

**Висше Транспортно Училище
"Тодор Каблешков" - София**

катедра: "ТРАНСПОРТНА ТЕХНИКА"

КУРСОВ ПРОЕКТ

по "Железопътна техника - вагони"

Разработил: /

/

Проверил: доц. д-р инж. /Д. Атмаджова/

СОФИЯ, 2009 год.

ЗАДАНИЕ:

за курсов проект по " Железопътна техника - вагони"

Да се проектира по следните изходни данни:

1. Вид на вагона — 4-осен покрит товарен $n_{oc} = 4$
2. Натоварване на ос с маса — $m_{oc} = 20$ t/ос;
3. Таров коефициент — $k_T = 0,4$
4. Габарит — за вътрешни съобщения (BC)
5. Обемна маса на товара — $\gamma = 0,6$ t/m³
6. Коефициент на запълване — $\phi = 0,9$
7. Минимален радиус на вписване — $R_{min} = 250$ m
8. Конструктивна скорост $V_k = 120$ km/h
9. Вид на талигата — **БТ-6**
10. База на талигата — $2l_T = 1,8$ m

А/ ИЗЧИСЛИТЕЛНА ЧАСТ

- I. Да се определят основните линейни размери на вагона.
- II. Да се определят силите, действащи върху вагона и талигата.
- III. Да се съставят хоризонтален динамичен паспорт и разчетни схеми за оразмеряване на талигата.
- IV. Да се определят геометричните характеристики на избрани сечения от талигата.
- V. Да се извършат якостни пресмятания на рамата на талигата в посочените сечения.

Б/ ГРАФИЧНА ЧАСТ

Да се начертаят сборен чертеж на талигата и детайлни чертежи от ресорното окачване на вагона.

РЕШЕНИЕ

Част I. Определяне на основните линейни размери на вагона

1. Определяне на брутното натоварване ($P_{\delta p}$)

$$(1) \quad P_{\delta p} = n \cdot q_{oc}, \text{ kN}$$

където: $n = 4$ - брой оси на вагона (по задание); $q_{oc} = 20 \text{ t/ос} = 196,2 \text{ kN/ос}$ - натоварване на ос (по задание).
Замествам в (1) и получавам: $P_{\delta p} = 784,8 \text{ kN}$

2. Определяне на товароносимостта ($P_{тов}$)

$$(2) \quad P_{тов} = \frac{P_{\delta p}}{1 + k_T}, \text{ kN},$$

където: $k_T = 0,4$ - таров коефициент (по задание); $P_{\delta p} = 784,8 \text{ kN}$ - брутно натоварване на вагона (съгл. т. 1)
Замествам в (2) и получавам: $P_{тов} = 560,571 \text{ kN}$

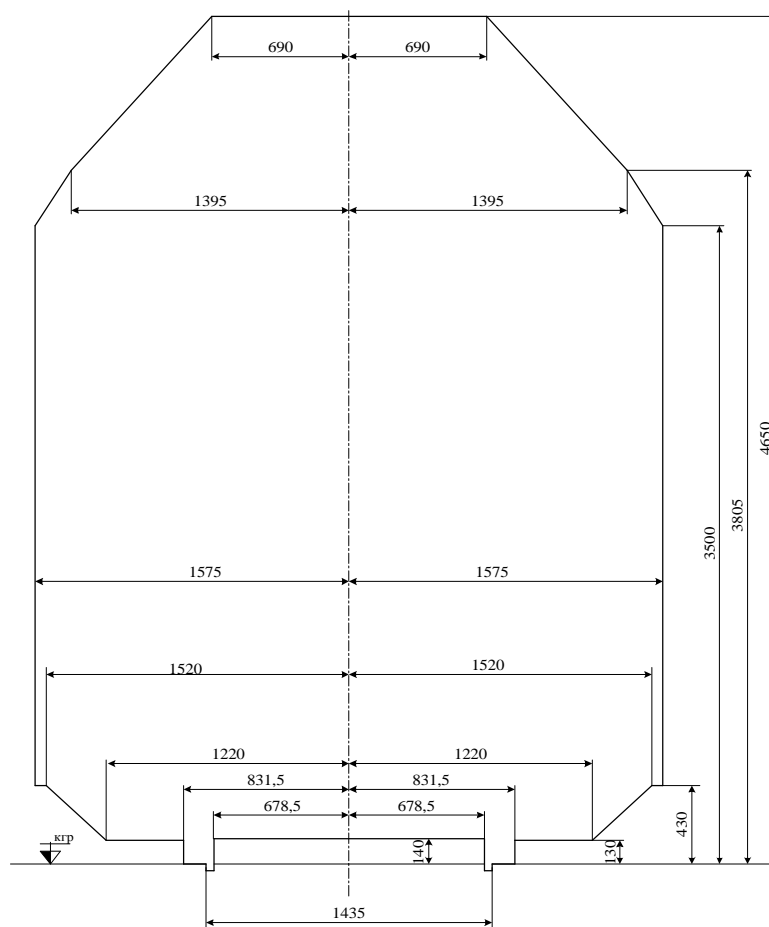
3. Определяне на тарата (T)

$$(3) \quad T = k_T \cdot P_{тов}, \text{ kN},$$

където: $k_T = 0,4$ - таров коефициент (по задание); $P_{тов} = 560,571 \text{ kN}$ - товароносимост (съгл. т. 2)
Замествам в (3) и получавам: $T = 224,229 \text{ kN}$

4. Определяне височината на вагона (H)

По задание проектирания вагон е за ВС, т.е. габаритните изисквания налагат използването на статичен габарит на подвижния железопътен състав (ПЖПС) и товарите за ВС в БДЖ (фиг. 1).



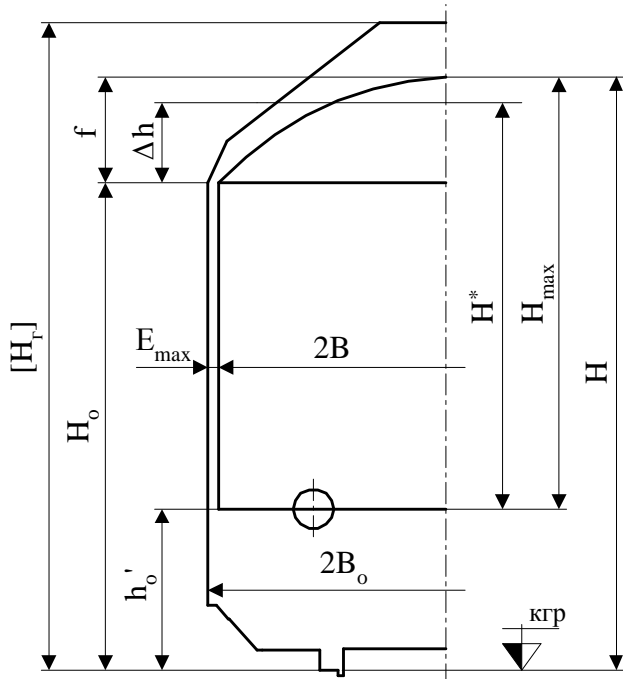
Фиг. 1. Статичен габарит на подвижния железопътен състав и товарите за вътрешни съобщения на БДЖ тип 02-Т

Неговите размери са определени от УИС—500 като тип 02—Т или по БДС 16285—85 тип 02—ВМ и са дадени в приложение II на Правилник за техническа експлоатация (ПТЕ) на НК “БДЖ”, приложение II на правилника RIV за взаимно използване на товарни вагони (ТВ) в МС като таблица 3₂, том 1 и като фиг. 1.3 стр. 11 [1].

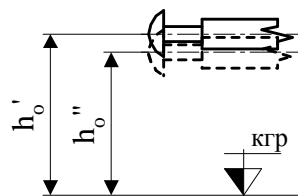
Изхождайки от вертикалната статична рамка на ПЖПС и товарите (фиг. 1) максималната възможна височина (H_{max}) за коша на открит товарен вагон се определя от фиг. 2 по зависимостта:

$$(4) \quad H_{\max} = H_0 + h_0' + f, m$$

където: H_0 - линейна част от габаритната рамка (основна височина) От фиг. 1 се определя $H_0 = 3,5 m$; h_0' - височина от оста на буфера до глава релса при празен вагон (фиг. 3), а h_0'' - при пълен (натоварен) вагон. От правилника RIV се дава $h_0' = 1,065 m$, а $h_0'' = 0,94 m$; f - стрела на покрива, която за ТВ се приема $f = 0,28 \div 0,7 m$. Избирам $f = 0,7 m$.



Фиг. 2



Фиг. 3

$2B_0$ - основна ширина на габаритната рамка, като от фиг. 1 се определя $2B_0 = 3,15 m$.

След заместване в (4) се получава: $H_{\max} = 3,135 m$

За по-пълно използване на габаритната рамка (фиг. 1) е необходимо да се определи приведената височина (H^*) от фиг. 2 чрез зависимостта:

$$(5) \quad H^* = H_0 - h_0' + \Delta h, m$$

където: $H_0 = 3,5 m$ - линейна част от габаритната рамка (фиг. 1); $h_0' = 1,065 m$ - височина от глава релса до оста на буфера (пода на вагона) при празен вагон (фиг. 3); Δh - допълнителна височина (фиг. 4), определена по израза

$$(6) \quad \Delta h = \frac{S_r}{B_0 - E_{\max}} \approx \frac{S_r}{B_0}, m,$$

където: $B_0 = 1,575 m$ - основна полуширина на габаритната рамка, определена от фиг. 1. S_r - лице на половината от горната част на габаритната рамка (фиг. 1), което съгл. фиг. 4 се определя от израза

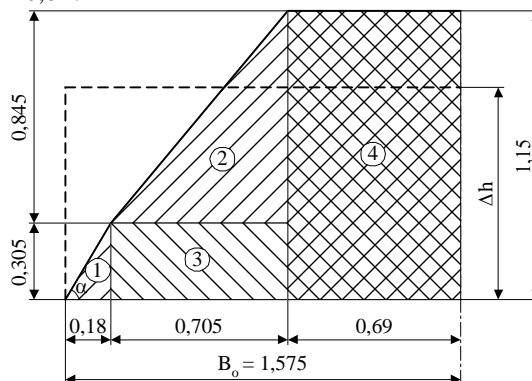
$$(7) \quad S_r = \sum_{i=1}^4 S_i = S_1 + S_2 + S_3 + S_4, m^2$$

като S_i ($i = 1 \div 4$) са лица на отделните фигури (фиг. 4), определени както следва:

$$S_1 = 274,5 \cdot 10^{-4} m^2; S_2 = 2978,625 \cdot 10^{-4} m^2; S_3 = 2150,25 \cdot 10^{-4} m^2; S_4 = 7935 \cdot 10^{-4} m^2$$

Замествам в (7) и получавам: $S_r = 13338,375 \cdot 10^{-4} m^2$;

Замествам в (6) и получавам: $\Delta h = 0,847 m$



Фиг. 4

Замествам в (5) и получавам за приведената височина

$H^* = 3,5 - 1,065 + 0,847 = 3,282 \text{ m}$, и получавам: $H^* = 3,282 \text{ m}$

5. Определяне на специфичния обем на товара (V_y')

$$(8) \quad V_y' = \frac{1}{\gamma}, m^3 / kN,$$

където $\gamma = 0,6 \text{ t/m}^3 = 5,886 \text{ kN/m}^3$ - обемно тегло на товара по задание.

Замествам в (8) и получавам: $V_y' = 0,17 \text{ m}^3/kN$

6. Определяне на специфичния обем на коша на вагона (V_y'')

$$(9) \quad V_y'' = \frac{V_T}{P_{\text{тов}}} = \frac{V \cdot \varphi}{P_{\text{тов}}}, m^3 / kN,$$

където: V_T - товарен обем на коша на вагона, m^3 ; V - пълен (геометричен) обем на коша, определен от израза

$$(10) \quad V = 2B^* \cdot 2L^* \cdot H^* = 2(B - b_1) \cdot 2(\ell + n_k - b_2) \cdot (H^* - b_3), m^3,$$

като $2B^*$, $2L^*$ и H^* са приведени линейни размери, съответно ширина, дължина и височина на коша на вагона, определени както следва:

$$(11) \quad 2B^* = 2(B - b_1) = 2(B_0 - E_{\text{max}}), \text{ m},$$

$$(12) \quad 2L^* = 2(\ell + n_k - b_2), \text{ m},$$

$$(13) \quad H^* = H^* - b_3, \text{ m},$$

където: $2B_0 = 3,15 \text{ m}$ - основна ширина на габарита (фиг. 1); E_{max} - максимално стеснение на габаритната рамка, m ; ℓ - полубаза на вагона, m ; n_k - дължина на конзолната част на вагона, m ; b_i ($i = 1 \div 3$) са дебелини на стените на коша на вагона, подбрани конструктивно.

Първоначално приемам, че $b_1 = 0$ и $E_{\text{max}} = 0$.

След заместване в (11), (12) и (13) получавам:

$$2B^* = 2B_0 = 3,15 \text{ m};$$

$$2L^* = 2(\ell + n_k), \text{ m};$$

$$H^* = 3,282 \text{ m} - \text{съгласно т. 4.}$$

След заместване в (10) получавам:

$$V = (\ell + n_k) \cdot 2 \cdot 2B_0 \cdot H^*, m^3 \text{ и следния израз: } V = (\ell + n_k) \cdot 20,676 \text{ m}^3$$

$\varphi = 0,9$ - зададен коефициент на запълване (изполване на геометричния обем на товара);

$P_{\text{тов}} = 560,571 \text{ kN}$ - товароносимост на вагона (съгл. т. 2).

Замествам в (9) и получавам: $V_y'' = (\ell + n_k) \cdot 0,033 \text{ m}^3/kN$

Съгласно технико-икономичните условия при проектиране на вагон, т. е. реализиране на оптимални параметри от вагонната конструкция се получава т. нар. икономическо условие за обвързване на линейните размери с оптималните технико-икономически параметри като оптимално оползотворяване на носещата способност на вагона при запълване с товар в целия предоставен обем на коша:

$$(14) \quad g(\ell, n_k) \equiv V_y' - V_y'' = 0$$

Замествам в (14) стойностите за специфичните обеми на товара и на коша на вагона (съгл. т. 5 и 6) и получавам:

$$(15) \quad \ell + n_k = 5,118 \text{ m}$$

7. Определяне на ширината на вагона ($2B$)

Изхождайки от геометричните изисквания при проектирането на вагон, ширината се определя от зависимостта:

$$(16) \quad 2B = 2B_0 - 2E_{\text{max}}, \text{ m}$$

където: $2B_0 = 3,15 \text{ m}$ - основна ширина на габарита (фиг. 1); $E_{\text{max}} = \max(E_i, E_a, E_o)$, m - максимално стеснение на габаритната ширина, съответно в централната част на вагона, т. е. между централните лагери (E_i); в конзолната част, т. е. извън централните лагери (E_a) и в централните лагери (E_o).

За определяне на стесненията се използват (17) и (18), определени от некомпенсираните хоризонтални премествания от хлабини и деформации на ходовите части ($E_{\text{хп}}$) и от износване на вагонните части при вписване в крива ($y_{i,a}$), занижени с допустимите износвания ($S_{i,a}$), определени по фиш 505-5 на UIC според височината на частите от глава релса ($h \leq 0,43 \text{ m}$ или $h > 0,43 \text{ m}$).

$$(17) \quad E_i = [y_i + E_{\text{хп}} + [x_i]_{>0} - S_i]_{>0}, \text{ m},$$

$$(18) \quad E_a = [y_a + E_{\text{хп}} \frac{\ell + n}{\ell} + [x_a]_{>0} - S_a]_{>0}, \text{ m}$$

където: y_i и y_a са хоризонталните премествания от износване на вагонните части при вписване в крива, определени от фиг. 5 по зависимостите:

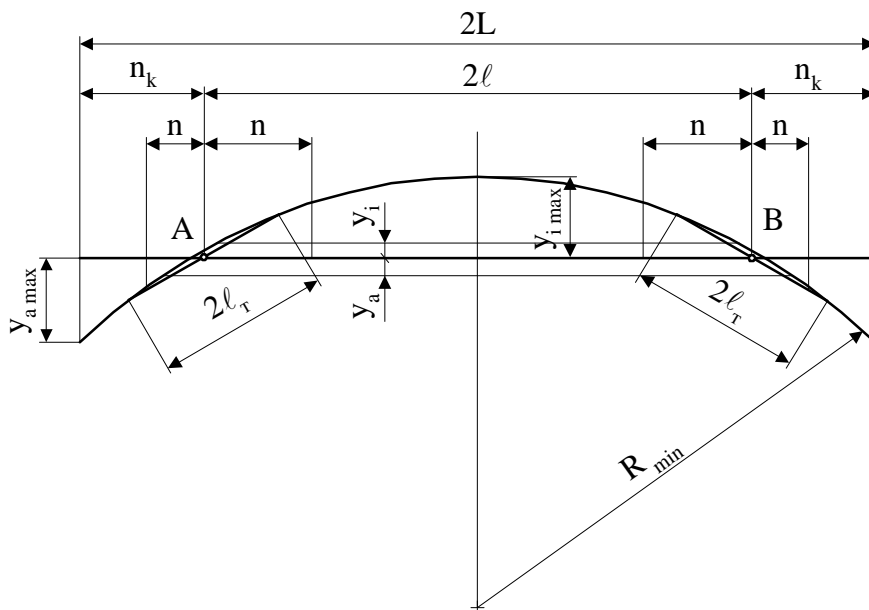
$$(19) \quad y_i = \frac{(2\ell - n) \cdot n}{2R} + \frac{\ell_T^2}{2R}, \text{ m}$$

$$(20) \quad y_a = \frac{(2\ell + n) \cdot n}{2R} - \frac{\ell_T^2}{2R}, \text{ m}$$

като: 2ℓ и $2\ell_T$ - база на вагона и талигата, m; R - радиус на разчетната крива; n - текуща координата (разстояние от разглежданата вагонна част до най-близкия централен лагер), като за (19) $0 \leq n \leq n_k$ и съответно за (20) $0 \leq n \leq \ell$, m;

$R \equiv R_{\min} = 250$ m - минимален радиус на вписване на вагона (радиус на разчетната крива) по задание;

$2\ell_T = 1,8$ m - база на талигата (по задание), т. е. $\ell_T = 0,9$ m.



Фиг. 5

След заместване в (19) и (20) се получава:

$$y_i = \frac{(2\ell - n) \cdot n + 0,81}{500}, \text{ m то } y_{i \max} (n = \ell) = \frac{\ell^2 + 0,81}{500}, \text{ m}$$

$$y_a = \frac{(2\ell + n) \cdot n - 0,81}{500}, \text{ m то } y_{a \max} (n = n_k) = \frac{(2\ell + n_k) \cdot n_k - 0,81}{500}, \text{ m}$$

$$(21) \quad E_{\text{хп}} = S_n - d_p + q + w, \text{ m},$$

където: $2S_n$ - максимална ширина между релсовите нишки в крива с разчетен радиус R_{\min} . Според табл. 1.3. стр. 19 [1] за жп линии с нормално междурелсие 1435 mm и $R_{\min} = 250$ m $2S_n = 1453$ mm $\rightarrow S_n = 726,5$ mm = 0,7265 m; $2d_p$ - минимално разстояние между пределно износени реборди. Съгласно RIV $2d_{p \min} = 1410$ mm $\rightarrow d \equiv d_p = 0,705$ m; q - максимално напречно изместване спрямо надлъжната ос на пътя от максимално износване на буксовия възел; w - максимално напречно изместване на надресорната греда на талигата от средно положение от износване на централния лагер.

Съгласно табл. 1.1 стр. 16 [1] за четириосни товарни вагони с едностепенно ресорно окачване $q + w = 15 \div 25$ mm (за кош), $5 \div 20$ mm за талига и 0 mm за буква т. е. $q + w = 20 \div 45$ mm. Избирам $q + w = 32,5$ mm = 0,0325 m.

След заместване в (21) се получава:

$$E_{\text{хп}} = 0,7265 - 0,705 + 0,0325 = 0,054 \text{ m} \quad \rightarrow E_{\text{хп}} = 0,054 \text{ m}$$

x_i, x_a - корекционни коефициенти за вписване в криви с радиуси $150 \div 250$ m, определени от зависимостите:

$$(22) \quad x_i = \frac{(2\ell - n) \cdot n + \ell_T^2 - 100}{750}, \text{ m};$$

$$(23) \quad x_a = \frac{(2\ell + n) \cdot n - \ell_T^2 - 120}{750}, \text{ m}$$

Изразите в квадратни скоби []_{>0} се отчитат, ако са положителни и се приемат за нула, когато са отрицателни.

S_i, S_a - допустими износвания за криви $\infty \geq R \geq 250$ m (по задание $R_{\min} = 250$ m), определени от табл. 1.2 стр. 17 [1] според разположението на вагонните части по височина от глава релса от зависимостите:

$$(24) \quad S_i = S_a = \frac{2,5}{R} + \frac{2S_{\Pi} - 1,435}{2}, \text{ m за вагонни части, разположени на височина под } 0,43 \text{ m от глава релса, т. е.}$$

$h \leq 0,43$ m;

$$(25) \quad S_i = S_a = \frac{3,75}{R} + \frac{2S_{\Pi} - 1,435}{2} + 0,045, \text{ m за вагонни части, разположени на височина над } 0,43 \text{ m от глава релса, т.е. } h > 0,43 \text{ m.}$$

Замествам в (24) и (25) със зададения $R \equiv R_{\min} = 250$ m и определеното от табл. 1.3 стр. 19 [1] $2S_{\Pi} = 1,453$ m и получавам: $\rightarrow S_i = S_a = 0,019$ m и $S_i = S_a = 0,069$ m

Понеже стойностите на коефициентите x_i и x_a , получени от (22) и (23) са отрицателни, те се пренебрегват.

След заместване в (17) и (18) се получава:

$$(26) \quad E_i = \left[\frac{(2\ell - n) \cdot n + 0,81}{500} - 0,015 \right]_{>0}, \text{ m ;}$$

$$(27) \quad E_a = \left[\frac{(2\ell + n) \cdot n - 0,81}{500} + 0,054 \cdot \frac{\ell + n}{\ell} - 0,069 \right]_{>0}, \text{ m .}$$

За по-пълно оползотворяване на предоставения габарит на ПЖПС и товарите за МС е нужно да се намери съотношение между базата на вагона (2ℓ) и дължината на конзолната част (n_k), осигуряващо равенство на стесненията на ширината в средата и в двата края на вагона, т. е. функционална зависимост, обвързваща основните линейни размери и изискванията за геометрично вписване т. нар. геометрично условие:

$$(28) \quad f(\ell, n_k) \equiv E_{a \max} - E_{i \max} = 0$$

където $E_{a \max} \equiv E_a$ ($n = n_k$) и $E_{i \max} \equiv E_i$ ($n = \ell$) - максимални стеснения на ширината на вагона, съответно в конзолната част и средата на вагона, за които след заместване в (26) и (27) получавам:

$$(29) \quad E_{i \max} = 0,002 \cdot \ell^2 - 0,01338, \text{ m}$$

$$(30) \quad E_{a \max} = 0,004 \cdot \ell \cdot n_k + 0,002 \cdot n_k^2 + 0,054 \cdot \frac{n_k}{\ell} - 0,01662, \text{ m}$$

Умножавам с ($250 \cdot \ell \neq 0$).

Замествам (29) и (30) в (28) и получавам:

$$(31) \quad \ell^2 \cdot n_k + 0,5 \cdot n_k^2 \cdot \ell + 13,5 \cdot n_k - 0,5 \cdot \ell^3 - 0,81 \cdot \ell = 0.$$

Съставям система от двете критериални уравнения (14) и (28):

$$\begin{cases} g(\ell, n_k) \equiv V_y' - V_y'' = 0 \\ f(\ell, n_k) \equiv E_{a \max} - E_{i \max} = 0 \end{cases}$$

Замествам с (15) и (31) и получавам:

$$(32) \quad \begin{cases} \ell + n_k = 5,118 \\ \ell^2 \cdot n_k + 0,5 \cdot n_k^2 \cdot \ell + 13,5 \cdot n_k - 0,5 \cdot \ell^3 - 0,81 \cdot \ell = 0 \end{cases}$$

Решавам системата (32) чрез заместване като изразявам ℓ от първото уравнение и го замествам във второто уравнение:

$$(33) \quad \ell = 5,118 - n_k, \text{ m}$$

$$(34) \quad n_k^3 - 15,354 \cdot n_k^2 + 79,796 \cdot n_k - 71,178 = 0$$

Замествам в (34) като задавам стойности на n_k и получавам грешка Δ , която разделям на $250 \cdot \ell \neq 0$ и получавам действителната стойност на грешката Δ , както следва:

- при $n_k \equiv n_{k \min} = 1,9$ m минимално допустима за 4-осни ТВ съгласно UIC стр. 24 [1] грешката е $\Delta = 0,039608097 \approx 3,96$ %;

- при $n_k = 2$ m грешката е $\Delta = 0,044896907 \approx 4,49$ %;

- при $n_k = 2,1$ m грешката е $\Delta = 0,050288242 \approx 5,03$ %.

Оптималната стойност за дължината на конзолната част n_k по (34) е при $n_k = 1,113$ m с грешка $\Delta = -0,000006329$, но понеже минимално допустимата стойност по UIC е $n_k \equiv n_{k \min} = 1,9$ m, то приемам $n_k = 1,9$ m.

След заместване в (33) за полубазата на вагона се получава:

$$\ell = 5,118 - 1,9 = 3,218 \text{ m} \quad \rightarrow \ell = 3,218 \text{ m}$$

Замествам в (29) и (30) и получавам за максималните стеснения на ширината на вагона:

$$E_{i \max} = 0,007 \text{ m} \text{ и } E_{a \max} = 0,047 \text{ m} \rightarrow E_{\max} = E_{a \max} = 0,047 \text{ m}$$

Замествам в (16) и получавам за ширината на вагона:

$$2B = 2E_0 - 2 \cdot E_{\max} = 3,15 - 2 \cdot 0,047 = 3,056 \text{ m}$$

$$\rightarrow 2B = 3,056 \text{ m}$$

8. Определяне дължините на вагона (2L) и (2L_δ)

За определяне дължината на коша на вагона (2L) и дължината на вагона с буферите (2L_δ) се използват се зависимостите:

$$(35) \quad 2L = 2(\ell + n_k) = 2\ell + 2 \cdot n_k, \text{ m}$$

$$(36) \quad 2L_\delta = 2L + 2 \cdot \ell_\delta, \text{ m}$$

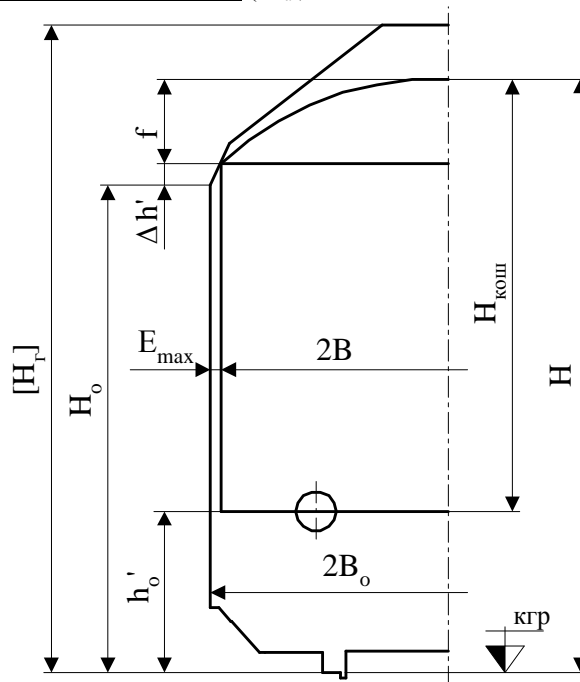
където: $\ell = 3,218 \text{ m}$ - полубаза на вагона съгласно (33) т. 7; $\rightarrow \ell = 6,436 \text{ m}$ - база на вагона; $n_k = 1,9 \text{ m}$ - дължина на конзолната част на вагона от т. 7; $\ell + n_k = 5,118 \text{ m}$ - икономическо условие (15) съгласно т. 6; $\ell_\delta = 0,62 \text{ m}$ - дължина на ненатоварен буфер на ТВ съгласно RIV.

Замествам в (35) и (36) и получавам:

$$2L = 2 \cdot 5,118 = 2 \cdot 3,218 + 2 \cdot 1,9 = 10,236107 \approx 10,236 \text{ m} \rightarrow 2L = 10,236 \text{ m}$$

$$2L_\delta = 10,236 + 2 \cdot 0,62 = 11,476107 \text{ m} \rightarrow 2L_\delta = 11,476 \text{ m}$$

9. Определяне на окончателната височина на вагона (H_{ваг})



Фиг. 6

Окончателната височина на вагона (H_{ваг}) се определя (фиг. 6) по зависимостта:

$$(37) \quad H_{\text{ваг}} \equiv H = H_0 + f + \Delta h', \text{ m}$$

където: $H_0 = 3,5 \text{ m}$ - основна габаритна височина (фиг. 1) от т. 4; $h_0' = 1,065 \text{ m}$ - височина от оста на буфера до глава релса при празен вагон (фиг. 3); $f = 0,7 \text{ m}$ - стрела на покрива съгласно т. 3; $\Delta h'$ - допълнителна височина, определена по зависимостта:

$$(38) \quad \Delta h' = E_{\max} \cdot \text{tg} \alpha, \text{ m},$$

където: $E_{\max} = 0,047 \text{ m}$ - максимално стеснение на габаритната ширина на вагона, определено в т. 7; $\alpha = 59^{\circ}27'8,74''$ - ъгъл на наклона на габаритната рамка от фиг. 4 $\rightarrow \text{tg} \alpha = 1,694444 \approx 1,7$.

Замествам в (38) и получавам:

$$\Delta h' = 0,047 \cdot 1,7 = 0,079537 \approx 0,08 \text{ m} \quad \rightarrow \Delta h' = 0,08 \text{ m}$$

Замествам в (37) и получавам:

$$H_{\text{ваг}} = 3,5 + 0,7 + 0,08 = 4,28 \text{ m} \rightarrow H_{\text{ваг}} = 4,28 \text{ m}$$

10. Уточняване на основните линейни размери на вагона

За удобство при по-нататъшните пресмятания приемам следните основни линейни размери на вагона:

а) височина $H = 4,2 \text{ m}$;

б) ширина $2B = 3 \text{ m}$;

в) база на вагона $2\ell = 6,5 \text{ m}$;

- г) дължина на конзолната част $n_k = 1,9$ m;
 д) товарна дължина $2L = 10,3$ m;
 е) дължина с буферите (габаритна, пълна) $2L_\delta = 11,54$ m.

11. Проверки

а) геометрична

1 за конзолните части

$$(39) \quad n_{k \min} \leq n_k \leq n_{k \max}, \text{ m,}$$

където: $n_{k \min} = 1,9$ m - минимално допустима по UIC за 4-осни ТВ; $n_{k \max} = 2,355$ m - максимално допустима по UIC за ТВ с база $6,5 \div 14$ m, защото $6,5 \text{ m} \leq 2 \ell = 8 \text{ m} \leq 14 \text{ m}$.

Проверката (39) е изпълнена, понеже $n_k = n_{k \min} = 1,9$ m.

2 за централните части

$$(40) \quad 2\ell_{\min} \leq 2\ell \leq 2\ell_{\max}, \text{ m,}$$

където: $2\ell_{\min} = 6$ m - минимално допустима по UIC база (дължина между централните лагери) за 4-осни ТВ; $2\ell_{\max} = 17,5$ m - максимално допустимо разстояние между вътрешните оси за ТВ с талиги по UIC.

Проверката (40) е изпълнена, защото $2\ell_{\min} = 6 \text{ m} < 2\ell = 6,5 \text{ m} < 2\ell_{\max} = 17,5 \text{ m}$.

3 за височината

$$(41) \quad H_{\text{ваг}} \equiv H = H_{\text{кош}} + h_0' \leq [H_r], \text{ m}$$

където: $H_{\text{ваг}} \equiv H = 4,2$ m - височина на вагона от покрива до глава релса съгласно т. 11 а); $[H_r] = 4,65$ m - максимална височина на габаритната рамка за МС съгласно т. 4 (фиг. 1).

Проверката (41) е изпълнена, т. к. $H = 4,2 \text{ m} < [H_r] = 4,65 \text{ m}$.

б) товарна

1 за линейно натоварване върху пътя

$$(42) \quad \frac{P_{\delta p}}{2L_\delta} \leq [q_L], \text{ kN/m}$$

където: $P_{\delta p} = 784,8$ kN - брутно натоварване на вагона (съгл. т. 1); $2L_\delta = 11,54$ m - дължина на вагона с буферите; $[q_L] = 72$ kN/m - максимално допустимо натоварване на линеен метър от пътя.

След заместване в (42) се получава:

$$\frac{784,8}{11,54} = 68,007 < 72 \text{ kN/m} \rightarrow \text{Проверката е изпълнена.}$$

2 минимална тара (Т)

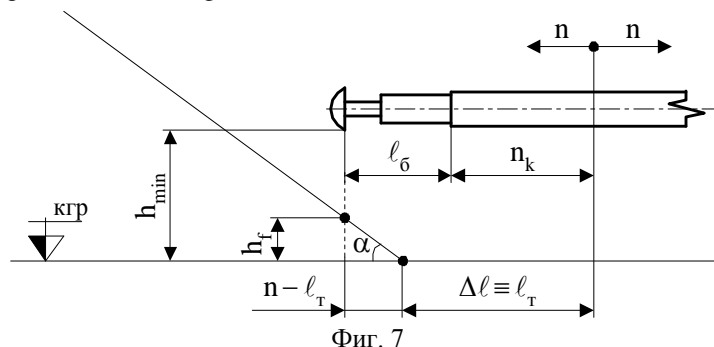
$$(43) \quad T \geq T_{\min}, \text{ kN,}$$

където: $T = 224,229$ kN - тара на вагона (съгласно т. 3); $T_{\min} = 160$ kN - минимално допустима тара за талигови ТВ по RIV.

$T = 224,229 \text{ kN} > T_{\min} = 160 \text{ kN} \rightarrow$ Проверката е изпълнена.

в) вписване във вертикални криви

1 преминаване през ферибоотна клапа (фиг. 7)



Използват се зависимостите:

- за части, намиращи се извън централните болтове

$$(44) \quad h_{\min} \geq h_f \rightarrow h_{\min} = (n - \ell_T) \cdot \text{tg} \alpha + 0,06, \text{ m}$$

като: $n_{\max} = \ell_\delta + n_{k \max} = 0,62 + 1,9 = 2,52 \text{ m}$

- за части, намиращи се между централните болтове

$$(45) \quad h_{\min} \geq h_f \rightarrow h_{\min} = \frac{n \cdot (2\ell - n)}{2\ell} \cdot \operatorname{tg} \alpha + 0,06, \text{ m}$$

като: $n_{\max} = \ell = 3,25 \text{ m}$

където: n - текуща координата (разстояние от съответната част до най-близкия централен болт), m ; $2\ell_{\tau} = 1,8 \text{ m}$ - база на талигата (по задание за талига БТ-6) $\rightarrow \ell_{\tau} = 0,9 \text{ m}$ - полубаза на талигата; α - ъгъл на наклона на ферибоотната клапа, съгласно табл. 1.4 стр. 27 [1]. Избирам $\alpha = 2^{\circ} 30' = 2,5^{\circ}$;

$2\ell = 6,5 \text{ m}$ - база на вагона (съгл. т. 11 б).

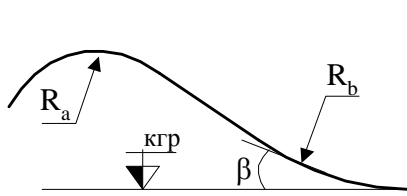
След заместване в (44) и (45) за минимално допустима височина на неподвижните части на коша или рамата при натоварен вагон в хоризонтален коловоз от глава релса се получава:

$h_{\min} = (2,52 - 1,9) \cdot \operatorname{tg} 2^{\circ} 30' + 0,06 = 0,130730727 \approx 0,131 \text{ m} \rightarrow h_{\min} = 0,131 \text{ m}$ - за части извън централните болтове.

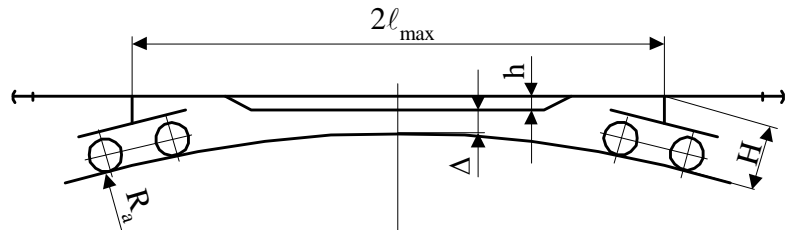
$h_{\min} = \frac{\ell}{2} \cdot \operatorname{tg} 2,5^{\circ} + 0,06 = \frac{3,25}{2} \cdot \operatorname{tg} 2,5^{\circ} + 0,06 = 0,13095 \approx 0,131 \text{ m} \rightarrow h_{\min} = 0,131 \text{ m}$ - за части между централните болтове.

2) преминаване през гърбица (фиг. 8)

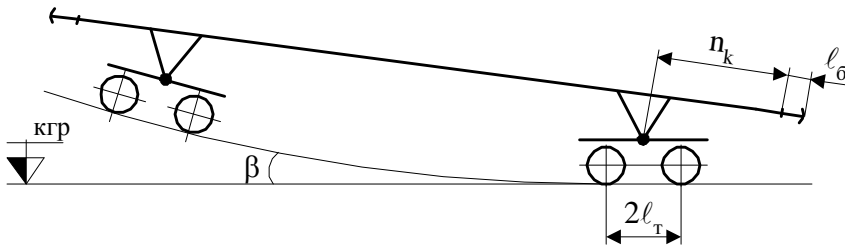
При преминаване през гърбица се проверяват централните сечения и конзолните части на вагона.



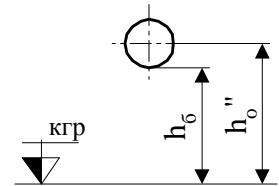
Фиг. 8



Фиг. 9



Фиг. 10



Фиг. 11

За изпъкнала гърбица (фиг. 9) се изхожда от зависимостите:

$$(46) \quad 2\ell_{\max} > 2\ell, \text{ m}$$

$$(47) \quad \ell_{\max} = \sqrt{(H - p)(2R_a + H + p)}, \text{ m}$$

където: p - височината на най-ниско разположените вагонни части, определена от израза:

$$(48) \quad p = \Delta + h, \text{ m}$$

като: $\Delta = 0,6 \text{ m}$ и $h = 0,2 \text{ m}$ - параметри (фиг. 9).

Замествам в (48) и получавам:

$$p = 0,6 + 0,2 = 0,8 \text{ m} \quad p = 0,8 \text{ m}$$

$H = 1 \text{ m}$ - височина (фиг. 9);

$\beta = 3^{\circ} 6' \approx 3,06^{\circ}$ - вертикален ъгъл на наклона на гърбичното съоръжение (фиг. 8);

$R_a = 250 \text{ m}$ и $R_b = 300 \text{ m}$ - радиуси на кривите на гърбичното съоръжение (фиг. 8).

След заместване в (47) се получава:

$$\ell_{\max} = \sqrt{(1 - 0,8)(2 \cdot 250 + 1 + 0,8)} = 10,01798 \approx 10,018 \text{ m} \rightarrow 2\ell_{\max} = 20,036 \text{ m}$$

$2\ell_{\max} = 20,036 \text{ m} > 2\ell = 6,6 \text{ m} \rightarrow$ Проверката (46) е изпълнена.

За вдлъбната гърбица (фиг. 10) проверявам по зависимостта:

$$(49) \quad \ell_{\delta} + n_k - \frac{h_{\delta}}{\operatorname{tg} \beta} \leq \ell_{\tau}, \text{ m}$$

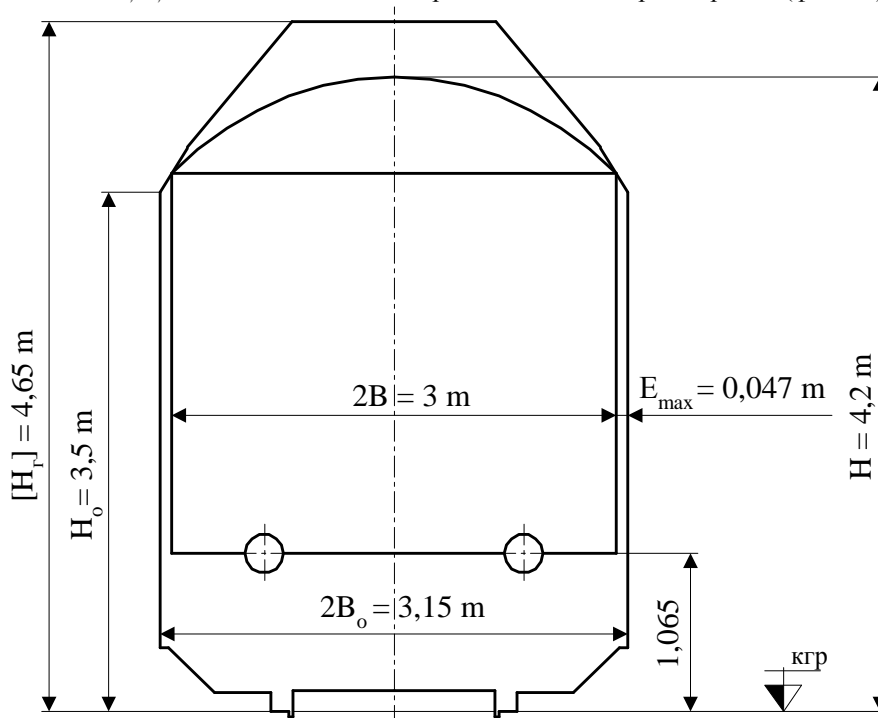
където: $\ell_6 = 0,62$ m - дължина на ненатоварен буфер за ТВ съгласно RIV; $n_k = 1,9$ m - дължина на конзолната част на вагона от т. 7; $h_6 = 0,74$ m - височина на най-долната част на буфера от глава релса (фиг. 11); $\beta = 3^\circ 6' \approx 3,06^\circ$ - вертикален ъгъл на наклона на гърбичното съоръжение (фиг. 8); $\ell_T = 0,9$ m - полубаза на талигата.

Замествам в (49) и получавам:

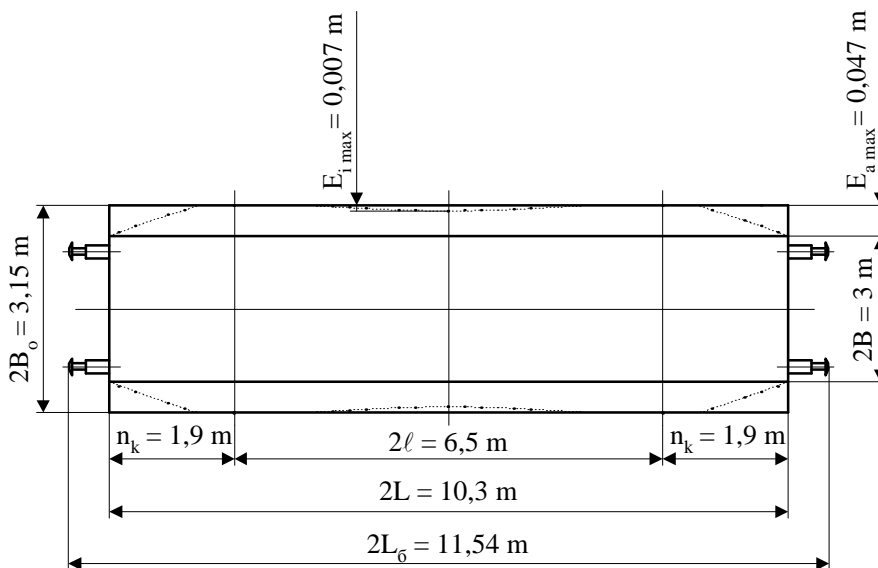
$$0,62 + 1,9 - \frac{0,74}{\operatorname{tg}3,06} \leq 0,9 \text{ m} - 11,32266585 \approx - 11,323 \text{ m} < 0,9 \text{ m} \rightarrow \text{Проверката е изпълнена.}$$

12. Построяване на вертикалната и хоризонталната габаритна рамка на вагона (фиг. 12 и фиг. 13)

При построяването на хоризонтална и вертикална габаритни рамки на вагона използвам (26) и (27) за определяне на стесненията на габаритната ширина на вагона и уточнените в т. 10 основни линейни размери на вагона (височина $H = 4,2$ m; ширина $2B = 3$ m; база на вагона $2\ell = 6,5$ m; дължина на конзолната част $n_k = 1,9$ m; товарна дължина $2L = 10,3$ m и дължина с буферите $2L_6 = 11,54$ m. Използвам мащабни модули: $m_{H, 2B} = 1:50$ mm/mm за вертикалната габаритна рамка (фиг. 12) и $m_E = 1:10$ и $m_{H, 2L, 2B} = 1:100$ mm/mm за хоризонталната габаритна рамка (фиг. 13).



Фиг. 12. Вертикална габаритна рамка на вагона



Фиг. 13. Хоризонтална габаритна рамка на вагона

Част II. Определяне на силите, действащи върху вагона и талигата

A/ Сили, действащи върху коша на вагона

1. Вертикални сили

а) статично натоварване ($P_{ст}$)

$$(50) \quad P_{ст} = P_{бр} - 2 Q_T, \quad \text{kN},$$

където: $P_{бр} = 784,8 \text{ kN}$ - брутно натоварване на вагона (съгл. I т. 1); $Q_T = 45 \text{ kN}$ - тегло на една талига от стр. 45 [1] за БТ-6 (по задание).

Замествам в (50) и получавам:

$$P_{ст} = 784,8 - 2 \cdot 45 = 694,8 \text{ kN} \rightarrow P_{ст} = 694,8 \text{ kN}$$

б) динамично натоварване ($P_{д}$)

$$(51) \quad P_{д} = P_{ст} \cdot k_{вд}, \quad \text{kN}$$

където: $P_{ст} = 694,8 \text{ kN}$ - вертикално статично натоварване върху коша на вагона (от II А/ т. 1 а); $k_{вд}$ - коефициент на вертикална динамика.

За приближени изчисления коефициентът на вертикална динамика $k_{вд}$ може да се приеме в определени граници, за определена конструкция може да се определи емпирично, но най-често се изчислява по формули, получени от статическа обработка на опитни данни и теоретичен анализ. При изчисляване на вагонни колооси се препоръчва формулата на ЦНИИ МПС:

$$(52) \quad k_{вд} = \lambda_B \cdot (A + B \cdot v / f_{СТ}),$$

където λ_B е параметър, зависещ от броя на колоосите в талигата; A - параметър, зависещ от провисването на ресорното окачване; B - параметър, зависещ от типа на вагона; v - скорост на вагона, m/s; $f_{СТ}$ - статичен провис на ресорното окачване; за товарни вагони с едностепенно ресорно окачване $f_{СТ} = 0,018 \div 0,05 \text{ m}$, за пътнически вагони с двустепенно ресорно окачване $f_{СТ} \geq 0,1 \text{ m}$ ($f_{СТ} = 0,15 \div 0,35 \text{ m}$).

Стойностите на A , B и λ_B са дадени в таблица 2.1.

таблица 2.1

№	Тип на вагона	v, m/s	A	B.10 ⁻⁴	D	λ_A	λ_B	δ
1.	Товарни 4 - осни	15÷33	8,125.($f_{СТ}-0,0463$)	5,94	13,2	1,0	1,0	1,00
2.	Товарни 6 - осни	15÷33	8,125.($f_{СТ}-0,0463$)	5,94	13,2	0,9	0,9	1,00
3.	Товарни 8 - осни	15÷33	8,125.($f_{СТ}-0,0463$)	5,94	13,2	0,8	0,8	1,00
4.	Хладилни	15÷40	0,06	4,14	13,2	1,0	1,0	0,94
5.	Пътнически	15÷33	0,06	5,94	13,2	1,0	1,0	0,94
6.	Пътнически	33÷45	0,06	5,94	11,5	1,0	1,0	0,94

Замествам (52) и получавам:

$$k_{вд} = 0,182$$

Замествам (51) и получавам:

$$P_{д} = 694,8 \cdot 0,182 = 126,617 \text{ kN}$$

в) сумарно натоварване (P)

$$(57) \quad P = P_{ст} + P_{д} = P_{ст} (1 + k_{д}), \quad \text{kN},$$

където: $P_{ст} = 694,8 \text{ kN}$ - статично натоварване (II А/ т. 1 а); $P_{д} = 126,617 \text{ kN}$ - динамично натоварване (II А/ т. 1 б); $k_{вд} = 0,182$ - коефициент на вертикална динамика (II А/ т. 1 а).

$$P = 694,8 + 126,617 = 694,8 (1 + 0,182) = 821,416651 \approx 821,417 \text{ kN} \rightarrow P = 821,417 \text{ kN}$$

г) центробежна сила ($H_{ц}$)

$$(58) \quad H_{ц} = P_{брk} \left(\frac{v^2}{g \cdot R} - \frac{h}{2S} \right), \quad \text{kN}$$

където: $P_{брk}$ - бруто тегло на коша на вагона, получено по (50) като $P_{ст}$ в II А/ т. 1 а), т. е. $P_{брk} = P_{бр} - 2 Q_T \equiv P_{ст} = 694,8 \text{ kN}$; $V_{max}^{Rmin} = 70 \text{ km/h} = 19,444 \text{ m/s}$ - максимално допустимата скорост на движение в разчетната крива по табл. 4.1 стр. 135 [1]; $g = 9,81 \text{ m/s}^2$ - земно ускорение; $R = R_{min} = 250 \text{ m}$ - радиус на разчетна крива (по задание); $h = 0,15 \text{ m}$ - надвишение на външната спрямо вътрешната релса по табл. 4.1 стр. 135 [1]; $2S = 1,5 \text{ m}$ - разстояние между кръговете на търкаляне на колелата в колооста.

Замествам в (58) и получавам:

$$H_{ц} = 694,8 \cdot \left(\frac{19,444^2}{9,81 \cdot 250} - \frac{0,15}{1,5} \right) = 37,6329 \text{ kN} \rightarrow H_{ц} = 37,633 \text{ kN}$$

д) ветрова сила ($H_{в}$)

$$(59) \quad H_{в} = w \cdot F, \quad \text{kN},$$

където: w - налягане на вятъра, действащо перпендикулярно на страничната стена на вагона.

За нашите географски условия се приема $w = 0,5 \text{ kN/m}^2$;

F - площ на надлъжната проекция на вагона, определена от зависимостта:

$$(60) \quad F = 2L \cdot H_{\text{кош}}, \text{ kN}$$

като: $2L = 10,3 \text{ m}$ - дължина на коша на вагона (съгласно I т. 10 д); $H_{\text{кош}}$ - височина на коша на вагона, определена от израза:

$$(61) \quad H_{\text{кош}} = H - h_0', \text{ m}$$

като: $H = 4,2 \text{ m}$ - височина на вагона от глава релса (от I т. 10 а); $h_0' = 1,065 \text{ m}$ - височина от оста на буфера до глава релса при празен вагон (съгласно I т. 4 по фиг. 3).

След заместване в (61) се получава: $H_{\text{кош}} = 4,2 - 1,065 = 3,135 \text{ m} \rightarrow H_{\text{кош}} = 3,135 \text{ m}$

След заместване в (60) се получава: $F = 10,3 \cdot 3,135 = 32,2905 \approx 32,29 \text{ m}^2 \rightarrow F = 32,29 \text{ m}^2$

Замествам в (59) и получавам:

$$H_B = 0,5 \cdot 32,29 = 16,14525 \approx 16,145 \text{ kN} \rightarrow H_B = 16,145 \text{ kN}$$

2. Хоризонтални сили

Това са надлъжни сили съгласно фиш 530-1 на UIC

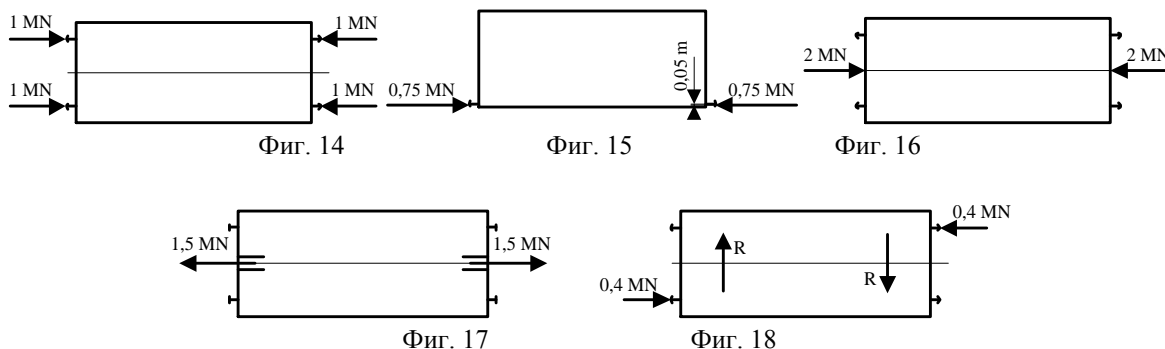
а) двустранен натиск по буферите - по 1 MN на всеки буфер (фиг. 14);

б) двустранен натиск със сила 0,75 MN на разстояние 0,05 m под оста на всеки буфер, т. н. ексцентрично натоварване между два съседни ТВ (фиг. 15);

в) двустранен натиск по оста на автосцепката - по 2 MN към всяка опора на автосцепката (фиг. 16);

г) двустранен опън по оста на автосцепката - по 1,5 MN в задния край или 1 MN в предния край на опората на автосцепката (фиг. 17);

д) диагонален натиск - двойца сили по 0,4 MN, чиито момент се поема от ходовата част, а реакциите R са в областта на централните лагери на талигите (фиг. 18)



Хоризонталното натоварване за вагони, непредвидени за маневрена работа в гърбица е намалено до:

- 0,6 MN за двустранен натиск по буферите (II А/ т. 2 а);

- 0,45 MN за ексцентричен натиск в буферите (II А/ т. 2 б).

Б/ Сили, действащи върху рамата на талигата

1. Вертикални сили

а) вертикални статични сили ($P_{\text{ст}}$)

$$(62) \quad P_{\text{ст}} = \frac{P_{\text{бр}} - P_{\text{ч}}}{m}, \text{ kN}$$

където: $P_{\text{бр}} = 784,8 \text{ kN}$ - брутно натоварване на вагона (от I т. 1); $m = 2$ - брой на талигите (по задание); $P_{\text{ч}}$ - тегло на необресорените вагонни части в талигите, като

$$(63) \quad P_{\text{ч}} = n \cdot P_{\text{ч}}', \text{ kN},$$

където: $n = 4$ - брой колооси на вагона (по задание); $P_{\text{ч}}' = 13 \text{ kN}$ - приблизително тегло на една колоос без спирални дискове с принадлежащите ° две букси и части от ресорното окачване от стр. 133 [1].

След заместване в (63) се получава: $P_{\text{ч}} = 4 \cdot 13 = 52 \text{ kN} \rightarrow P_{\text{ч}} = 52 \text{ kN}$

Замествам в (62) и получавам:

$$P_{\text{ст}} = \frac{784,8 - 52}{2} = 366,4 \text{ kN} \rightarrow P_{\text{ст}} = 366,4 \text{ kN}$$

б) вертикални динамични сили ($P_{\text{д}}$)

$$(64) \quad P_{\text{д}} = P_{\text{ст}} \cdot k_{\text{вд}}, \text{ kN}$$

където: $P_{\text{ст}} = 366,4 \text{ kN}$ - вертикално статично тегло на талигата от II Б/ т. 1 а); $k_{\text{д}}$ - коефициент на вертикална динамика, определен от израза:

$$(65) \quad k_{\text{вд}} = \lambda_{\text{в}} \cdot (A + B \cdot v / f_{\text{ст}})$$

като: $\lambda_{\text{в}}$ - параметър, зависещ от брой на колоосите в талигата; A - параметър, зависещ от провиса на ресорното окачване; B - параметър, зависещ от вида на вагона; v - скорост на движение на вагона, m/s; $f_{\text{ст}}$ - статично провисване на ресорното окачване, което за ТВ съгл. [1] стр. 138 e $f = 0,04 \div 0,5 \text{ m}$. Приемам $f_{\text{ст}} = 0,5 \text{ m}$.

Стойностите на параметрите А, В и λ_B са дадени в табл. 4.2 стр. 138 [1], като за 4-осен ТВ $\lambda_B = 1$, $B = 5,94 \cdot 10^{-4}$ и А от израза:

$$(66) \quad A = 8,125 (f_{ct} - 0,0463)$$

След заместване в (66) с $f_{ct} = 0,5$ m се получава: $A = 8,125 (0,05 - 0,0463) = 0,0300625 \approx 0,03 \rightarrow A = 0,03$

Приемам, че максимално допустимата скорост на движение в разчетната крива е $V = 70 \text{ km/h} = 19,444 \text{ m/s}$ - по таблица 4.1 стр. 135 [1].

След заместване в (65) се получава:

$$k_{ВД} = 1 \cdot (0,03 + 5,94 \cdot 10^{-4} \cdot 19,444 / 0,05) = 0,2510625 \approx 0,261 \rightarrow k_d = 0,261$$

Замествам в (64) и получавам:

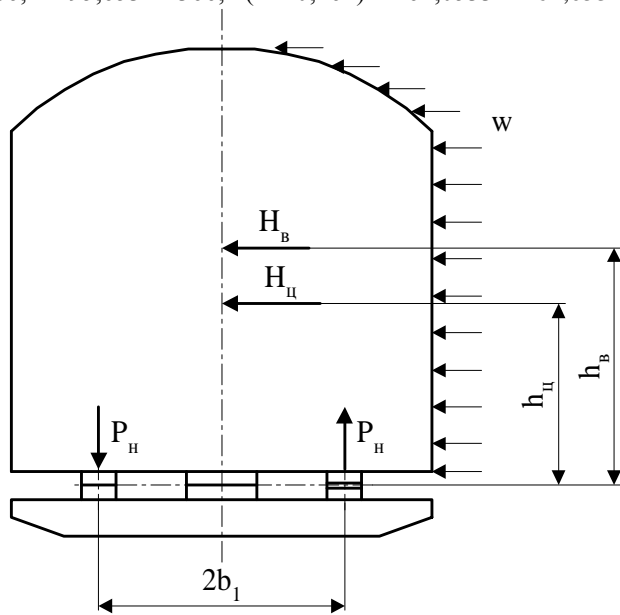
$$P_d = 366,4 \cdot 0,261 = 95,6533 \approx 95,653 \text{ kN} \rightarrow P_d = 95,653 \text{ kN}$$

в) сумарно вертикално натоварване (P) в централния лагер на талигата

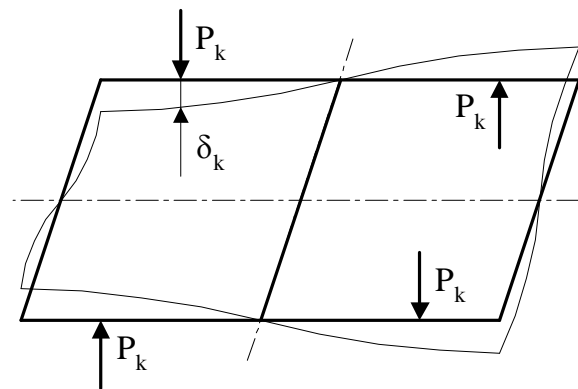
$$(67) \quad P = P_{ct} + P_d = P_{ct} (1 + k_d), \text{ kN},$$

където: $P_{ct} = 366,4 \text{ kN}$ - статично натоварване (от II Б/ т. 1 а); $P_d = 95,653 \text{ kN}$ - динамично натоварване (от II Б/ т. 1 б); $k_d = 0,261$ - коефициент на вертикална динамика (II Б/ т. 1а).

$$P = 366,4 + 95,653 = 366,4 (1 + 0,261) = 462,0533 \approx 462,053 \text{ kN} \rightarrow P = 462,053 \text{ kN}$$



Фиг. 19



Фиг. 20

г) вертикални сили (P_H)

Те се получават от центробежната сила ($H_ц$) и ветровата (H_B) сили, действащи върху страничните плъзгалки между коша на вагона и талигите за една талига (фиг. 19) от зависимостта:

$$(68) \quad P_H' = \frac{H_ц \cdot h_ц + H_B \cdot h_B}{m \cdot 2b_1}, \text{ kN}$$

където: $m = 2$ - брой на талигите (по задание); $2b_1$ - разстояние между страничните опори (плъзгалките) на талигата, като за ТВ $2b_1 = 1,7 \text{ m}$; h_B и $h_ц$ - координати на приложните точки на силите H_B и $H_ц$ до равнината на опорните плъзгалки, определени както следва:

$$(69) \quad h_B = H_{кош} / 2, \text{ m}$$

като $H_{кош} = 3,135 \text{ m}$ - височина на коша на вагона (от II А/ т. 1 д).

$$\text{След заместване в (69) се получава: } h_B = 3,135 / 2 = 1,5675 \approx 1,568 \text{ m} \rightarrow h_B = 1,568 \text{ m}$$

$h_ц = 0,8 \div 1,5 \text{ m}$ - за покрити ТВ [1] стр. 139. Избирам $h_ц = 1,5 \text{ m}$. $H_ц = 37,633 \text{ kN}$ - центробежна сила на вагона (II А/ т. 1г); $H_B = 16,145 \text{ kN}$ - ветрова сила на вагона (II А/ т. 1д);

Замествам в (68) и получавам:

$$P_H' = \frac{37,633 \cdot 1,45 + 16,145 \cdot 1,568}{2 \cdot 1,7} = 23,49277 \approx 23,493 \text{ kN} \rightarrow P_H' = 23,493 \text{ kN}$$

Поради изместване на масовия център на коша изчислената по (68) стойност на вертикалните сили трябва да се увеличи с 5 %:

$$(70) \quad P_H = 1,05 \cdot P_H', \text{ kN}.$$

$$\text{Замествам в (70) и получавам: } P_H = 1,05 \cdot 23,493 = 24,66740856 \approx 24,667 \text{ kN} \rightarrow P_H = 24,667 \text{ kN}$$

д) вертикално антисиметрично (кососиметрично) натоварване

Представява система от взаимно уравновесени сили (P_k), породени от неравности под колелата, провисване на релсите, различен коефициент на еластичност (коравина) и височина на ресорните комплекти по единия спрямо другия диагонал (фиг. 20). Това са 4 равни сили, приложени в буксите на талигата, определени от:

$$(71) \quad P_k = \frac{2b \cdot z}{4 \cdot 2S} \cdot \frac{c_\delta + c_k}{c_\delta \cdot c_k}, \text{ kN}$$

където: c_δ - коефициент на еластичност на ресорното окачване за 1 букса в буксовата степен, определен от зависимостта: $c_\delta = P_\delta / f_{ct} = P_{ct} / f_{ct\delta} = P_{ct} / n \cdot f_{ct}$, kN/m , като: P_δ и f_δ са статично натоварване и провис на ресорното окачване за една букса; $P_{ct} = 366,4 \text{ kN}$ - статично натоварване (от II Б/ т. 1 а); $n = 4$ - брой колооси на вагона (по задание); $f_{ct} = 0,5 \text{ m}$ - статично провисване на ресорното окачване (от II Б/ т. 1 б).

След заместване в (72) се получава:

$$c_\delta = 366,4/4 \cdot 0,05 = 1832 \text{ kN/m} \rightarrow c_\delta = 1832 \text{ kN/m}$$

c_k - коефициент на еластичност на рамата срещу кососиметрично натоварване за 1 букса. Избира се $c_k = 250 \div 300 \text{ kN/m}$. Приемам $c_k = 300 \text{ kN/m}$.

$2b = 2 \text{ m}$ - напречно разстояние между приложните точки на силите P_k (между средите на буксите в талигата или шийките на вагонна колоос); $2s = 1,5 \text{ m}$ - разстояние между кръговете на търкаляне на колелата в колооста; $z = 0,03 \text{ m}$ - сумарно вертикално преместване на една букса спрямо равнината, минаваща през останалите три.

Замествам в (71) и получавам:

$$P_k = \frac{2 \cdot 0,03}{4 \cdot 1,5} \cdot \frac{1832 + 300}{1832 \cdot 300} = 2,57786 \approx 2,578 \text{ kN} \rightarrow P_k = 2,578 \text{ kN}$$

2. Хоризонтални сили

а) рамна сила (Y_{pi})

Рамната сила действа напречно на оста на пътя от колелата върху рамата на талигата (фиг. 21) и се определя от зависимостта:

$$(73) \quad Y_{pi} = Y_i - 2 \cdot \Phi_{y_i}, \text{ kN}$$

където: $i = 1, 2$ - № на колооста в талигата; Y_i - направляващи сили върху i -та колоос, съответно нормални реакции на релсите за I^{ва} и II^{па} колоос, получени в част III (хоризонтален динамичен паспорт на талигата) за вписване с V_{max} в разчетната крива с минимално допустимия радиус $R_{min} = 250 \text{ m}$ (по задание); Φ_{y_i} - напречни компоненти на силите на триене в контактните точки на всяка колоос с релсите, определени от формулата:

$$(74) \quad \Phi_{y_i} = \Phi \cdot \cos \alpha_i, \text{ kN}$$

като: Φ - сили на сухо триене, получени в резултат на завъртането на талигата в крива, определени от израза:

$$(75) \quad \Phi = \mu \cdot N_{CT}, \text{ kN}$$

където: $\mu = 0,25$ - коефициент на сухо триене между колело и релса; N_{CT} - статично натоварване, предавано от колело към релса, определено от зависимостта:

$$(76) \quad N_{CT} = P_{\delta p} / 2 \cdot n, \text{ kN}$$

като: $P_{\delta p} = 784,8 \text{ kN}$ - брутно натоварване на вагона (съгл. I т.1); $n = 4$ - брой на колоосите (по задание);

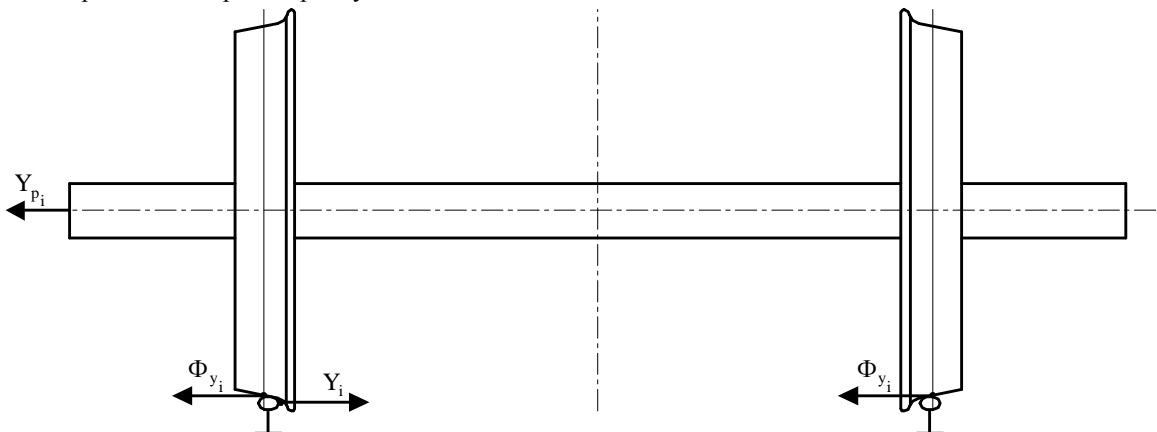
След заместване в (76) се получава:

$$N_{CT} = 784,8/2 \cdot 4 \text{ kN} \rightarrow N_{CT} = 98,1 \text{ kN}$$

Замествам в (75) и получавам:

$$\Phi = 0,25 \cdot 98,1 = 24,525 \text{ kN}$$

$\cos \alpha_i$ - посочни косинуси на силите на триене, определени в част III според положението на завъртане на талигата при движение в разчетната крива с радиус R_{min} .



Фиг. 21

б) надлъжни хоризонтални сили (T_{0_i})

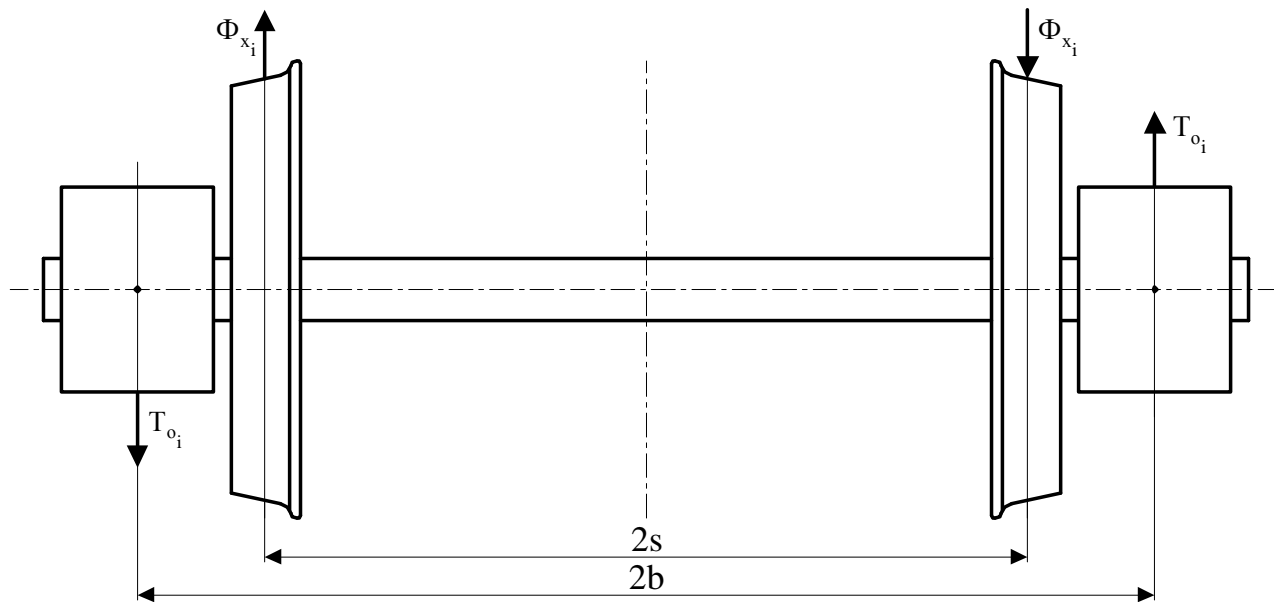
Тези хоризонтални сили уравновесяват надлъжните компоненти на силите на триене и действат надлъжно на оста на пътя в кръга на търкаляне на колелата върху релсите (фиг. 22) и се определят от моментното условие за равновесие $T_{0_i} \cdot 2b = \Phi_{x_i} \cdot 2S$ по зависимостта:

$$(77) \quad T_{0_i} = \Phi_{x_i} \cdot S / b, \text{ kN}$$

където: $i = 1, 2$ - № на колооста; Φ_{x_i} - надлъжни компоненти на силите на триене в контактните точки на всяка колоос с релсите, определени от формулата:

$$(78) \quad \Phi_{x_i} = \Phi \cdot \sin \alpha_i, \text{ kN}$$

като: $\Phi = 24,525 \text{ kN}$ - сили на сухо триене (съгласно II Б/ т. 2 а); $\sin \alpha_i$ - посочни синуси на силите на триене, определени в част III според положението на завъртане на талигата при движение в разчетната крива с радиус R_{\min} ; $2S = 1,5 \text{ m}$ - разстояние между кръговете на търкаляне; $2b = 2 \text{ m}$ - разстояние между средите на буксите (средите на осните шийки на колооста).



Фиг. 22

в) хоризонтална сила (H)

Тази сила действа в централния лагер на талигата и се определя от зависимостта:

$$(79) \quad H = H_k + H_{\text{цт}}, \text{ kN},$$

където: H_k - хоризонтална сила от ветровата и центробежната сили, действащи върху коша на вагона, отнасяща се за една талига и определена от формулата:

$$(80) \quad H_k = (H_{\text{ц}} + H_{\text{в}}) / m, \text{ kN}$$

където: $m = 2$ - брой талиги (по задание вагонът е 4-осен); $H_{\text{ц}} = 37,633 \text{ kN}$ - центробежна сила на вагона (II А/ т. 1 г); $H_{\text{в}} = 16,145 \text{ kN}$ - ветрова сила на вагона (II А/ т. 1 д);

След заместване в (80) се получава: $H_k = (37,633 + 16,145) / 2 = 26,88908 \approx 26,889 \text{ kN} \rightarrow H_k = 26,889 \text{ kN}$

$H_{\text{цт}}$ - центробежна сила на талигата, определена от израза:

$$(81) \quad H_{\text{цт}} = P_{\text{бр т}} \left(\frac{v^2}{g \cdot R} - \frac{h}{2S} \right), \text{ kN}$$

като: $P_{\text{бр т}} \equiv Q_{\text{т}} = 45 \text{ kN}$ - бруто тегло на талигата от стр. 45 [1] за БТ-6 (по задание); $v = 19,444 \text{ m/s}$ - максимално допустимата скорост на движение в разчетната крива по табл. 4.1 стр. 135 [1]; $g = 9,81 \text{ m/s}^2$ - земно ускорение; $R = R_{\min} = 250 \text{ m}$ - радиус на разчетна крива (по задание); $h = 0,15 \text{ m}$ - надвишение на външната спрямо вътрешната релса по табл. 4.1 стр. 135 [1]; $2S = 1,5 \text{ m}$ - разстояние между кръговете на търкаляне на колелата в колооста.

Замествам в (81) и получавам:

$$H_{\text{цт}} = 45 \cdot \left(\frac{19,444^2}{9,81 \cdot 250} - \frac{0,15}{1,5} \right) = 2,43736 \approx 2,438 \text{ kN} \quad \rightarrow \quad H_{\text{цт}} = 2,438 \text{ kN}$$

Замествам в (79) и получавам:

$$H = 26,889 + 2,438 = 29,3265216 \approx 29,326 \text{ kN} \quad \rightarrow \quad H = 29,326 \text{ kN}$$

Част III. Съставяне на хоризонтален динамичен паспорт на талигата и построяване на разчетни схеми за оразмеряването^o

1. Общи сведения

При движение в крива чрез ребордите на една или повече колооси, талигата атакува релсите и под действието на възникващите хоризонтални направляващи сили се завърта около ос, перпендикулярна на равнината на пътя. За определянето на тези сили се правят следните опростяващи приемания:

- а) кривата на пътя е част от окръжност с радиус ($R = \text{const}$);
- б) движението е с постоянна скорост ($v = \text{const}$);
- в) пътят в хоризонтална равнина е абсолютно корав ($c = \text{const}$);
- г) хоризонталните сили, възприемани от талигата са в равнина, преминаваща през допирните точки (контактни петна) на колелата с релсите;
- д) вертикалното натоварване на всички колела е еднакво;
- е) динамичните колебания не се отчитат;
- ж) не е приложена теглителна или спирачна сила.

Движението на талигата в крива е сума от две движения — трансляция — по оста АВ и ротация — около моментен център на ротация - точка П, която се нарича “полюс”, характеризиращ се с полюсно разстояние (x) от водещата (първата по посока на движението) колоос, получено чрез издигане на перпендикуляр от центъра на кривата към екипажа на талигата (фиг. 23) от равенството:

$$(82) \quad x = \ell_T + R \cdot \sigma_B / 2\ell_T, \text{ m}$$

където: $2\ell_T = 1,8 \text{ m}$ - база на талигата (за БТ-6 по задание); $R \equiv R_{\min} = 250 \text{ m}$ - радиус на разчетната крива (по задание); σ_B - текуща хлабина между реборд и външна релса на пътя за последната колоос, определена за различните положения на талигата при движение в крива (фиг. 24), m.

Максималната стойност на текущата хлабина σ_B се получава от формулата:

$$(83) \quad \sigma_B \equiv \sigma_{B \max} = \Delta + \delta, \text{ m}$$

където: Δ - сумарна хлабина между ребордите и релсовите нишки в прав участък от пътя, получена от израза:

$$(84) \quad \Delta = 2S_n - 2d_p, \text{ m},$$

като: $2S_n = 1435 \text{ mm}$ - нормално междурелсие; $2d_{p \max} = 1426 \text{ mm}$ - максимално разстояние между нови неизносени реборди.

След заместване в (84) се получава:

$$\Delta = 1,435 - 1,426 = 0,009 \text{ m} \rightarrow \Delta = 0,009 \text{ m}$$

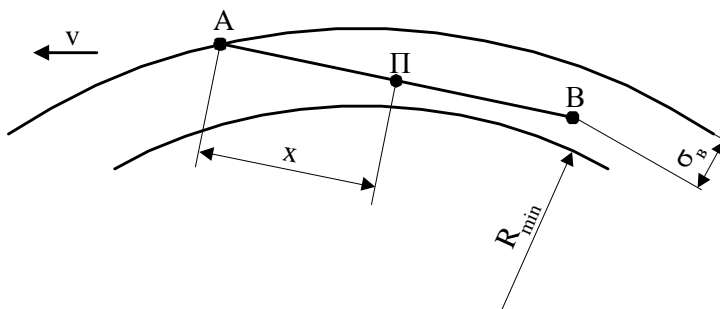
δ - допълнително уширение в крива, като съгласно табл. 1.3 стр. 19 [1] за крива с $R = 250 \text{ m}$ при жп линии с нормално междурелсие (1435 mm) е $\delta = 0,005 \text{ m}$.

След заместване в (83) се получава:

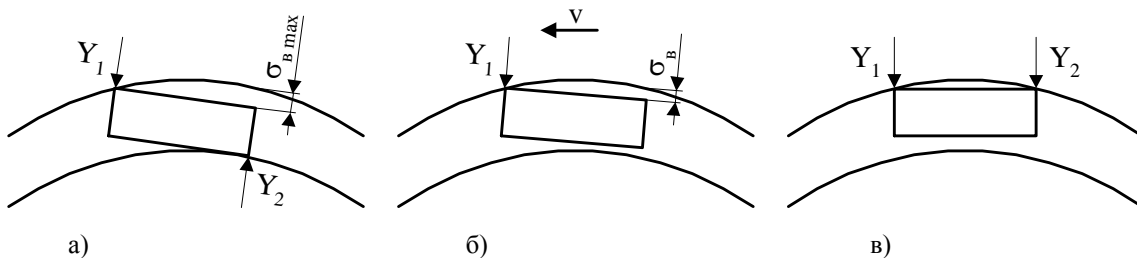
$$\sigma_B \equiv \sigma_{B \max} = 0,009 + 0,005 = 0,014 \text{ m} \rightarrow \sigma_B \equiv \sigma_{B \max} = 0,014 \text{ m}$$

Замествам в (82) и получавам максималната стойност на полюското разстояние:

$$x \equiv x_{\max} = 0,9 + 250 \cdot 0,014 / 1,8 = 2,844444 \approx 2,844 \text{ m} \rightarrow x \equiv x_{\max} = 2,844 \text{ m}$$



Фиг. 23



Фиг. 24

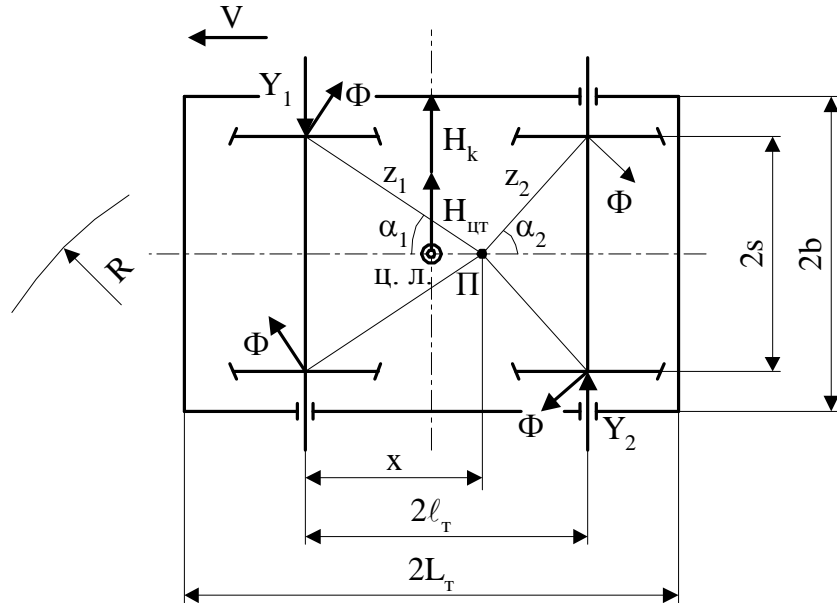
Възможни са три гранични положения на талигата в крива:

- а) максимално прекосяване (фиг. 24 а) - при ниски скорости на движение, при които $x \equiv x_{\max} = 2,844 \text{ m} = \text{const}$ и $\sigma_B \equiv \sigma_{B \max} = 0,014 \text{ m} = \text{const}$;

б) свободно установяване (фиг. 24 б) - при средни скорости на движение, при които $Y_2 = 0$, $x \equiv x_j = \text{var}$, т. е. $x_{\min} \leq x_j \leq x_{\max}$ и $\sigma_B \equiv \sigma_{Bj} = \text{var}$, т. е. $\sigma_{B \min} \leq \sigma_{Bj} \leq \sigma_{B \max}$;

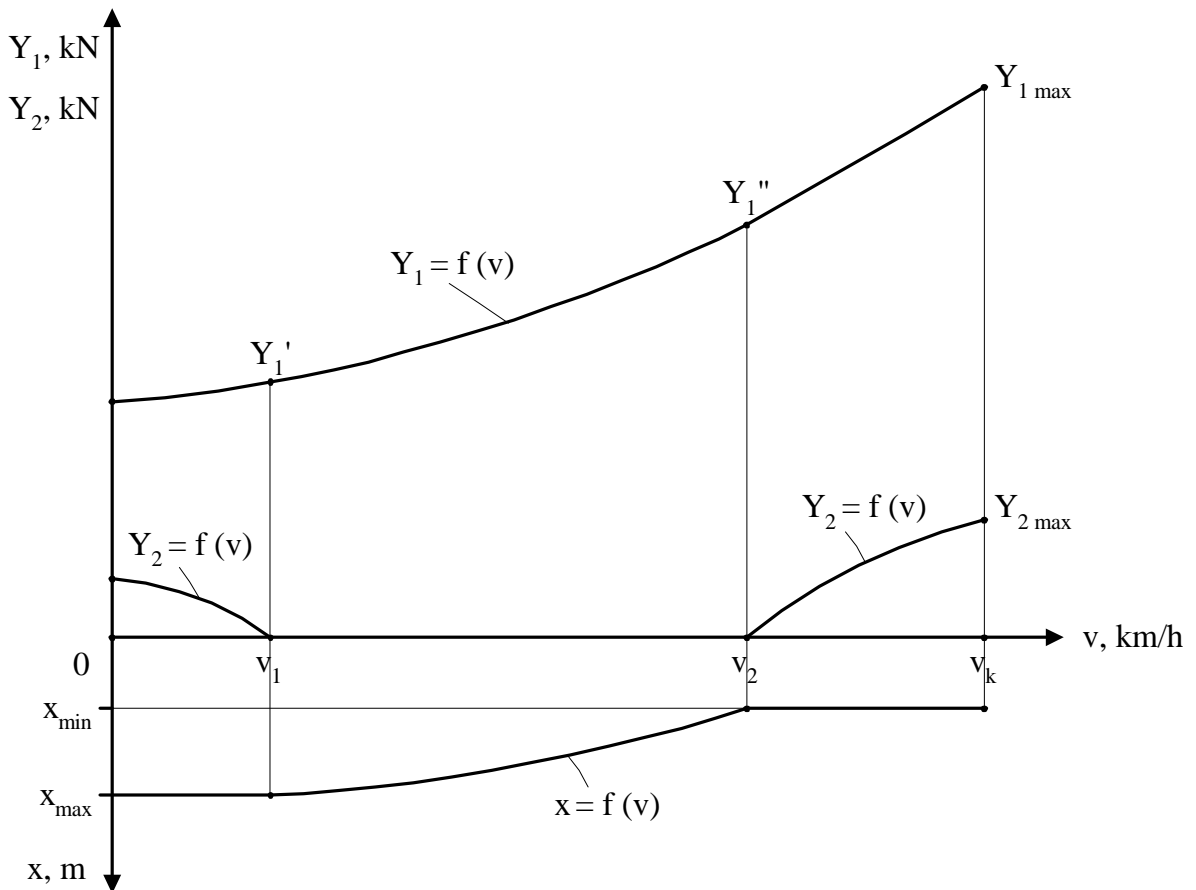
в) максимално изместване (фиг. 24 в) - при високи скорости на движение, при които $x \equiv x_{\min} = \text{const} = \ell_T = 0,9 \text{ m}$ и $\sigma_B \equiv \sigma_{B \min} = 0$.

Схемата на действащите сили при вписване в крива на двусосна талига в I^{B0} положение “максимално прекосяване” е дадена на фиг. 25.



Фиг. 25

Зависимостите $Y_i = f(v)$ и $x = f(v)$ на направляващите сили и полюсното разстояние със скоростта се наричат хоризонтален динамичен паспорт на талигата (фиг. 26).



Фиг. 26

От условията за равновесие на талигата по фиг. 25 се получава:

$$(85) \quad \begin{cases} \sum_{i=1}^2 F_{y_i} = 0 \\ \sum_{i=1}^2 M_{F_i}^{T, \Pi} = 0 \end{cases} \left| \begin{cases} Y_1 - Y_2 - (H_k + H_{\text{цт}}) - 2 \cdot \sum_{i=1}^2 \Phi_{y_i} = 0 \\ Y_1 \cdot x + Y_2 \cdot (2\ell_T - x) - (H_k + H_{\text{цт}}) \cdot (x - \ell_T) - 2 \cdot \Phi \cdot \sum_{i=1}^2 z_i = 0 \end{cases} \right.$$

Директното решаване на тази система уравнения е невъзможно без добавяне на гранични условия за някои от четирите неизвестни Y_1 , Y_2 , x и v (x и v са неявно зададени). x - полюсно разстояние (от $\Gamma^{\text{ба}}$ колоос до полюса т. П), m ; $2\ell_T = 1,8 \text{ m}$ - база на талигата (за БТ-6 по задание); z_i - полюсни разстояния (радиус-вектори на силите Φ), като $i = 1, 2$ (№ на колооста), определени от израза:

$$(86) \quad z_i = \sqrt{\ell_i^2 + s^2}, \text{ m}$$

Φ_{y_i} - напречни компоненти на силите на триене в контактните точки на всяка колоос с релсите, съгласно (74)(II A/т.2 а); $\cos \alpha_i$ - посочни косинуси на силите на триене, определени според положението на завъртане на талигата при движение в разчетната крива с радиус R_{min} по формулата:

$$(87) \quad \cos \alpha_i = \ell_i / z_i = \ell_i / \sqrt{\ell_i^2 + s^2}$$

След заместване в (74) и (87) се получава:

$$(88) \quad \Phi_{y_i} = \Phi \cdot \cos \alpha_i = \Phi \cdot \ell_i / z_i = \Phi \cdot \ell_i / \sqrt{\ell_i^2 + s^2}, \text{ kN}$$

$\Phi = 24,525 \text{ kN}$ - сили на сухо триене (съгласно II Б/т. 2 а); ℓ_i - разстояние между $i^{\text{та}}$ колоос и полюса т. П; $s = 0,75 \text{ m}$ - разстояние между кръг на търкаляне и надлъжната ос на симетрия на колооста.

Хоризонталната сила (H), действаща в централния лагер на талигата, изразена от (79) е във функция от скоростта (v), т. е.

$$(89) \quad H = H_k + H_{\text{цт}} = (0,5 \cdot P_{\text{брк}} + P_{\text{брт}}) \left(\frac{v^2}{g \cdot R} - \frac{h}{2s} \right) + 0,5 \cdot H_b, \text{ kN}$$

където: $P_{\text{брк}} = 694,8 \text{ kN}$ - бруто тегло на коша на вагона, получено в II A/т. 1 а); $P_{\text{брт}} \equiv Q_T = 45 \text{ kN}$ - бруто тегло на талигата от стр. 45 [1] за БТ-6 (по задание); $V \equiv V_j = \text{var}$ ($0 \leq V_j \leq V_{\text{max}}$) - скорост на движение, m/s ; $g = 9,81 \text{ m/s}^2$ - земно ускорение; $R = R_{\text{min}} = 250 \text{ m}$ - радиус на разчетна крива (по задание); $h = 0,15 \text{ m}$ - надвишение на външната спрямо вътрешната релса по табл. 4.1 стр. 135 [1]; $2s = 1,5 \text{ m}$ - разстояние между кръговете на търкаляне на колелата в колооста; $H_b = 16,145 \text{ kN}$ - ветрова сила на вагона (II A/т. 1 д).

След заместване в (89) се получава:

$$(90) \quad \begin{aligned} H &= H_k + H_{\text{цт}} = (0,5 \cdot 694,8 + 45) \left(\frac{v^2}{9,81 \cdot 250} - \frac{0,15}{1,5} \right) + 0,5 \cdot 16,145 = \\ &= 0,16 \cdot v^2 - 39,24 + 8,072625 = 0,16 \cdot v^2 - 31,167 \\ &\rightarrow H = H_k + H_{\text{цт}} = 0,16v^2 - 31,167, \text{ kN.} \end{aligned}$$

2. Построяване на хоризонтален динамичен паспорт на талигата

а) приемам, че талигата се намира в гранично състояние (прехода) между “свободно установяване” и “максимално изместване”. Определям съгласно фиг. 26 скорост v_2 и Y_1 , добавям граничните условия за тази област и системата (85) добива вида:

$$(91) \quad \left| \begin{cases} x \equiv x_{\text{min}} = \ell_T = 0,9 \text{ m}; & Y_2 = 0; & \sum_{i=1}^2 F_{y_i} = 0; & \sum_{i=1}^2 M_{F_i}^{T, \Pi} = 0 \end{cases} \right.$$

Понеже $x \equiv x_{\text{min}} = \text{const} = \ell_T = 0,9 \text{ m} \rightarrow \ell_i = 0,9 \text{ m}$.

След заместване в (86) получавам:

$$z_i = z_1 = z_2 = \sqrt{0,9^2 + 0,75^2} = 1,1715 \approx 1,172 \text{ m} \rightarrow z \equiv z_i = 1,172 \text{ m} \text{ и } \sum_{i=1}^2 z_i = z_1 + z_2 = 2 \cdot z = 3,343 \text{ m}$$

След заместване в (87) получавам:

$$\cos \alpha_1 = \frac{\ell_T}{z_1} = \frac{\ell_T}{\sqrt{\ell_T^2 + s^2}} = \frac{0,9}{\sqrt{0,9^2 + 0,75^2}} = 0,768$$

$$\cos \alpha_2 = \frac{2\ell_T - x}{z_2} = \frac{\ell_T}{\sqrt{\ell_T^2 + s^2}} = \frac{0,9}{\sqrt{0,9^2 + 0,75^2}} = 0,768$$

$$\cos \alpha_1 = \cos \alpha_2 = 0,768$$

След заместване в (88) получавам:

$$\Phi_{y_1} = \Phi \cdot \cos \alpha_1 = 24,525 \cdot 0,768 = 18,841 \text{ kN}; \quad \Phi_{y_2} = \Phi \cdot \cos \alpha_2 = 24,525 \cdot 0,768 = 18,841 \text{ kN}$$

$$\sum_{i=1}^2 \Phi_{y_i} = \Phi_{y_1} - \Phi_{y_2} = 0$$

Замествам в (91) и получавам:

$$(92) \quad \left| Y_1 - 0,16 \cdot v^2 + 31,167 = 0; \quad Y_1 \cdot \ell_T - 2 \cdot \Phi \cdot 2z = 0 \right.$$

От второто уравнение на (92) изразявам Y_1 и получавам:

$$(93) \quad Y_1 \equiv Y_1'' = \frac{4 \cdot \Phi \cdot z}{\ell_T}, \text{ kN}$$

$\Phi = 24,525 \text{ kN}$ - сили на сухо триене (съгласно II Б/ т. 2 а)

Замествам в (93) и получавам:

$$Y_1 \equiv Y_1'' = \frac{4 \cdot 24,525 \cdot 1,172}{0,9} = 127,698 \text{ kN} \rightarrow Y_1 = Y_1'' = 127,698 \text{ kN}$$

От първото уравнение на (92) изразявам V и получавам:

$$(94) \quad v \equiv v_2 = \sqrt{\frac{Y_1 + 31,167}{0,16}} = \sqrt{6,25 \cdot (Y_1 + 31,167)}, \text{ m/s}$$

Замествам с определената стойност за Y_1 (93) и получавам:

$$v \equiv v_2 = \sqrt{\frac{127,698 + 31,167}{0,16}} = 31,51 \text{ m/s} = 113,437 \text{ km/h}$$

б) разглеждам талигата в положение “максимално изместване”. Системата (85) добива вида:

$$(95) \quad \left| x \equiv x_{\min} = \ell_T = 0,9 \text{ m}; \quad v_2 \leq v_{2j} \leq v_k; \quad \sum_{i=1}^2 F_{y_i} = 0; \quad \sum_{i=1}^2 M_{F_i}^{\text{т.П}} = 0 \right.$$

Силата Y_2 се замества с обратен знак.

Зададената конструктивна скорост $v_k = 120 \text{ km/h}$ превишава скоростта $v_2 = 113,437 \text{ km/h}$ от (94), т. е. за скоростният

интервал $v_2 \div v_k$ се определят неизвестните направляващи сили Y_1 и Y_2 .

Понеже $x \equiv x_{\min} = \text{const} = \ell_T = 0,9 \text{ m} \rightarrow \ell_i = 0,9 \text{ m}$

$$z_i = z_1 = z_2 = \sqrt{0,9^2 + 0,75^2} = 1,1715 \approx 1,172 \text{ m} \rightarrow z \equiv z_i = 1,172 \text{ m} \text{ и } \sum_{i=1}^2 z_i = z_1 + z_2 = 2 \cdot z = 3,343 \text{ m}$$

$$\cos \alpha_1 = \cos \alpha_2 = 0,768 \quad \rightarrow \quad \Phi_{y_1} = \Phi_{y_2} = 18,841 \text{ kN}; \quad \sum_{i=1}^2 \Phi_{y_i} = \Phi_{y_1} - \Phi_{y_2} = 0$$

$\Phi = 24,525 \text{ kN}$ - сили на сухо триене (съгласно II Б/ т. 2 а)

Замествам в (95) и получавам:

$$(96) \quad \left| \begin{aligned} Y_1 - Y_2 - (H_k + H_{\text{цт}}) &= 0 \\ Y_1 \cdot x - Y_2 \cdot (2\ell_T - x) - (H_k + H_{\text{цт}}) \cdot (x - \ell_T) - 2 \cdot \Phi \cdot 2z &= 0 \end{aligned} \right.$$

Умножавам първото уравнение с $(\ell_T - x) \neq 0$, прибавям го към второто уравнение и получавам:

$$(97) \quad Y_1 - Y_2 = \frac{4 \cdot \Phi \cdot z}{\ell_T}, \text{ kN}$$

Замествам в (97) и получавам:

$$Y_1 - Y_2 = \frac{4 \cdot 24,525 \cdot 1,172}{0,9} = 127,698 \text{ kN}$$

От първото уравнение на (96) се получава:

$$(98) \quad Y_1 + Y_2 = (H_k + H_{\text{цт}}) = 0,16 \cdot v^2 - 31,167, \text{ kN}$$

От (97) и (98) образувам система уравнения, която решавам чрез сумиране и получавам:

$$(99) \quad \left| \begin{aligned} Y_1 - Y_2 &= 127,698 \\ Y_1 + Y_2 &= 0,16 \cdot v^2 - 31,167 \end{aligned} \right. \quad (100) \quad Y_1 = 0,08v^2 + 48,265, \text{ kN}$$

$$2Y_1 = 0,16 \cdot v^2 + 96,53$$

Разделям скоростния интервал $v_2 \div v_k$ на равни части и пресмятам силите на Y_1 и Y_2 като задавам стойности на скоростта $v \equiv v_{2j}$ по следния алгоритъм:

- ① v_{2j} , km/h
 - ② v_{2j} , m/s = $(v_{2j}, \text{km/h}) / 3,6 = \text{①} / 3,6$, m/s
 - ③ $Y_1 = 0,08 \cdot (v_{2j}, \text{m/s})^2 + 48,265 = 0,08 \cdot \text{②}^2 + 48,265$, kN
 - ④ $Y_2 = Y_1 - 127,698 = \text{③} - 127,698$, kN
- За удобство нанасям резултатите в таблица 1.

Таблица 1

v_{2j} , km/h	v_{2j} , m/s	Y_1 , kN	Y_2 , kN
①	②	③	④
$v_2 = 113,437$	31,51	127,698	0
114,167	31,713	128,722	1,024
114,896	31,916	129,753	2,055
115,625	32,118	130,791	3,093
116,354	32,321	131,835	4,137
117,083	32,523	132,886	5,188
117,812	32,726	133,943	6,245
118,542	32,928	135,007	7,309
119,271	33,131	136,077	8,379
$V_k = 120$	33,333	137,154	9,456

в) разглеждам талигата в положение “свободно установяване”, като задавам стойности на текущата хлабина σ_b ($0 \leq \sigma_{bj} \leq \sigma_{b \max} = 0,014$ m). За определянето на Y_1 и v_{1j} използвам (82), (86), (87), (88) и (90) като система (85) добива вида:

$$(101) \quad |Y_2 = 0; \quad v_1 \leq v_{1j} \leq v_2; \quad \sum_{i=1}^2 F_{y_i} = 0; \quad \sum_{i=1}^2 M_{F_i}^{T, \Pi} = 0$$

С решаването на (101) определям силата Y_1 от израза:

$$(102) \quad Y_1 = \frac{2\Phi}{\ell_T} \cdot [\sum_{i=1}^2 z_i - (x - \ell_T) \cdot \sum_{i=1}^2 \cos \alpha_i], \text{ kN}$$

където: $\Phi = 24,525$ kN - сили на сухо триене (съгласно II Б/Т.2 а); $\ell_T = 0,9$ m - полубаза на талигата (по задание за БТ-6).

Замествам в (102) и получавам:

$$Y_1 = 54,5 \cdot [\sum_{i=1}^2 z_i - (x - 0,9) \cdot \sum_{i=1}^2 \cos \alpha_i], \text{ kN}$$

Замествам (90) в системата (101) и получавам за второто уравнение на (101):

$$Y_1 - 0,16 \cdot v_{1j}^2 + 31,167 - 2\Phi \sum_{i=1}^2 \cos \alpha_i = 0$$

За скоростта V_{1j} получавам следната зависимост:

$$(103) \quad v_{1j} = \sqrt{\frac{Y_1 + 31,167 - 2\Phi \sum_{i=1}^2 \cos \alpha_i}{0,16}}, \text{ m/s}$$

Използвам следната изчислителна последователност:

- (1) σ_{bj} , m
- (2) $x \equiv x_1 \equiv x_j = \ell_T + \frac{R \cdot \sigma_{bj}}{2\ell_T}$, m
- (3) $z_1 \equiv z_{1j} = \sqrt{x^2 + s^2} = \sqrt{(\text{yp.2})^2 + 0,75^2}$, m
- (4) $\cos \alpha_1 \equiv \frac{x}{z_1} = \frac{(\text{yp.2})}{(\text{yp.3})}$
- (5) $2\ell_T - x \equiv x_2 = 1,8 - (\text{yp.2})$, m
- (6) $z_1 \equiv z_{1j} = \sqrt{(2\ell_T - x)^2 + s^2} = \sqrt{(\text{yp.5})^2 + 0,75^2}$, m
- (7) $\cos \alpha_2 \equiv \frac{2\ell_T - x}{z_2} = \frac{(\text{yp.5})}{(\text{yp.6})}$

$$(8) \sum_{i=1}^2 \cos \alpha_i = \cos \alpha_1 - \cos \alpha_2 = (\text{yp.4}) - (\text{yp.7})$$

$$(9) \sum_{i=1}^2 z_i = z_1 + z_2 = (\text{yp.3}) + (\text{yp.6}), \text{ m}$$

$$(10) Y_1 = 54,5 \cdot \left[\sum_{i=1}^2 z_i + (0,9 - x) \cdot \sum_{i=1}^2 \cos \alpha_i \right] = 54,5 \cdot [(\text{yp.9}) + (0,9 - (\text{yp.2})) \cdot (\text{yp.8})], \text{ kN}$$

$$(11) v_{1j} = \sqrt{\frac{Y_1 + 31,167 - 49,05 \sum_{i=1}^2 \cos \alpha_i}{0,16}} = \sqrt{\frac{(\text{yp.10}) + 31,167 - 49,05(\text{yp.8})}{0,16}}, \text{ m/s}$$

$$(12) v_{1j}, \text{ km/h} = 3,6 \cdot v_{1j}, \text{ m/s} = 3,6 \cdot (\text{yp.11})$$

Резултатите помествам в таблица 2.

Таблица 2

$\sigma_{bj}, \text{ m}$	$x, \text{ m}$	$z_1, \text{ m}$	$\cos \alpha_1$	$2\ell_T - x, \text{ m}$	$z_2, \text{ m}$	$\cos \alpha_2$	$\sum \cos \alpha_i$	$\sum z_i, \text{ m}$	$Y_1, \text{ kN}$	$v_{1j}, \text{ m/s}$	$v_{1j}, \text{ km/h}$
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)
0	0,9	1,172	0,768	0,9	1,172	0,768	0	2,343	127,698	31,510	113,437
0,001	1,039	1,281	0,811	0,761	1,069	0,712	0,099	2,350	127,322	30,990	111,563
0,002	1,178	1,396	0,843	0,622	0,975	0,639	0,205	2,371	126,106	30,333	109,200
0,003	1,317	1,515	0,869	0,483	0,892	0,542	0,327	2,408	123,781	29,464	106,069
0,004	1,456	1,637	0,889	0,344	0,825	0,417	0,472	2,463	119,940	28,282	101,814
0,005	1,594	1,762	0,905	0,206	0,778	0,264	0,641	2,540	114,170	26,683	96,059
0,006	1,733	1,889	0,918	0,067	0,753	0,089	0,829	2,642	106,306	24,597	88,548
0,007	1,872	2,017	0,928	-0,072	0,753	-0,096	1,024	2,770	96,718	22,030	79,308
0,0788	1,995	2,131	0,936	-0,195	0,775	-0,251	1,187	2,906	87,551	19,444	70
0,008	2,011	2,146	0,937	-0,211	0,779	-0,271	1,208	2,926	86,297	19,075	68,669
0,009	2,15	2,277	0,944	-0,35	0,828	-0,423	1,367	3,105	76,074	15,848	57,053
0,01	2,289	2,409	0,950	-0,489	0,895	-0,546	1,496	3,304	66,796	12,391	44,609
0,011	2,428	2,541	0,955	-0,628	0,978	-0,642	1,597	3,519	58,790	8,518	30,666
0,012	2,567	2,674	0,960	-0,767	1,073	-0,715	1,675	3,747	52,067	2,611	9,398
0,0121	2,583	2,690	0,960	-0,783	1,084	-0,722	1,682	3,774	51,358	0	0
0,013	2,706	2,808	0,964	-0,906	1,176	-0,770	1,734	3,983	46,483	-	-
0,014	2,844	2,942	0,967	-0,656	1,286	-0,812	1,779	4,227	41,850	-	-

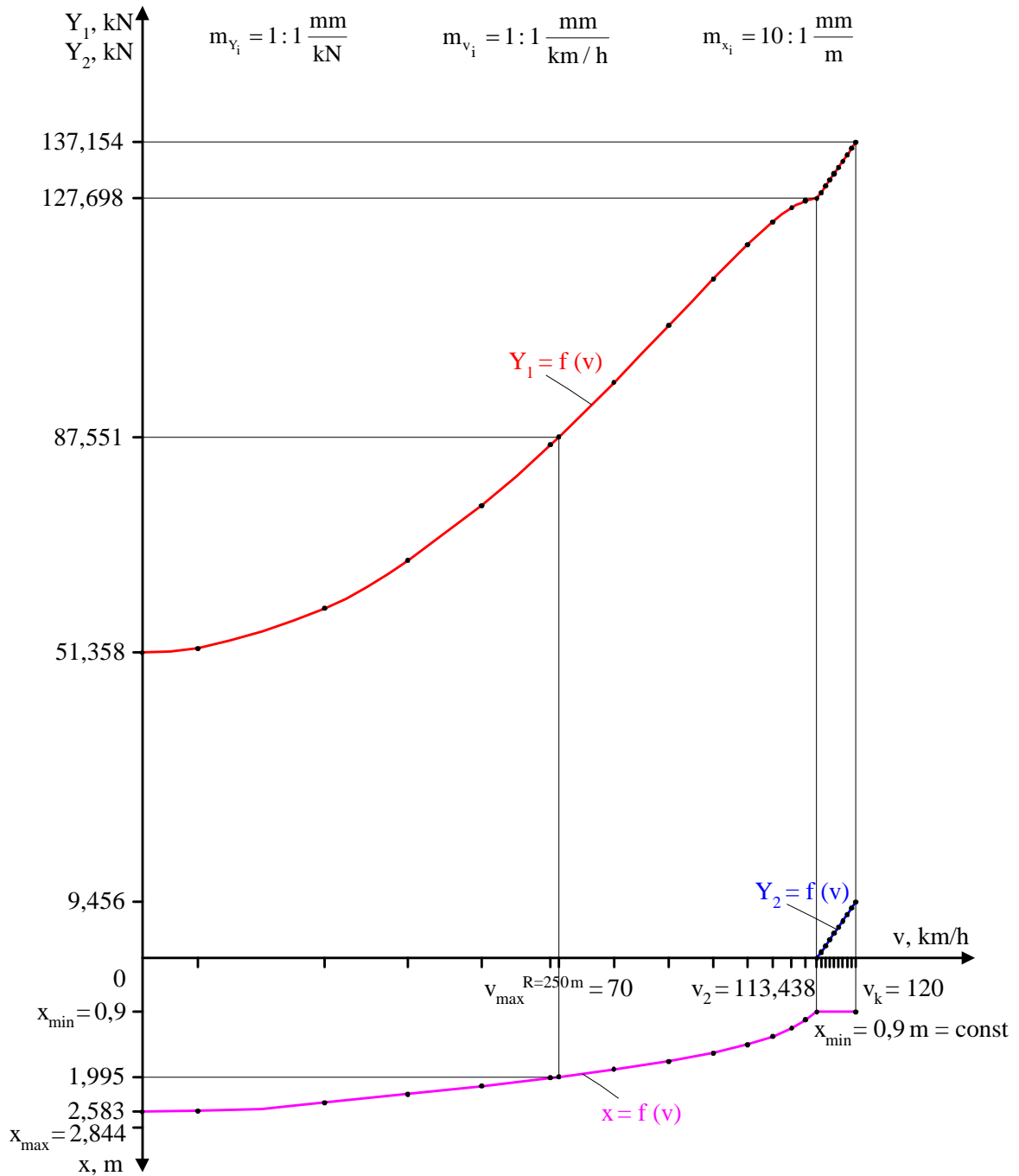
Неполучените стойности на скоростта v_j за σ_{bj} ($0,016 \text{ m} \leq \sigma_{bj} \leq \sigma_{v \text{ max}} = 0,014 \text{ m}$) показват, че талигата при вписване в разчетната крива при тези зададени условия няма да има гранично положение “максимално прекосяване”.

При построяването на хоризонталния динамичен паспорт на талигата (фиг. 27) използвам изчислените стойности на силите Y_1 и Y_2 (таблицы 1 и 2) при съответните полюсни разстояния x_j и скорости на движение v_j .

За якостното пресмятане на талигата използвам получените за максимално допустимата скорост на движение в разчетната крива с $R_{\text{min}} = 250 \text{ m} - v = 70 \text{ km/h} = 19,444 \text{ m/s}$ (таблица 2), $x = 1,995 \text{ m}$, $z_1 = 2,131$, $\cos \alpha_1 = 0,936$, $z_2 = 0,775$,

$$\cos \alpha_2 = 0,251, \sum_{i=1}^2 \cos \alpha_i = 1,187, \sum_{i=1}^2 z_i = 2,906 \text{ и } Y_1 = 87,551 \text{ kN.}$$

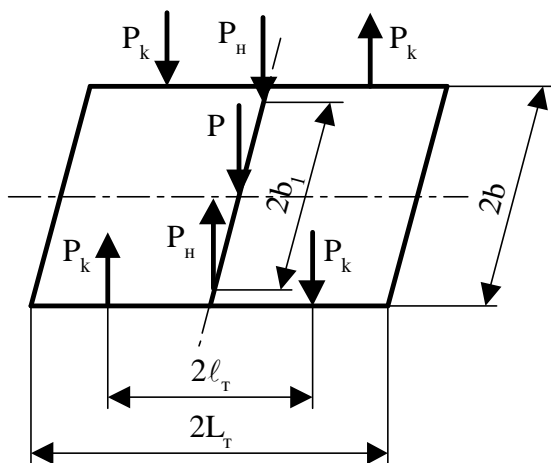
За построяването на хоризонталния динамичен паспорт на талигата (фиг. 27) използвам получените стойности за x , v , Y_1 и Y_2 от таблицы 1 и 2 при мащабни модули 1:1 за силите (Y_1 и Y_2) и скоростта (v) и 10:1 за полюското разстояние (x) ($m_{Y_1} = 1:1 \text{ mm/kN}$, $m_{v_j} = 1:1 \text{ mm/kN}$ и $m_x = 10:1 \text{ mm/mm}$).



Фиг. 27. Горизонтален динамичен паспорт на талигата

3. Построяване на разчетни схеми

а) при хоризонтално натоварване



- $P = 462,053 \text{ kN}$ (съгл. II Б/ т. 1 в)
- $P_n = 24,667 \text{ kN}$ (съгл. II Б/ т. 1 г)
- $P_k = 2,578 \text{ kN}$ (съгл. II Б/ т. 1 д)
- $2l_T = 1,8 \text{ m}$ (по задание)
- $2L_T = 3,15 \text{ m}$ (от чертежите)
- $2b_1 = 1,7 \text{ m}$ (съгл. II Б/ т. 1 г)
- $2b = 2 \text{ m}$ (съгл. II Б/ т. 1 д)

Фиг. 28. Схема на вертикалното натоварване на талиговата рама

Редуцирам силите P_H в страничните надлъжни греди на рамата на талигата, където действат силите P_k чрез моментово условие за равновесие $P_H \cdot 2b_1 = P_{\text{цв}} \cdot 2b$. Получавам сили $P_{\text{цв}}$ от формулата:

$$(105) \quad P_{\text{цв}} = \frac{P_H \cdot 2b_1}{2b}, \text{ kN}$$

Замествам в (105) и получавам

$$P_{\text{цв}} = 24,667 \cdot 1,7/2 = 20,967 \text{ kN}$$

Опорните реакции R_i ($i = 1, 2$) в областта на буксите се определят по зависимостта:

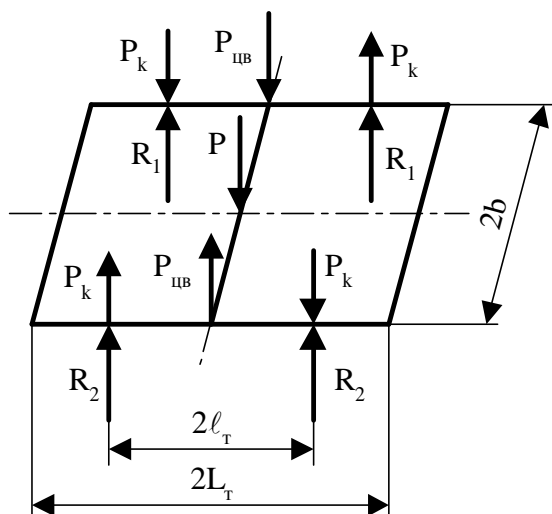
$$(106) \quad R_i = \frac{P}{4} \pm \frac{P_{\text{цв}}}{2}, \text{ kN}$$

Замествам в (106) и получавам:

$$R_1 = 462,053/2 + 20,967/2 = 125,997 \text{ kN}$$

$$R_2 = 462,053/2 - 20,967/2 = 105,03 \text{ kN}$$

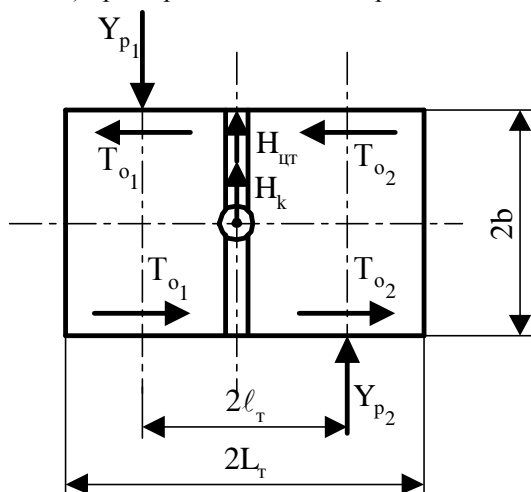
Изходната разчетна схема при вертикално натоварване на талиговата рама е дадена на фиг. 29.



$P = 462,053 \text{ kN}$ (съгл. II Б/ т. 1 в)
 $P_{\text{цв}} = 20,967 \text{ kN}$ (съгл. III т. 3 а)
 $P_k = 2,578 \text{ kN}$ (съгл. II Б/ т. 1 д)
 $R_1 = 125,997 \text{ kN}$ (съгл. III т. 3 а)
 $P_2 = 105,03 \text{ kN}$ (съгл. III т. 3 а)
 $2l_T = 1,8 \text{ m}$ (по задание)
 $2L_T = 3,15 \text{ m}$ (от чертежите)
 $2b = 2 \text{ m}$ (съгл. II Б/ т. 1 д)

Фиг. 29. Изходна разчетна схема при вертикално натоварване

а) при хоризонтално натоварване



$H_{\text{цт}} = 2,438 \text{ kN}$ (съгл. II Б/ т. 2 в);
 $H_k = 26,889 \text{ kN}$ (съгл. II Б/ т. 2 в);
 $2l_T = 1,8 \text{ m}$; $2L_T = 3,15 \text{ m}$
 $2b = 2 \text{ m}$

Фиг. 30. Схема на хоризонталното натоварване на талиговата рама

За определяне на рамните сили Y_{P_i} съгласно II Б/ т. 2 а) (73) се получава:

$$(107) \quad Y_{P_1} = Y_1 - 2\Phi_{y_1}, \text{ kN}$$

$$(108) \quad Y_{P_2} = 2\Phi_{y_2}, \text{ kN}$$

където: $Y_1 = 87,551 \text{ kN}$ - направляваща сила върху $\Gamma^{\text{ва}}$ колоос, (от III табл. 2 т. 2 в) за вписване с $v = 70 \text{ km/h} = 19,444 \text{ m/s}$ в разчетната крива с минимално допустимия радиус $R_{\text{min}} = 250 \text{ m}$ (по задание); Φ_{y_i} - напречни компоненти на силите на триене в контактните точки на всяка колоос с релсите, определени от (74):

$$(109) \quad \Phi_{y_1} = \Phi \cdot \cos \alpha_1, \text{ kN}$$

$$(110) \quad \Phi_{y_2} = \Phi \cdot \cos \alpha_2, \text{ kN}$$

като: $\Phi = 24,525 \text{ kN}$ - сили на сухо триене (съгласно II Б/ т. 2 а); $\cos \alpha_1 = 0,936$ и $\cos \alpha_2 = 0,251$ - посочни косинуси на силите на триене (III табл. 2 т. 2 в) при движение в разчетната крива с $v = 70 \text{ km/h} = 19,444 \text{ m/s}$.

Замествам в (109) и (110) и получавам:

$$\Phi_{y1} = 24,525 \cdot 0,936 = 22,956 \text{ kN}$$

$$\Phi_{y2} = 24,525 \cdot 0,251 = 6,157 \text{ kN}$$

Замествам в (107) и (108) и получавам:

$$Y_{p1} = 87,551 - 2 \cdot 22,956 = 41,64 \text{ kN}$$

$$Y_{p2} = 26,157 = 12,313 \text{ kN}$$

За определяне на надлъжни хоризонтални сили T_{0i} съгласно III т. 2 б) (77) се получава:

$$(111) \quad T_{01} = \Phi_{x1} \cdot \frac{s}{b}, \text{ kN}$$

$$(112) \quad T_{02} = \Phi_{x2} \cdot \frac{s}{b}, \text{ kN}$$

където: Φ_{x1} - надлъжни компоненти на силите на триене в конт. точки на всяка колоос с релсите, определени от (78):

$$(113) \quad \Phi_{x1} = \Phi \cdot \sin \alpha_1, \text{ kN}$$

$$(114) \quad \Phi_{x2} = \Phi \cdot \sin \alpha_2, \text{ kN}$$

като: $\Phi = 24,525 \text{ kN}$ - сили на сухо триене (съгласно II Б/ т. 2 а); $\sin \alpha_i$ - посочни синуси на силите на триене, определени от зависимостта:

$$(115) \quad \sin \alpha_i = s/z_i, \text{ m}$$

като: $i = 1, 2$ - № на колооста в талигата; $2s = 1,5 \text{ m}$ - разстояние между кръговете на търкаляне; $2b = 2 \text{ m}$ - разстояние между средите на буксите. $z_1 = 2,131 \text{ m}$ и $z_2 = 0,775 \text{ m}$ - радиус-вектори на силите Φ , (съгласно III табл. 2 т. 2 в).

Замествам в (114) и получавам:

$$\sin \alpha_1 = s/z_1 = 0,75/2,131 = 0,352 \text{ m}$$

$$\sin \alpha_2 = s/z_2 = 0,75/0,775 = 0,968 \text{ m}$$

Замествам в (113) и (114) получавам:

$$\Phi_{x1} = 24,525 \cdot 0,352 = 8,632 \text{ kN}$$

$$\Phi_{x2} = 24,525 \cdot 0,968 = 23,74 \text{ kN}$$

Замествам в (111) и (112) и получавам:

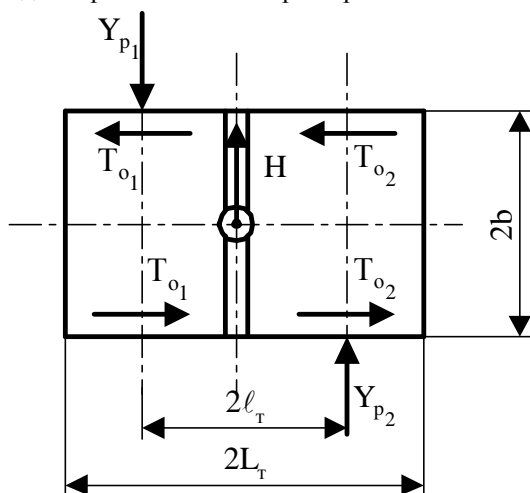
$$T_{01} = 8,632 \cdot 0,75 = 6,474 \text{ kN}$$

$$T_{02} = 23,74 \cdot 0,75 = 17,805 \text{ kN}$$

За хоризонталната сила H в централния лагер (от II Б/ т. 2 в) и от (90) при $v = 70 \text{ km/h} = 19,444 \text{ m/s}$ се получава:

$$H = 0,16 \cdot 19,444^2 - 31,167 = 29,32645216 \approx 29,326 \text{ kN}$$

Исходната разчетна схема при хоризонтално натоварване на талиговата рама е дадена на фиг. 31.



$$Y_{p1} = 41,64 \text{ kN}; Y_{p2} = 12,313 \text{ kN};$$

$$H = 29,326 \text{ kN}; T_{01} = 6,474 \text{ kN}; T_{02} = 17,805 \text{ kN}; 2l_r = 1,8 \text{ m};$$

$$2L_r = 3,15 \text{ m}$$

$$2b = 2 \text{ m}$$

Фиг. 31. Исходна разчетна схема при хоризонтално натоварване

Проверки:

$$(116) \quad \sum_{i=1}^2 F_{y_i} = 0$$

$$(117) \quad \sum_{i=1}^2 M_{F_i}^{ц.л.} = 0$$

Замествам в (116) и (117) и получавам:

$$Y_{p1} - H - Y_{p2} = 0 \rightarrow 41,64 - 29,326 - 12,313 = 0 \rightarrow 0 = 0 \rightarrow \text{Проверката (116) е изпълнена.}$$

$$(Y_{p1} + Y_{p2}) \cdot l_r - (T_{01} + T_{02}) \cdot 2b = 0 \quad (41,64 + 12,313) \cdot 0,9 - (6,474 + 17,805) \cdot 2 = 0 \quad 49,558 - 49,558 = 0 \text{ то } 0 = 0 \rightarrow \text{Пр. (117) е изпълнена.}$$