри «Вагони» 3 жовтня 2011 р., протокол № 4.

Рекомендовано для студентів денної і заочної форм навчання та слухачів іншої освіти.

Укладачі:

доц. А. П. Горбенко,
проф. І. Е. Мартинов

За загальною редакцією А.П. Горбенка

Рецензент

проф. А.П. Фалендиш

РОЗРАХУНОК НА МІЦНІСТЬ НАДРЕСОРНОЇ БАЛКИ
ДВОВІСНОГО ВІЗКА ВАНТАЖНОГО ВАГОНА

Методичні поради
до виконання курсового та дипломного проектів
з дисципліни "Вагони" (конструювання, теорія, розрахунки)

Відповідальний за випуск Горбенко А.П.

Редактор Буранова Н.В.

Підписано до друку 24.11.11 р.

Формат паперу 60x84 1/16. Папір писальний.

Умовн.-друк.арк. 0,25. Тираж 50. Замовлення №

Видавець та виготовлювач Українська державна академія залізничного транспорту,
61050, Харків-50, майдан Фейсрбаха, 7.
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 2874 від 12.06.2007 р.

Українська державна академія залізничного транспорту

Кафедра "Вагони"

**РОЗРАХУНОК НА МІЦНІСТЬ НАДРЕСОРНОЇ
БАЛКИ ДВОВІСНОГО ВІЗКА ВАНТАЖНОГО
ВАГОНА**

Методичні поради
до виконання курсового та дипломного проектів з
дисципліни "Вагони"(конструювання, теорія,
розрахунки) для студентів денної і заочної форм
навчання та слухачів другої освіти

Харків-2012 р.

Методичні поради розглянуто та рекомендовано до друку на засіданні кафедри «Вагони» 3 жовтня 2011 р., протокол № 4.

Рекомендовано для студентів денної і заочної форм навчання та слухачів іншої освіти.

Укладачі:

доц. А. П. Горбенко,
проф. І. Е. Мартинов

За загальною редакцією А.П. Горбенка

Рецензент

проф. А.П. Фалендиш

1 РОЗРАХУНКОВА СХЕМА НАДРЕСОРНОЇ БАЛКИ. СИЛИ, ЩО ДІЮТЬ НА НЕЇ

Вибір розрахункової схеми вагонної конструкції – це своєрідна система “на оптимум”. Треба шляхом мінімального відступу від дійсної конструкції максимально наблизити її розрахункову схему до реальної картини напружено-деформованого стану. Чим більше розрахункова схема імітує реальний об’єкт відносно його головних параметрів, тим більше вона адекватна, але ж і більш складна.

Такою складною є розрахункова схема надресорної балки у вигляді просторової статично невизначної системи, що складається із дискретних пластин.

Проте для оцінки загальної міцності надресорної балки двовісного візка вантажного вагона придатна більш проста розрахункова схема її у вигляді статично визначної балки на двох опорах.

Опорами у вертикальній площині ZOY є ресорні комплекти (рисунок 1,а), що розташовані в середніх прорізах бокових рам, а у горизонтальній площині YOX -колонки бокових рам (рисунок 1,б).

В існуючій навчальній літературі [1], [2], [3] наведені методики розрахунків надресорної балки, в яких, на жаль, допускається суттєва помилка – усі можливі навантаження вважаються діючими одночасно.

Однак згідно з вимогами [4] при розрахунках вагонних конструкцій необхідно розмежовувати поєднання певних сил, діючих одночасно, відповідно до двох основних розрахункових режимів ("I" та "II").

Кожен з цих режимів ураховує найбільш сприятливе сполучення навантажень на конструкцію при відповідних умовах експлуатації вагона. Зокрема, при розрахунку надресорної балки за режимом "I" поєднуються такі основні навантаження:

- вертикальне статичне, що зумовлене вагою бруто;
- вертикальне, що виникає при дії поздовжньої сили інерції завантаженого кузова;

- поздовжня сила інерції маси візка;
- поперечна складова поздовжньої квазістатичної сили.

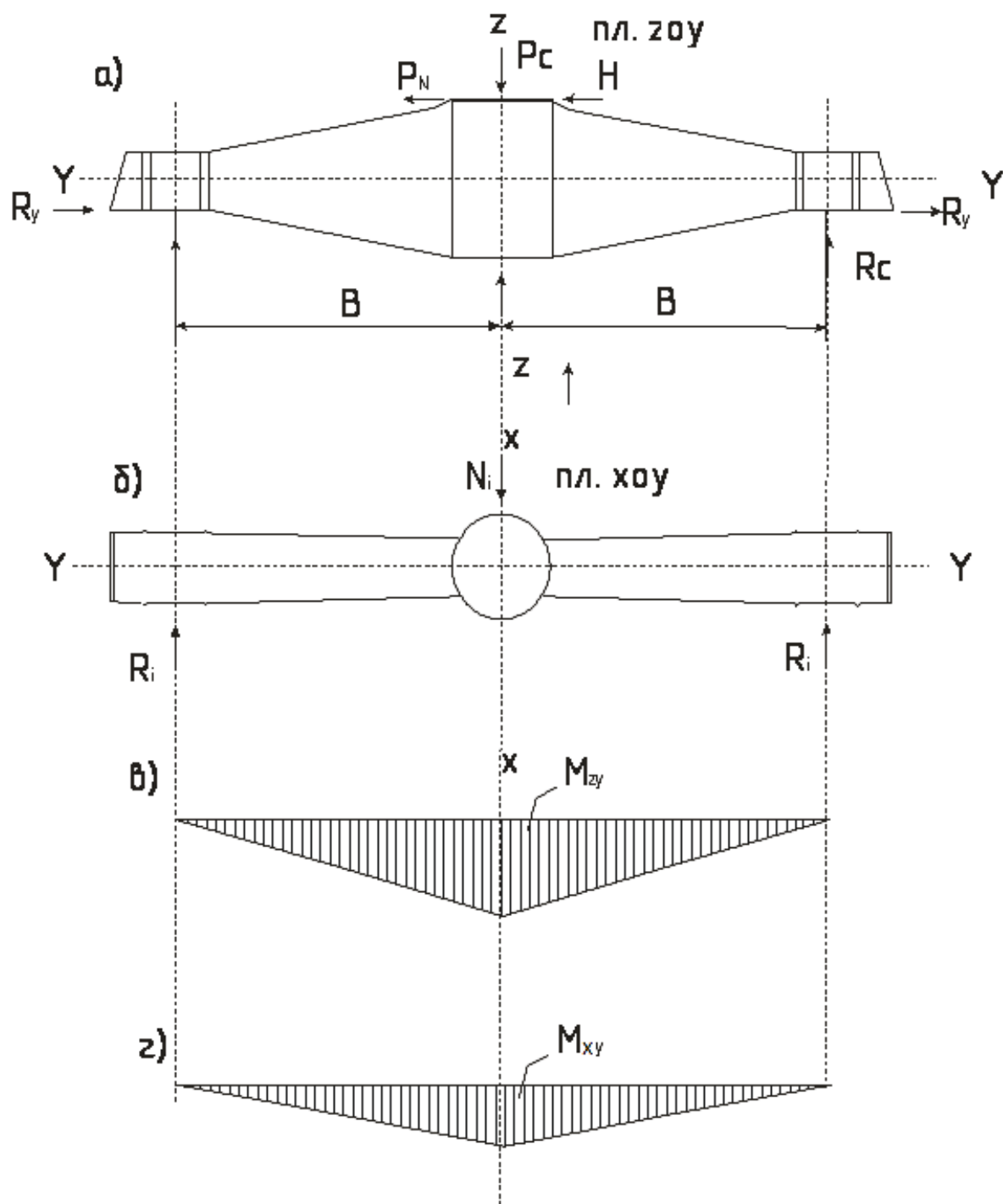


Рисунок 1 – Розрахункові схеми надресорної балки та епюри згинальних моментів

Вертикальне статичне навантаження $P_V^{(ст)}$, кН, визначається за формулою

$$P_V^{(ст)} = \frac{P_{бр} - P_ч}{m}, \quad (1)$$

де $P_{бр}$ – вага бруто вагона, кН;

$P_ч$ – вага частин візків вагона, що передають навантаження на рейки від надресорних балок, кН;

m – кількість надресорних балок вагона, для чотиривісного вагона $m = 2$; для восьмивісного $m = 4$.

Вага бруто дорівнює

$$P_{бр} = (T + P)g, \quad (2)$$

де T – тара вагона, т;

P – вантажопідйомність вагона, т;

g – прискорення вільного падіння, $g = 9,81$ м/с.

$$P_ч = n_B \cdot (m_B - m_{н.б}), \quad (3)$$

де $n_{\text{в}}$ – число двовісних візків вагона;

$m_{\text{в}}$ – маса двовісного візка, $m_{\text{в}} = 4,7$ т;

$m_{\text{н.б}}$ – маса надресорної балки, $m_{\text{н.б}} = 0,495 \div 0,505$ т.

Вертикальна динамічна сила (додаток) $P_{\text{в}}^{(i)}$, кН, що зумовлена поздовжньою силою інерції завантаженого кузова, визначається за формулою

$$P_{\text{в}}^{(i)} = N_i^{(k)} \cdot \frac{h_k}{2l}, \quad (4)$$

де $N_i^{(k)}$ – поздовжня сила інерції кузова брутто, кН;

h_k – відстань від центра мас завантаженого кузова до осі автозчепу, м;

$2l$ – база вагона, м.

Сила $N_i^{(k)}$ дорівнює

$$N_i^{(k)} = N \cdot \frac{m_k}{M_{\text{бр}}}, \quad (5)$$

де N – зовнішня поздовжня сила удару, що прикладена до автозчепу, згідно з [4] $N = 3500$ кН;

m_k – маса кузова брутто, кг;

$M_{бр}$ – маса брутто вагона, кг;

Величина h_k визначається за виразом

$$h_k = h_y + r_k - h_a, \quad (6)$$

де h_y – відстань від центра мас завантаженого кузова до геометричної осі колісної пари, згідно з [4] $h_y = 2$ м;

r_k – радіус середньо зношеного колеса, $r_k \approx 0,45$ м;

h_a – висота поздовжньої осі автотягача над головою рейки,

$$h_a = 950 \text{ мм.}$$

Поздовжня сила інерції маси візка $N_i^{(в)}$, кН дорівнює

$$N_i^{(в)} = N \cdot \frac{m_B}{M_{бр}}, \quad (7)$$

При русі поїзда з малою швидкістю в кривих мають місце горизонтальні поперечні сили взаємодії між вагонами (поперечні складові поздовжніх сил). Вони прикладені від п'ятників кузова до підп'ятників надресорних балок візків.

Така поперечна сила P_N , кН, визначається за формулою

$$P_N = N_{\text{кв}} \left[\frac{\delta \cdot \alpha}{l} \left(1 + \frac{l}{\alpha} \right) + \frac{L_a}{R} \right] \frac{l}{L}, \quad (8)$$

де $N_{\text{кв}}$ – квазістатична сила, що прикладена вздовж осі корпусу

автозчепу, $N_{\text{кв}} = 2,5 \text{ МН} = 2500 \text{ кН}$ [4];

$2l, 2L, 2L_a$ – відповідно база вагона, відстань між упорними плитами автозчепів та довжина вагона за осями зчеплення автозчепів;

δ – можливе бокове переміщення шкворневого перерізу кузова за рахунок зазорів колісної пари в рейковій колії, зазорів у буксових прорізах і в з'єднаннях п'ятників з підп'ятниками, пружних деформацій ресорного підвішування, $\delta = 0,04 \text{ м}$;

α – розрахункова довжина корпусу автозчепу, $\alpha = 1 \text{ м}$;

R – радіус кривої ділянки колії, $R = 250 \text{ м}$.

Для визначення відстані між упорними плитами автозчепів $2L$ можна скористатись таким виразом:

$$2L = 2L_{\text{вн}} - 2l_{\text{п.у.}} - 2t_{\text{пл.}}, \quad (9)$$

де $2L_{\text{вн}}$ – внутрішня довжина кузова відповідного вагона, м;

$2l_{п.у.}$ – довжина переднього упора, $2l_{п.у.} = 0,39$ м;

$t_{пл.}$ – товщина упорної плити, $t_{пл.} = 0,057$ м.

Коли розрахунок надресорної балки треба виконати за режимом "III", то поєднуються такі навантаження:

- вертикальне статичне;
- вертикальне динамічне;
- горизонтальна бокова відцентрова сила.

Величина вертикальної статичної сили $P_B^{(ст)}$ приймається такою ж, як і для розрахункового режиму "I", згідно з формулою (1).

Вертикальна динамічна сила $P_B^{(д)}$, кН, визначається за формулою в роботі [5].

$$P_B^{(д)} = P_B^{(ст)} \cdot K_{д.в.}, \quad (10)$$

де $K_{д.в.}$ – коефіцієнт вертикальної динаміки.

$$K_{д.в.} = \frac{\bar{K}_{д.в.}}{\beta} \sqrt{\frac{4}{\pi} \ln \frac{1}{1 - P(K_{д.в.})}}, \quad (11)$$

де $\bar{K}_{д.в.}$ – математичне очікування коефіцієнта вертикальної динаміки $K_{д.в.}$;

β – параметр розподілення, $\beta = 1,13$ [5];

$P(K_{\partial.с.})$ – імовірність $K_{\partial.с.}$, $P(K_{\partial.с.}) = 0,97$.

Безрозмірна величина $\bar{K}_{д.в.}$ дорівнює

$$\bar{K}_{д.в.} = a + 3,6 \cdot 10^{-4} \cdot b \cdot \frac{V - 15}{f_{ст}}, \quad (12)$$

де a – безрозмірний коефіцієнт для обресореної надресорної балки,

$$a = 0,1;$$

b – коефіцієнт осності, $b = \frac{n' + 2}{2n'}$,

V – конструкційна швидкість руху, м/с;

f – статичний прогин ресорного підвішування вагона,

$$f = 0,05 \div 0,06 \text{ м};$$

n' – кількість осей візка або групи візків під одним кінцем вагона.

Для визначення поздовжньої сили інерції маси візка $N_i^{(в)}$ користуємось формулою (7).

При цьому приймаємо $N = 1000$ кН.

На підп'ятник надресорної балки діє горизонтальна бокова сила H від п'ятника вагона, що зумовлена відцентровою силою. Вона дорівнює

$$H = \frac{m_k \cdot g}{n_B} \cdot \eta, \quad (13)$$

де η – коефіцієнт, величина якого згідно з [4] $\eta = 0,075$.

2 ВНУТРІШНІ СИЛОВІ ФАКТОРИ У ВИЗНАЧАЛЬНИХ ПЕРЕРІЗАХ НАДРЕСОРНОЇ БАЛКИ. ОЦІНКА ЇЇ МІЦНОСТІ

Сумарне вертикальне навантаження на підп'ятник надресорної балки P_c (рисунок 1,а) складає:

$$P_c = P_B^{(ст)} + P_B^{(i)}. \quad (14)$$

$$P_c = P_B^{(ст)} + P_B^{(д)}. \quad (15)$$

Формула (14) використовується для розрахункового режиму "І"; відповідно формула (15) – для розрахункового режиму "ІІІ".

В обох випадках навантаження P_c урівноважується вертикальними реакціями опор (ресорних комплектів), величина кожної з яких R_c дорівнює

$$R_c = \frac{1}{2} P_c, \quad (16)$$

Епюра згинальних моментів (площина Z_{oy}) у перерізах надресорної балки від дії сили P_c зображена на рисунку 1, в. Як видно, максимальна величина згинального моменту M_{zy} має місце посередині балки – у перерізі по осі під'ятника. Вона дорівнює, кН×м,

$$M_{zy} = R_c \cdot b. \quad (17)$$

У вертикальній площині ZOY на надресорну балку діють і горизонтальні бокові (направлені паралельно осі $Y-Y$) сили (залежно від розрахункового режиму): $\frac{1}{2}$ чи H .

Вони урівноважуються однаковими горизонтальними реакціями лівої та правої опор R_y , кН, що дорівнює відповідно:

$$R_y = \frac{1}{2} \cdot P_N. \quad (18)$$

$$R_y = \frac{1}{2} \cdot H, \quad (19)$$

Формула (18) використовується для розрахункового режиму "І"; відповідно формула (19) – для розрахункового режиму "ІІІ".

Горизонтальні сили P_N чи H викликають у перерізах балки розтягувально-стискувальні напруження, що залежать від площі поперечного перерізу. Окрім того, оскільки лінії їх дій не збігаються

з нейтральною віссю $Y - Y$, то вони зумовлюють появу згинальних моментів. Проте, через малі відстані між лініями сил та віссю $Y - Y$ величини згинальних моментів малі і ними можна нехтувати.

Згідно з обома розрахунковими режимами в горизонтальній площині x_{oy} надресорна балка навантажена поздовжньою силою інерції $N_i^{(\sigma)}$ (рисунок 1,б).

Сила $N_i^{(\sigma)}$ врівноважується двома реакціями R_i величиною

$\frac{1}{2}N_i^{(\sigma)}$ кожна. Від дії усіх цих сил у перерізах балки виникають деформації згинання і відповідні внутрішні згинальні моменти. Епюра згинальних моментів у горизонтальній площині xoy зображена на рисунку 1, г.

І в цьому випадку максимальний згинальний момент величиною $M_{xy}^{(max)} = R_i \cdot b$ посередині балки.

Звичайно, величина згинального моменту M_{xy} в будь-якому перерізі надресорної балки дорівнює

$$M_{xy} = R_i \cdot Y. \quad (20)$$

де Y – відстань від лівої опори до певного перерізу, м, у межах $0-b$.

Найбільші нормальні напруження у надресорній балці σ_{max} , кПа, складають:

$$\sigma_{max} = \frac{M_{ZY}}{W_X} \pm \frac{N}{F_{н.б}} \pm \frac{M_{xy}}{W_Z}, \quad (21)$$

де M_{ZY} , M_{xy} – згинальні моменти відповідно у вертикальній та горизонтальній площинах, кН×м;

W_X , W_Z – моменти опору перерізу балки відповідно для головних центральних осей інерції $X-X$ та $Z-Z$, м²;

N – поздовжня (для надресорної балки) сила, кН; $N = P_N$ (розрахунковий режим "I"), $N = H$ (розрахунковий режим "III");

$F_{н.б}$ – площа поперечного перерізу, м².

Міцність надресорної балки визначається за умови

$$10^3 \cdot \sigma_{max} \leq [\sigma], \quad (21)$$

де $[\sigma]$ – допустиме напруження матеріалу надресорної балки, МПа.

Треба пам'ятати, що величина $[\sigma]$ різна для кожного розрахункового режиму. Допустимі напруження за режимом "I" вибираються близькими до границі текучості σ_T матеріалу, а за режимом "III" – близький до границі витривалості σ_{-1} .

Надресорні балки двовісних візків сучасних вантажних вагонів виготовляють у вигляді сталевих відливків марки 20 ГФЛ.

Згідно з [4] приймається: $[\sigma] = 0,85 \sigma_T$ – для розрахункового режиму “I”; $[\sigma] = 150$ МПа – для розрахункового режиму “III”

Для сталі марки 20 ГФЛ $\sigma_T = 314$ МПа.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

- 1 Конструирование и расчёт вагонов [Текст]: Учебник для вузов ж.-д. трансп. / В.В. Лукин [и др.]; под. ред. В.В. Лукина. – М.: УМК МПС России, 2000. – 731 с.
- 2 Вагоны. Конструкция, теория и расчёт [Текст] / Л.А. Шадур [и др.]; под ред. Л.А. Шадура. – 3-е изд. – М.: Транспорт, 1980. – 439 с.
- 3 Расчёт вагонов на прочность [Текст] / С.В. Вершинский [и др.]; под ред. Л.А. Шадура. – 2-е изд. М.: – Машиностроение, 1971. – 432 с.
- 4 Нормы для расчета и проектирования вагонов железных дорог МПС колеи 1520 мм (несамоходных) [Текст]. – М.: ГосНИИВ-ВНИИЖТ, 1996 – 355 с.
- 5 Горбенко, А.П. Конструювання та розрахунки вагонів [Текст]: навч. посібник / А.П. Горбенко, І.Е. Мартинов. – Харків: УкрДАЗТ, 2007. – 152 с.

