

TABOR TRAMWAJOWY	N O R M A   B R A N Ż O W A	BN-89
	Komunikacja miejska <b>Skrajnia kinematyczna wagonu tramwajowego</b>	9396-05/02
		Grupa katalogowa 0553

## 1. PRZEDMIOT NORMY

Przedmiotem normy jest skrajnia kinematyczna wagonu tramwajowego eksploatowanego na torach tramwajowych o szerokości 1435 mm oraz 1000 mm.

## 2. ZAKRES STOSOWANIA NORMY

Normę należy stosować przy konstruowaniu, budowie i modernizacji wagonu tramwajowego, przy spełnieniu omówionych niżej warunków.

a) Wymiary i parametry wagonu tramwajowego nie przekraczają następujących wartości:

— wyrażenie  $\frac{S-d}{2} = 0,020$  m (zarówno dla toru 1435 mm jak i toru 1000 mm) powiększone o luz maźniczy  $q$  i luz bujakiowy  $w$  nie będzie większe od 0,070 m, czyli

$$\frac{S-d}{2} + q + w \leq 0,070$$

— rozstaw czopów skreću wagonu  $a$  nie będzie większy niż 8 m,

— niesymetria liniowa  $e$  nie będzie większa niż 0,010 m,

— niesymetria kątowa  $\theta$  nie będzie większa niż  $1^{\circ}30'$ ,

— współczynnik przechylenia pudła  $s$  nie będzie większy niż 0,400.

b) Tory tramwajowe spełniają wymagania wg BN-89/9396-05/03 p. 2.

c) Na łukach torów wagon będzie jeździł z prędkościami przewidzianymi dla tych łuków.

Norma nie ma zastosowania, gdy niewyważone przyspieszenie odśrodkowe na łuku przekroczy  $1 \text{ m/s}^2$ .

Postanowienia normy dotyczą wszystkich części składowych wagonu tramwajowego, z wyjątkiem lusterek bocznych w stanie rozłożonym oraz elastycznych części odgarniacza. Sztywne części odgarniacza wchodzą w zakres postanowień normy, jeżeli są wyregulowane odpowiednio do stopnia zużycia obręczy kół i resorów.

## 3. OKREŚLENIA

**3.1. skrajnia kinematyczna wagonu tramwajowego** — zbiór dopuszczalnych gabarytów przekrojów poprzecznych tego wagonu.

**3.2. dopuszczalny gabaryt poszczególnego przekroju poprzecznego wagonu tramwajowego** — taki kontur, w którym jeżeli mieści się w nim każdy element poprzecznego przekroju wagonu tramwajowego, to wagon ten poruszający się z prędkością od 0 do maksymalnej dopuszczalnej, minie bez kolizji wszystkie stałe obiekty znajdujące się na torze lub obok toru, niezależnie od tego, czy jest on prosty, czy łukowy. Tak samo żaden element wagonu tramwajowego nie wejdzie w kolizję z innym wagonem tramwajowym poruszającym się po równoległym torze prostym, czy łukowym lub przejeżdżającym przez krzyżownicę torów z prędkością od 0 do maksymalnej dopuszczalnej.

**3.3. kontur odniesienia skrajni kinematycznej** — wg BN-89/9396-05/01 p. 3.1.

**3.4. poszerzenie konturu odniesienia skrajni kinematycznej na łuku toru** — wg BN-89/9396-05/01 p. 3.2.

**3.5. obniżenie krawędzi konturu odniesienia skrajni kinematycznej na łuku pionowym toru** — wg BN-89/9396-05/01 p. 3.3.

**3.6. zwężenie wewnętrzne konturu odniesienia skrajni kinematycznej wagonu tramwajowego  $E_i$ , m** — wielkość, o którą należy zmniejszyć półszerokość tego konturu odniesienia, aby otrzymać półszerokość dopuszczalnego gabarytu wagonu tramwajowego w danym punkcie danego przekroju poprzecznego wagonu tramwajowego, gdy przekrój ten leży pomiędzy czopami skreću wagonu tramwajowego.

**3.7. zwężenie zewnętrzne konturu odniesienia skrajni kinematycznej wagonu tramwajowego  $E_a$ , m** — wielkość, o którą należy zmniejszyć półszerokość tego konturu odniesienia, aby otrzymać półszerokość dopuszczalnego gabarytu wagonu tramwajowego w danym punkcie danego przekroju poprzecznego wagonu tramwajowego, gdy przekrój ten leży na zewnątrz czopa skreću wagonu tramwajowego.

Zgłoszona przez Instytut Gospodarki Przestrzennej i Komunalnej  
Ustanowiona przez Dyrektora Instytutu Gospodarki Przestrzennej i Komunalnej dnia 21 grudnia 1989 r.  
jako norma obowiązująca od dnia 1 lipca 1990 r.  
(Dz. Norm. i Miar nr 3/1990, poz. 5)

**3.8. podwyższenie wewnętrzne dolnej krawędzi konturu odniesienia skrajni kinematycznej wagonu tramwajowego**  $H_i$ , m — wielkość, o którą należy unieść w górę dolną krawędź tego konturu odniesienia, aby otrzymać dolną krawędź dopuszczalnego gabarytu wagonu tramwajowego w danym punkcie danego przekroju poprzecznego wagonu tramwajowego, gdy przekrój ten leży pomiędzy czopami skrętu wagonu tramwajowego.

**3.9. podwyższenie zewnętrzne dolnej krawędzi konturu odniesienia skrajni kinematycznej wagonu tramwajowego**  $H_a$ , m — wielkość, o którą należy unieść w górę dolną krawędź tego konturu odniesienia, aby otrzymać dolną krawędź dopuszczalnego gabarytu wagonu tramwajowego w danym punkcie danego przekroju poprzecznego wagonu tramwajowego, gdy przekrój ten leży na zewnątrz czopa skrętu wagonu tramwajowego.

**3.10. obniżenie górnej krawędzi konturu odniesienia skrajni kinematycznej wagonu tramwajowego** — wielkość wyrażona w m, o którą należy opuścić w dół górną krawędź tego konturu, aby otrzymać górną krawędź dopuszczalnego gabarytu wagonu tramwajowego. Obniżenie górnej krawędzi konturu odniesienia skrajni kinematycznej wagonu tramwajowego zawsze wynosi 0,030 m.

**3.11. maksymalna szerokość toru tramwajowego**  $S$  — wyrażona w m maksymalna dopuszczalna odległość pomiędzy bokami szyn w torze w stanie maksymalnego zużycia szyn. Dla torów o nominalnym prześwicie 1435 mm wynosi ona  $S = 1,450$  m, a dla torów o nominalnym prześwicie 1000 mm wynosi ona  $S = 1,015$  m.

**3.12. literowe oznaczenia wymiarów i parametrów określających skrajnię kinematyczną wagonu tramwajowego**

**3.12.1. najmniejsza długość prowadna  $d$ , m zestawu kołowego** — odległość przedstawiona na rys. 1, mierzona w stanie maksymalnego dopuszczalnego zużycia kół. Dla wagonu tramwajowego na tor 1435 mm najmniejsza długość prowadna zestawu kołowego wynosi  $d = 1,410$  m, a dla wagonu tramwajowego na tor 1000 mm najmniejsza długość prowadna zestawu kołowego wynosi  $d = 0,975$  m.

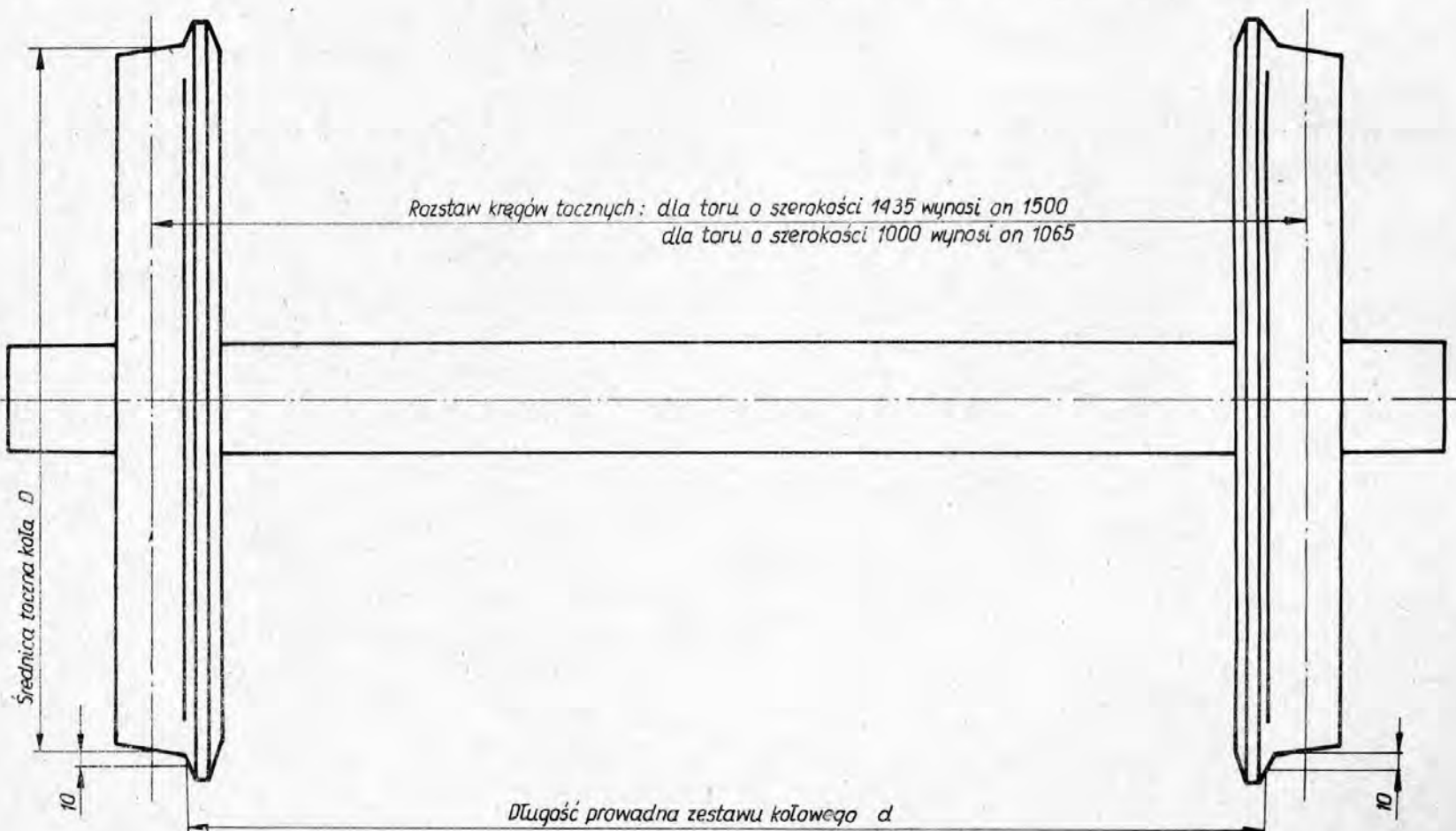
**3.12.2. rozstęp czopów skrętu  $a$ , m** — odległość pomiędzy osiami symetrii czopów skrętu wagonu tramwajowego. Dla wagonów tramwajowych przegubowych wartość  $a$  jest odległością pomiędzy dwoma sąsiednimi czopami skrętu. Dla wagonów dwuosiowych wartość  $a$  jest rozstawem osi wagonu tramwajowego.

**3.12.3. rozstaw osi wózka  $p$ , m** — dla wagonów tramwajowych dwuosiowych wartość  $p = 0$ .

**3.12.4. luz maźniczy  $q$ , m** — przemieszczenie, o jakie rama wózka może się przesunąć na zestawach kołowych w bok od swego środkowego położenia na stronę.

**3.12.5. luz bujakiowy  $w$ , m** — przemieszczenie, o jakie pudło wagonu tramwajowego może się przesunąć na wózkach w bok od swego środkowego położenia na stronę.

**3.12.6. dopuszczalna niesymetria liniowa  $e$ , m** — odchyłka położenia pudła wagonu tramwajowego wynikająca z dopuszczalnych tolerancji montażowych wagonu tramwajowego, która wskazuje o ile podłużna płaszczyzna symetrii pudła wagonu tramwajowego może być oddalona w bok od swego położenia nominalnego w stanie, gdy zestawy kołowe zajmują środkowe położenie w ramach luzów na torze, belki bujakiowe zajmują środkowe położenie w ramach luzów na ramach wózków, a ramy wózków zajmują środkowe położenie w ramach luzów na maźnicach.



**3.12.7. dopuszczalna niesymetria kątowna  $\theta$**  (stopnie kątowne) — odchyłka położenia wagonu tramwajowego wynikająca z dopuszczalnych tolerancji montażowych wagonu tramwajowego, będąca kątem o jaki podłużna płaszczyzna symetrii pudła wagonu tramwajowego może być odchylona od pionu.

**3.12.8. współczynnik przechylenia pudła  $s$  (radian)** — cecha wynikająca z konstrukcji wagonu tramwajowego, wskazująca o jaki kąt mierzony w radianach odchyliłoby się od pionu pudło wagonu tramwajowego, gdyby zadziałała na nie siła pozioma równa co do wielkości ciężarowi pudła z największą możliwą liczbą pasażerów, przyłożona na wysokości środka ciężkości pudła z tymi pasażerami.

Współczynnik ten oblicza się wg zasad mechaniki sztywnych konstrukcji opartych na sztywnym podłożu za pośrednictwem sprężyn.

**3.12.9. wysokość bieguna kołysania  $h_o$ , m** — odległość pionowa od płaszczyzny główek szyn do bieguna kołysania pudła wagonu tramwajowego (punktu wokół którego kołysze się poprzecznie pudło wagonu tramwajowego). Wysokość ta jest cechą wynikającą z konstrukcji wagonu tramwajowego.

**3.12.10. wysokość rozpatrywanego punktu danego przekroju poprzecznego wagonu tramwajowego nad główką szyny  $h$ , m** — współrzędna wysokościowa rozpatrywanego punktu.

**3.12.11. odległość poprzeczna rozpatrywanego punktu danego przekroju poprzecznego wagonu tramwajowego od podłużnej płaszczyzny symetrii wagonu tramwajowego  $W$ , m** — współrzędna szerokościowa rozpatrywanego punktu.

**3.12.12. odległość podłużna rozpatrywanego przekroju poprzecznego wagonu tramwajowego od najbliższego czoła skrzyżowania  $n$ , m** — współrzędna długościowa rozpatrywanego punktu.

**3.12.13. odległość odbijaka belki bujakowej od podłużnej pionowej płaszczyzny symetrii wagonu tramwajowego  $b_{odb}$ , m** — odległość pionowej osi symetrii odbijaka od podłużnej płaszczyzny symetrii wagonu tramwajowego.

**3.12.14. zużycie radialne kół  $z_k$ , m** — wartość, o jaką może zmniejszyć się promień kręgu tocznego koła w wyniku zużycia.

**3.12.15. ugięcie statyczne sprężyn wózka  $f_{st w}$ , m** — wartość, o jaką statycznie ugną się sprężyny wózka pod ciężarem największej możliwej liczby pasażerów, przy czym pod pojęciem „sprężyny wózka” rozumie się zarówno sprężyny maźnicze jak i wkładki elastyczne kół.

**3.12.16. ugięcie statyczne sprężyn pudła  $f_{st p}$ , m** — wartość, o jaką statycznie ugną się sprężyny pudła pod ciężarem największej możliwej liczby pasażerów.

**3.12.17. ugięcie dynamiczne sprężyn  $f_{dw}$ , m** — amplituda drgań sprężyn wózka obciążonych ciężarem wagonu tramwajowego z pasażerami. Jeżeli istnieje możliwość rezonansu drgań, albo możliwość osiadania sprężyn, to należy zamiast  $f_{dw}$  przyjmować różnicę między ugięciem maksymalnym sprężyn do odbijaka lub do zupełnego zgniotu a ugięciem statycznym.

**3.12.18. ugięcie dynamiczne sprężyn pudła  $f_{dp}$ , m** — amplituda drgań sprężyn pudła obciążonych ciężarem pudła wagonu tramwajowego z pasażerami. Jeżeli istnieje możliwość rezonansu drgań albo możliwość osiadania sprężyn, to należy zamiast  $f_{dp}$  przyjmować różnicę między ugięciem maksymalnym sprężyn do odbijaka lub do zupełnego zgniotu a ugięciem statycznym.

**3.12.19. przemieszczenie poziome wynikające z kołysania pudła wagonu tramwajowego  $z$ , m** — przemieszczenie punktu o współrzędnych  $n$ ,  $W$  i  $h$  w kierunku poprzecznym prostopadłym do podłużnej płaszczyzny symetrii wagonu tramwajowego.

**3.12.20. przemieszczenie pionowe wynikające z kołysania pudła wagonu tramwajowego  $y$ , m** — przemieszczenie punktu o współrzędnych  $n$ ,  $W$  i  $h$  w kierunku pionowym.

**3.12.21. promień łuku toru  $R$ , m** — promień krzywizny podłużnej osi symetrii toru na łuku. Należy przyjmować najmniejszy promień  $R$ , jaki występuje w danym przedsiębiorstwie komunikacyjnym. Zwykle jest to  $R = 20$  m, ale dla niektórych przedsiębiorstw jest  $R = 25$  m.

**3.12.22. promień pionowego łuku toru  $R_v$ , m** — promień krzywizny pionowej główki szyn na wypukłości lub wklęsłości toru. Należy przyjmować  $R_v = 1000$  m.

**3.12.23. przemieszczenie boczne pantografu wynikające z kołysania pudła wagonu tramwajowego  $z_p$ , m** — przemieszczenie ślizgacza pantografu w kierunku prostopadłym do podłużnej płaszczyzny symetrii wagonu tramwajowego.

**3.12.24. niesymetria liniowa pantografu  $\tau$ , m** — odległość środka ślizgacza od podłużnej płaszczyzny symetrii pudła wagonu tramwajowego mierzona w kierunku poprzecznym do kierunku jazdy. Niesymetria ta jest sumą dopuszczalnej niesymetrii zabudowy pantografu na dachu wagonu tramwajowego oraz dopuszczalnej niesymetrii samego pantografu.

**3.12.25. podatność poprzeczna pantografu  $t$ , m** — przemieszczenie ślizgacza w kierunku prostopadłym do podłużnej płaszczyzny symetrii pudła wagonu tramwajowego, wywołane przez siłę poziomą (wiatr, siła odśrodkowa, siła bezwładności itp.) równą 250 N przyłożoną do ślizgacza.

**3.12.26. niesymetria liniowa belki bujakowej wózka  $e_{bw}$ , m** — dopuszczalna odległość środka gniazda skrzyżowania od podłużnej płaszczyzny symetrii toru w stanie gdy zestawy kołowe zajmują środkowe położenie w torze, rama wózka zajmuje środkowe położenie w ramach luzów na zestawach kołowych, a belka bujakowa zajmuje środkowe położenie w ramach luzów na ramie wózka.

**3.12.27. niesymetria liniowa ramy wózka  $e_{rw}$ , m** — dopuszczalna odległość podłużnej płaszczyzny symetrii wózka od jej nominalnego położenia w stanie gdy zestawy kołowe zajmują środkowe położenie w torze, a rama wózka zajmuje środkowe położenie w ramach luzu na zestawach kołowych.

**3.12.28. ugięcie koła elastycznego  $f_k$ , m** — całkowite możliwe ugięcie koła aż do odbijaka.

#### 4. WYMAGANIA DLA SKRAJNI KINEMATYCZNEJ WAGONU TRAMWAJOWEGO

Żaden przekrój poprzeczny wagonu tramwajowego nie powinien żadną częścią wykraczać na zewnątrz dopuszczalnego gabarytu przekroju wagonu tramwajowego, jeżeli ten wagon spełnia następujące warunki: ma nowe koła, jest nie obciążony, wysokość sprężyn jest zgodna z dokumentacją techniczną, zestawy kołowe zajmują środkowe położenie na torze, rama wózka zajmuje środkowe położenie w ramach rzeczywistych luzów na wózkach, tor, na którym stoi jest prosty i poziomy<sup>1)</sup>.

#### 5. WYMIARY DOPUSZCZALNEGO GABARYTU DANEGO POPRZECZNEGO PRZEKROJU WAGONU TRAMWAJOWEGO

5.1. Dla przekrojów poprzecznych położonych pomiędzy czopami skrzytu

5.1.1. Wzory redukcyjne

5.1.1.1. Zwężenia

Dla pudła w dowolnym przypadku

$$E_i = \left[ 1 + \frac{(a-2n)^2}{8R^2} \right] \cdot \frac{\left| n \cdot (a-n) + \frac{p^2}{4} - 10 \right|_{>0}}{2R} - \frac{(a-2n)^2}{8R^2} \cdot W \Big|_{>0} + \frac{S-d}{2} + q + w + e + z \quad (1)$$

We wzorze tym, jak i w dalszych wzorach niniejszej normy znak  $|x|_{>0}$ , oznacza, że jeżeli  $x$  jest dodatnie, to przyjmujemy  $|x|_{>0} = x$ , a jeżeli  $x$  jest ujemne lub równe 0, to przyjmujemy  $|x|_{>0} = 0$ .

W przypadku, gdy najmniejszy promień łuku toru spełnia zależność  $R \geq 25$  m, oraz gdy rozstaw czopów skrzytu wagonu tramwajowego  $a \leq 6$  m, wzór (1) upraszcza się do postaci jak niżej

$$E_i = \frac{\left| n \cdot (a-n) + \frac{p^2}{4} - 10 \right|_{>0}}{2R} + \frac{S-d}{2} + q + w + e + z \quad (1a)$$

Dla belki bujawkowej

$$E_{ibw} = \frac{S-d}{2} + q + w + e_{rw} \quad (2)$$

Dla ramy wózka pomiędzy zestawami kołowymi

$$E_{irw} = \frac{S-d}{2} + q + e_{rw} \quad (3)$$

Dla maźnicy i zestawu kołowego

$$E_{izk} = \frac{S-d}{2} \quad (4)$$

Dla pantografu

$$E_{pi} = \frac{S-d}{2} + q + w + z_p \quad (5)$$

We wzorach (1) i (1A) wartość  $z$  wyraża się wzorem

$$z = \left( \frac{S}{15} + \operatorname{tg}\theta \right) \cdot |h - h_0| \quad (6)$$

We wzorze (5) wartość  $z_p$  wyraża się wzorem

$$z_p = 1,33 \cdot \sqrt{z_a^2 + z_b^2 + e^2 + r^2 + l^2} \quad (7)$$

w którym:

$z_a$  — przemieszczenie ślizgacza pantografu wynikające z przechylenia pudła wagonu tramwajowego

$$z_a = \frac{S}{15} \cdot (h - h_0)$$

$z_b$  — przemieszczenie wynikające z niesymetrii kątowej pudła

$$z_b = (\operatorname{tg}\theta) \cdot (h - h_0)$$

Pozostałe oznaczenia we wzorach (1) ÷ (7) wg 3.12.

5.1.1.2. Podwyższenie dolnej krawędzi

Dla pudła

$$H_i = \frac{|n \cdot (a-n) - 10|_{>0}}{2R_v} + z_k + f_{stw} + f_{sip} + f_{dw} + f_{dp} + y \quad (8)$$

Dla belki bujawkowej

$$H_{ibw} = z_k + f_{stw} + f_{sip} + f_{dw} + f_{dp} + y \quad (9)$$

Dla ramy wózka pomiędzy zestawami kołowymi

$$H_{irw} = z_k + f_{stw} + f_{dw} \quad (10)$$

Dla maźnicy i zestawu kołowego

$$H_{izk} = z_k + f_{zk} \quad (11)$$

We wzorach (8) i (9) wartość  $y$  wyraża się wzorem

$$y = \left( \frac{S}{15} + \operatorname{tg}\theta \right) \cdot |W - b_{odb}|_{>0} \quad (12)$$

Oznaczenia we wzorach (8) ÷ (12) wg 3.12.

5.1.1.3. Wymiary dopuszczalnego gabarytu przekroju położonego pomiędzy czopami skrzytu — wg rys. 2, na którym wymiary i wartości  $E$  i  $H$  jak również  $h_0$  i  $b_{odb}$  podano w mm.

5.2. Dla przekrojów poprzecznych położonych na zewnątrz czopów skrzytu

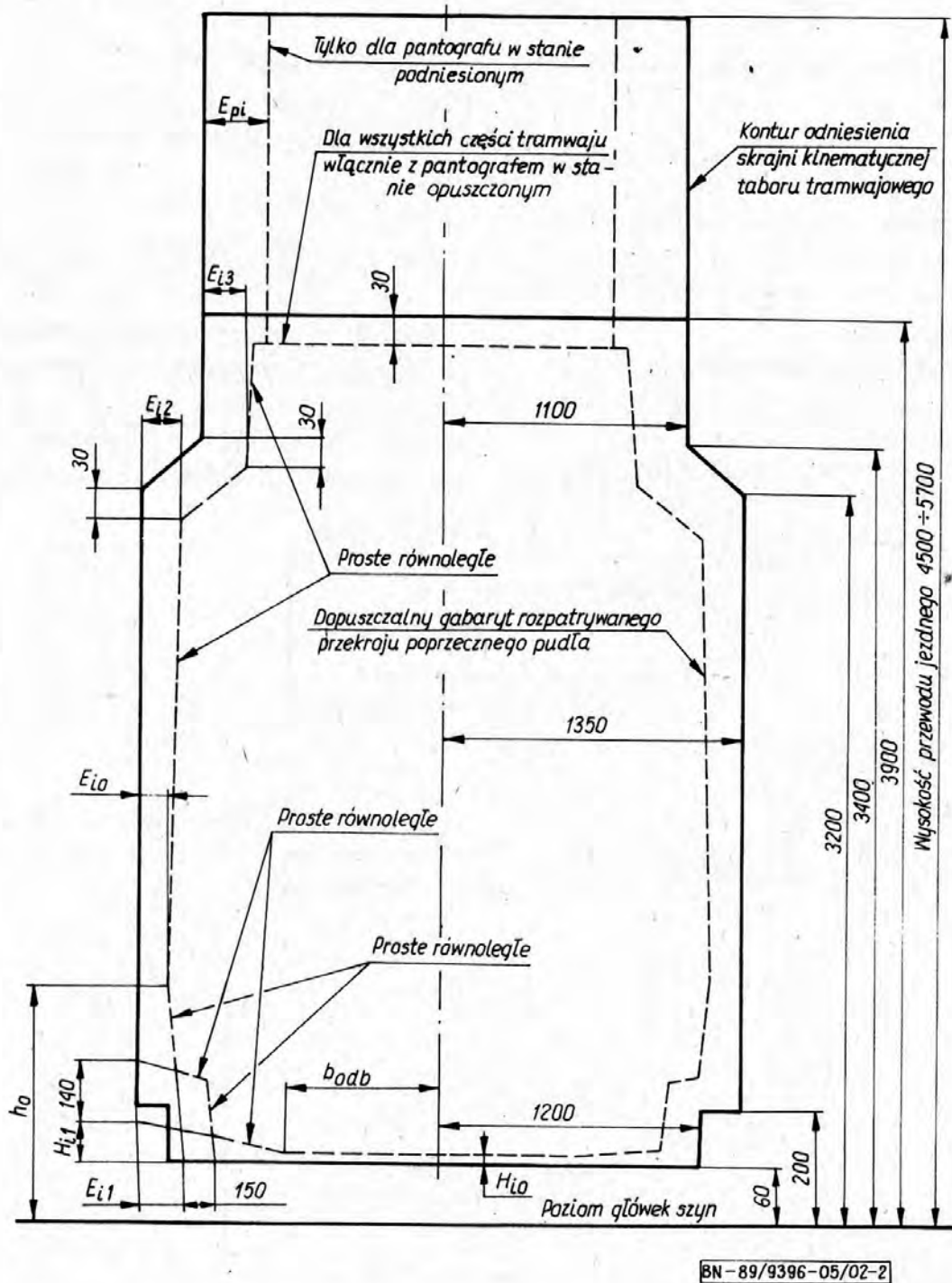
5.2.1. Wzory redukcyjne

5.2.1.1. Zwężenia

Dla pudła w dowolnym przypadku

$$E_a = \left[ 1 + \frac{(a+2n)^2}{8R^2} \right] \cdot \left\{ \frac{\left| n \cdot (a+n) - \frac{p^2}{4} - 10 \right|_{>0}}{2 \cdot (R + |25-R|_{>0})} + \frac{|25-R|_{>0} \cdot \left| n \cdot (a+n) - \frac{p^2}{4} - 10 - \frac{8400}{R^2} \right|_{>0}}{50R} \right\} - \frac{(a+2n)^2}{8R^2} \cdot W \Big|_{>0} + \frac{2n+a}{a} \cdot \left( \frac{S-d}{2} + q + w \right) + e + z \quad (13)$$

<sup>1)</sup> Wszystkie powyższe warunki powinny być spełnione na torze wytworni wagonów tramwajowych, na którym dokonuje się odbioru gotowych wagonów tramwajowych.



BN-89/9396-05/02-2

Rys. 2. Wyznaczanie dopuszczalnego gabarytu przekroju poprzecznego tramwaju, gdy przekrój ten jest położony pomiędzy czopami skretu

$E_{i1}$  — określone w m, z wzoru (1) dla wartości  $W = 1,350$  m przy podstawieniu zamiast  $z$  wartości  $z_1$  m, otrzymanej z wzoru (6) dla  $h = h_1 = 0,060$  m,

$E_{i2}$  — określone w m, z wzoru (1) dla wartości  $W = 1,350$  m przy podstawieniu zamiast  $z$  wartości  $z_2$  m, otrzymanej z wzoru (6) dla  $h = h_2 = 3,200$  m,

$E_{i3}$  — określone w m, z wzoru (1) dla wartości  $W = 1,100$  m przy podstawieniu zamiast  $z$  wartości  $z_3$  m, otrzymanej z wzoru (6) dla  $h = h_3 = 3,400$  m,

$E_{i0}$  — określone w m, z wzoru (1) dla wartości  $W = 1,350$  m przy podstawieniu zamiast  $z$  wartości  $z_0$  otrzymanej z wzoru (6) dla  $h = h_0$ , m,

$H_{11}$  — określone w m, z wzoru (8) przy podstawieniu zamiast  $y$  wartości  $y_1$  m, otrzymanej z wzoru (12) dla  $W = W_1 = 1,350$  m,

$H_{10}$  — określone w m, z wzoru (8) przy podstawieniu zamiast  $y$  wartości  $y_0$  otrzymanej z wzoru (12) dla  $W = b_{odb}$ , m,

$E_{pi}$  — określone w m, z wzoru (5) przy podstawieniu wartości  $z_p$  otrzymanej z wzoru (7).

W przypadku gdy najmniejszy promień łuku toru spełnia zależność  $R \geq 50$  m oraz gdy  $a \leq 6$  m, wzór (13) upraszcza się do postaci

$$E_a = \frac{\left| n \cdot (a+n) - \frac{p^2}{4} - 10 \right|_{>0}}{2R} + \frac{2n+a}{a} \cdot \left( \frac{S-d}{2} + q + w \right) + e + z \quad (13a)$$

Dla belki bujawkowej wózka

$$E_{abw} = E_{ibw} = \frac{S-d}{2} + q + w + e_{rw} \quad (\text{wg } 2)$$

Dla ramy wózka na zewnątrz zestawów kołowych

$$E_{arw} = \frac{2n+p}{p} \cdot \left( \frac{S-d}{2} + q \right) + e_{rw} \quad (14)$$

Dla maźnicy i zestawu kołowego

$$E_{azk} = E_{izk} = \frac{S-d}{2} + \frac{2n+a}{a} \cdot (f_{dw} + f_{dp}) + y \quad (\text{wg } 4) \quad (16)$$

Dla pantografu (jeśli jest usytuowany na zewnątrz czopów skrzytu)

$$E_{pa} = \frac{2n+a}{a} \cdot \left( \frac{S-d}{2} + q + w \right) + z_p \quad (15)$$

W powyższych wzorach wartość  $z$  wyraża się wzorem (6), a wartość  $z_p$  wzorem (7).

Pozostałe oznaczenia we wzorach (13), (13A), (2), (14), (4) i (15) — wg 3.12.

### 5.2.1.2. Podwyższenie dolnej krawędzi

Dla pudła

$$H_a = \frac{|n \cdot (a+n) - 10|_{>0}}{2R_v} + z_k + f_{stw} + f_{stp} +$$

Dla belki bujawkowej

$$H_{abw} = H_{ibw} = z_k + f_{stw} + f_{stp} + f_d + f_{dp} + y \quad (\text{wg } 9)$$

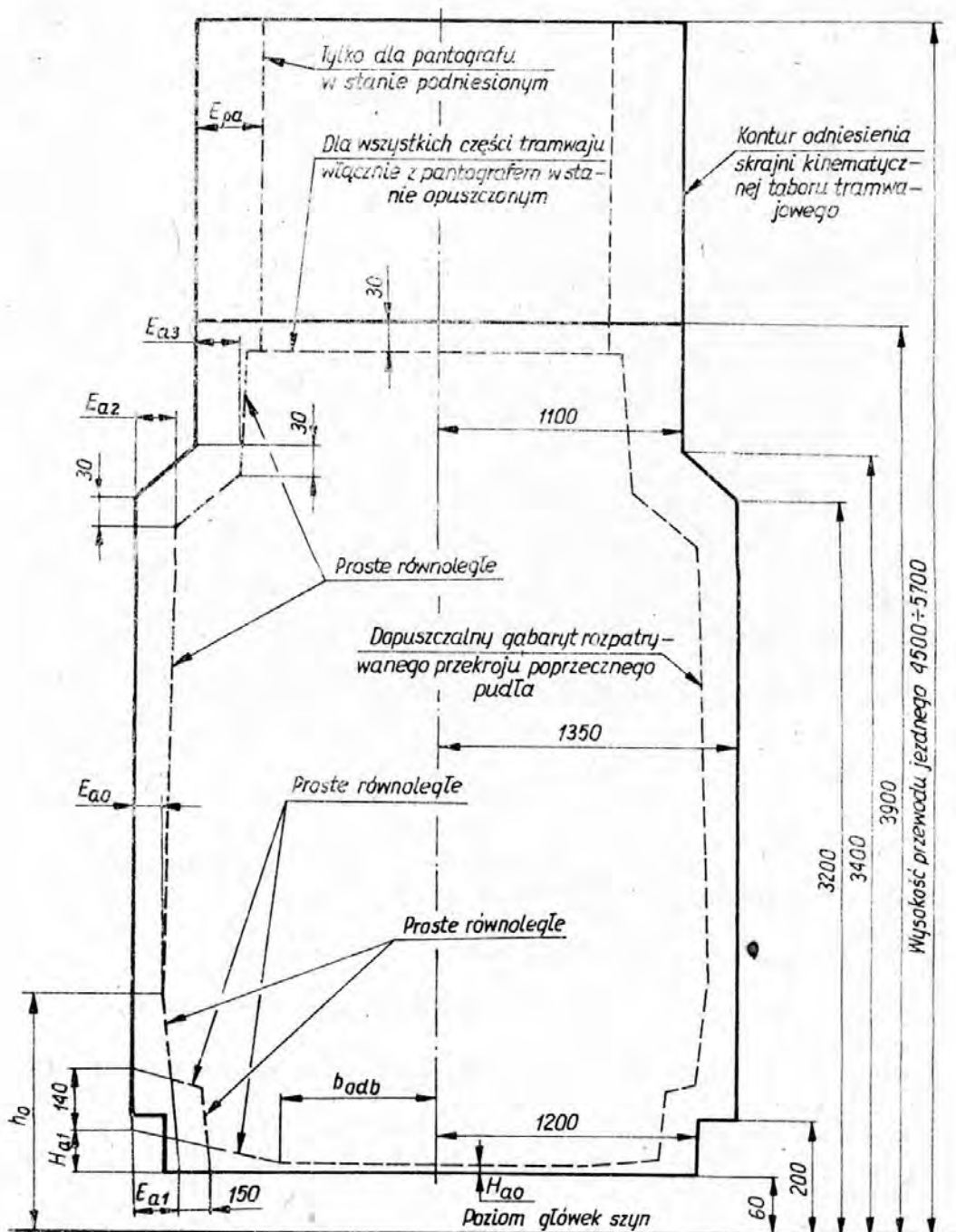
Dla ramy wózka na zewnątrz zestawów kołowych

$$H_{arw} = z_k + f_{stw} + \frac{2n+p}{p} \cdot f_{dw} \quad (17)$$

Dla maźnicy i zestawu kołowego

$$H_{azk} = H_{izk} = z_k + f_{zk} \quad (\text{wg } 11)$$

**5.2.1.3. Wymiary dopuszczalnego gabarytu przekroju położonego na zewnątrz czopów skrzytu** — wg rys. 3, na którym wszystkie wymiary i wszystkie wartości  $E$ ,  $H$  jak również  $h_0$  i  $b_{odb}$  podano w mm. Oznaczenia we wzorach (16), (9), (17) i (11) — wg 3.12.



Rys. 3. Wyznaczanie dopuszczalnego gabarytu przekroju poprzecznego tramwaju, gdy przekrój ten jest położony na zewnątrz czopów skrzytu

$E_{a1}$  — określone z wzoru (13) dla wartości  $W = 1,350$  m przy podstawieniu zamiast  $z$  wartości  $z_1$  m, otrzymanej z wzoru (6) dla  $h = h_1 = 0,060$  m,

$E_{a2}$  — określone z wzoru (13) dla wartości  $W = 1,350$  m przy podstawieniu zamiast  $z$  wartości  $z_2$  m, otrzymanej z wzoru (6) dla  $h = h_2 = 3,200$  m,

$E_{a3}$  — określone z wzoru (13) dla wartości  $W = 1,100$  m przy podstawieniu zamiast  $z$  wartości  $z_3$  m, otrzymanej z wzoru (6) dla  $h = h_3 = 3,400$  m,

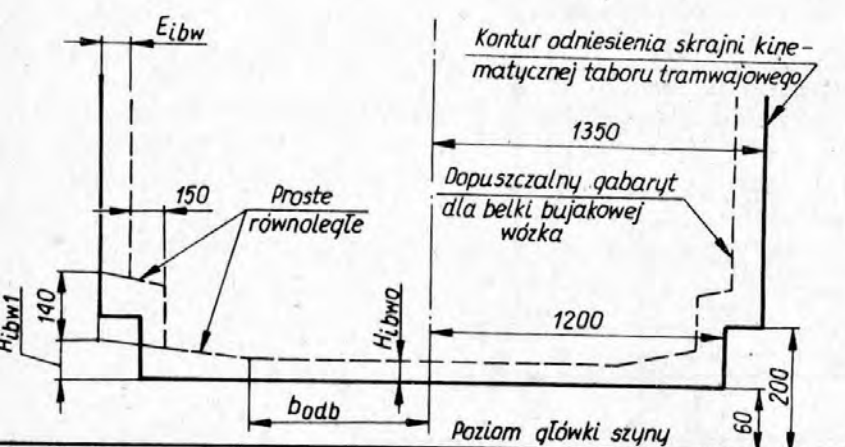
$E_{a0}$  — określone z wzoru (13) dla wartości  $W = 1,350$  m przy podstawieniu zamiast  $z$  wartości  $z_0$  otrzymanej z wzoru (6) dla  $h = h_{op}$ , m,

$H_{a1}$  — określone z wzoru (16) przy podstawieniu zamiast  $y$  wartości  $y_1$  m, otrzymanej z wzoru (12) dla  $W = W_1 = 1,350$  m,

$H_{a0}$  — określone z wzoru (16) przy podstawieniu zamiast  $y$  wartości  $y_0$  otrzymanej z wzoru (12) dla  $W = b_{odb}$ , m,

$E_{pa}$  — (gdy pantograf jest umieszczony na zewnątrz czopów skrzytu) określone z wzoru (15) przy podstawieniu wartości  $z_p$  otrzymanej z wzoru (7).

## 5.3. Wymiary dla belki bujkowej wózka — wg rys. 4.

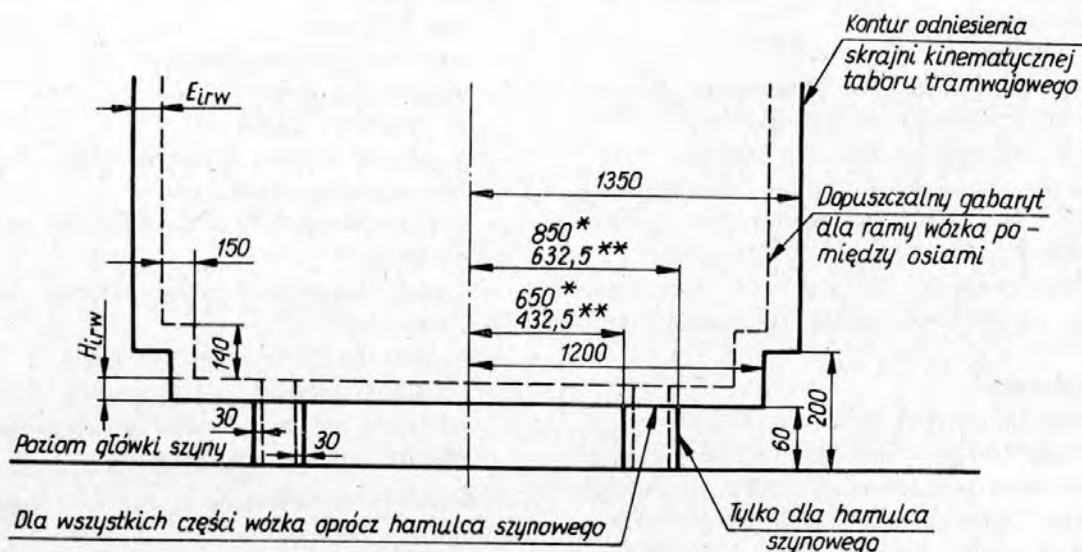


Rys. 4

BN-89/9396-05/02-4

 $E_{ibw}$  — określone z wzoru (2), $H_{ibw1}$  — określone z wzoru (9) przy podstawieniu zamiast  $y$  wartości  $y_1$  m, otrzymanej z wzoru (12) dla  $W = W_1 = 1,350$  m, $H_{ibw0}$  — określone z wzoru (9) przy podstawieniu zamiast  $y$  wartości  $y_0$  m, otrzymanej z wzoru (12) dla  $W = b_{odb}$ .Na rysunku należy podawać wartości  $E_{ibw}$  i  $H_{ibw}$  w mm.

## 5.4. Wymiary dla ramy wózka pomiędzy zestawami kołowymi — wg rys. 5.



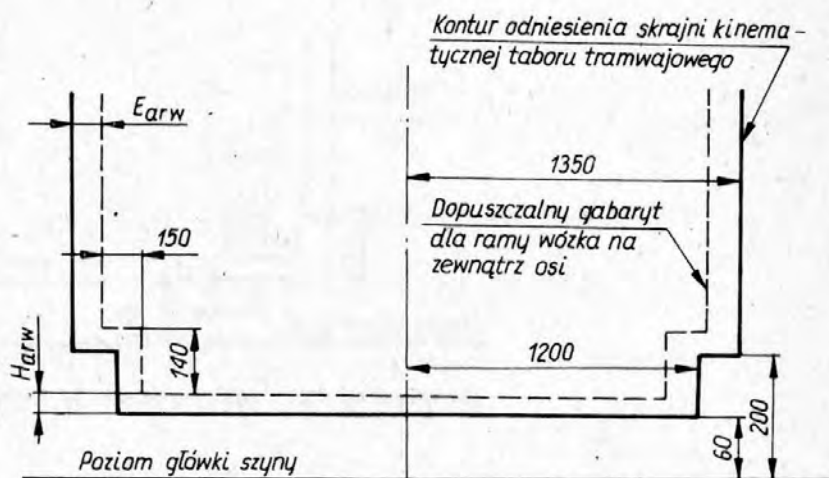
Rys. 5. Wyznaczenie dopuszczalnego gabarytu wózka pomiędzy osiami

\* — wartości dla toru 1435 m,

\*\* — wartości dla toru 1000 mm,

 $E_{irw}$  — określone z wzoru (3), $H_{irw}$  — określone z wzoru (10).Na tym rysunku należy podawać wartości  $E_{irw}$  i  $H_{irw}$  w mm.

## 5.5. Wymiary dla ramy wózka na zewnątrz zestawów kołowych — wg rys. 6.

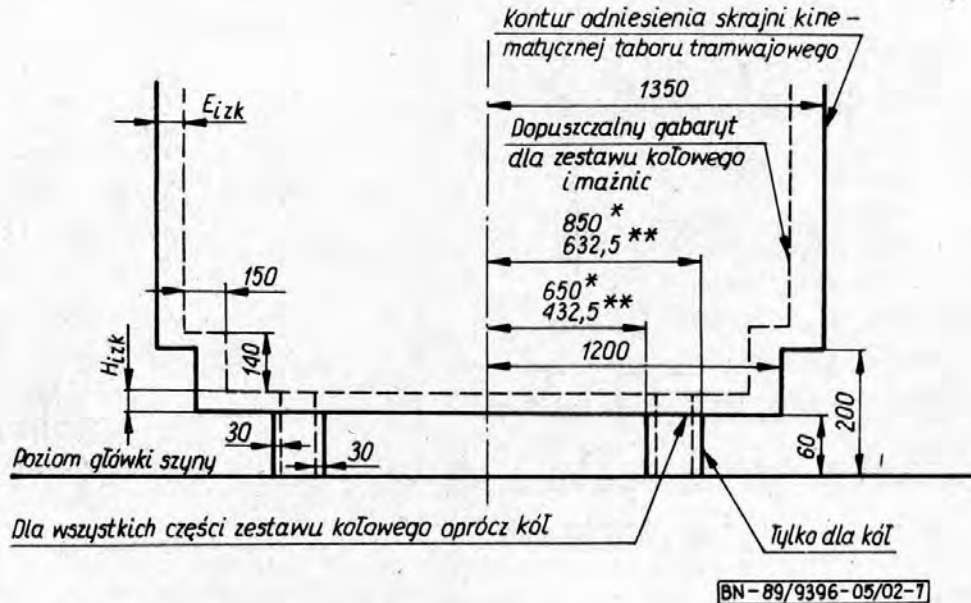


BN-89/9396-05/02-6

Rys. 6. Wyznaczenie dopuszczalnego gabarytu wózka na zewnątrz osi

 $E_{arw}$  — określone z wzoru (14), $H_{arw}$  — określone z wzoru (17).Na tym rysunku należy podawać wartości  $E_{arw}$  i  $H_{arw}$  w mm.

## 5.6. Wymiary dla maźnicy i zestawu kołowego — wg rys. 7.



Rys. 7. Wyznaczenie dopuszczalnego gabarytu maźnicy i zestawu kołowego

\* — wartości dla toru 1435 mm,

\*\* — wartości dla toru 1000 mm,

 $E_{izk}$  — określone z wzoru (4), $H_{izk}$  — określone z wzoru (11).Na tym rysunku należy podawać wartości  $E_{izk}$  i  $H_{izk}$  w mm.

Do wzorów (1) ÷ (17) wszystkie wartości należy pod- i (16) ma wymiar  $m^2$ , a liczba 8400 we wzorze (13) stawiać w m, gdyż liczba 10 we wzorach (1), (8), (13) ma wymiar  $m^4$ . Wynik otrzymuje się w m.

K O N I E C

## INFORMACJE DODATKOWE

1. Instytucja opracowująca normę — Instytut Gospodarki Przestrzennej i Komunalnej, Warszawa.

## 2. Normy i dokumenty związane

BN-89/9396-05/01 Komunikacja miejska. Tor tramwajowy. Kontur odniesienia skrajni kinematycznej taboru tramwajowego

BN-89/9396-05/03 Komunikacja miejska. Skrajnia budowli

OR-7064 Wyznaczenie zarysu odniesienia skrajni kinematycznej tramwajów — opracowanie Ośrodka Badawczo-Rozwojowego Pojazdów Szynowych w Poznaniu

OR-7130 Wyznaczenie zwężonej skrajni kinematycznej tramwajów — opracowanie Ośrodka Badawczo-Rozwojowego Pojazdów Szynowych w Poznaniu

## 3. Dokumenty międzynarodowe

UIC 505-2 Kinematic gauge for coaches and vans used on international services (Skrajnia kinematyczna dla wagonów osobowych i bagażowych stosowana w eksploatacji międzynarodowej) wydana przez Union Internationale des Chemin de Fer (UIC-Międzynarodowy Związek Kolei Żelaznych) dnia 1.01.1977

UIC 505-5 Basic conditions common to Leaflets 505-1 to 505-4. Notes on the preparation and provisions of these Leaflets (Zasadnicze warunki wspólne dla Kart 505-1 do 505-4. Uwagi na temat opracowania i postanowień tych Kart), wydana przez Union Internationale des Chemins de Fer (UIC) dnia 1.01.1977

4. Autor projektu normy — dr inż. Ryszard Lang — Ośrodek Badawczo-Rozwojowy Pojazdów Szynowych, Poznań.

## 5. Przykłady obliczeń

## Przykład 1

Tramwaj ma następujące dane wymiarowe:

— rozstaw czopów skrzytu

— rozstęp osi wózka

$$a = 6 \text{ m}$$

$$b = 1,9 \text{ m}$$

— luz maźniczy

$$q = 0,005 \text{ m}$$

— luz bujakiowy

$$w = 0,030 \text{ m}$$

— współczynnik przechylenia

$$s = 0,300 \text{ m}$$

— niesymetria liniowa

$$e = 0,07 \text{ m}$$

— niesymetria kątowna

$$\theta = 0^\circ 45'$$

— wysokość bieguna kołysania pudła

$$h_0 = 0,460 \text{ m}$$

— dopuszczalne zużycie kół

$$z_k = 0,025 \text{ m}$$

— ugięcie statyczne sprężyn pudła od ciężaru pasażerów

$$f_{stp} = 0,046 \text{ m}$$

— ugięcie statyczne sprężyn wózka od ciężaru pasażerów

$$f_{stw} = 0,003 \text{ m}$$

— ugięcie dynamiczne sprężyn pudła

$$f_{dp} = 0,025 \text{ m}$$

— ugięcie dynamiczne sprężyn wózka

$$f_{dw} = 0,001 \text{ m}$$

— odległość odbijaka resorowego od podłużnej płaszczyzny symetrii tramwaju

$$b_{odb} = 0,641 \text{ m}$$

Wyznaczyć dopuszczalne gabaryty następujących przekrojów tramwaju:

— przekrój przez czop skrzytu ( $n=0$ )— przekrój przez środek wagonu ( $n=3$  m)— przekrój położony na zewnątrz czopa skrzytu i oddalony od tego czopa o  $n=1,5$  m— przekrój poprzeczny na czole wagonu ( $n=3,75$  m).Tramwaj będzie przejeżdżał przez łuki o promieniu  $R = 20$  m i łuki pionowe  $R_v = 1000$  m. Największy luz zestawów kołowych w torze wynosi  $S \approx d = 0,040$  m.

## Tok postępowania i rozwiązanie

a) Wartości  $z_1, z_2, z_3, z_0$ 

$$Z \text{ wzoru (6) mamy } z = \left( \frac{s}{15} + \text{tg} \theta \right) \cdot |h - h_0|$$



Do tego wzoru za wyrażenie  $h$  podstawia się kolejno wartości będące wysokościami punktów załamania krawędzi bocznej konturu odniesienia skrajni kinematycznej taboru tramwajowego wg BN-89/9396-05/01, tzn.

$$h_1 = 0,060 \text{ m}$$

$$h_2 = 3,200 \text{ m}$$

$$h_3 = 3,400 \text{ m}$$

Podstawiamy też wysokość bieguna kołysania  $h_0 = 0,460 \text{ m}$ .

Otrzymujemy:

dla  $h_1 = 0,060 \text{ m}$

$$z_1 = \left( \frac{0,300}{15} + \operatorname{tg} 0^\circ 45' \right) \cdot |0,060 - 0,460| = 0,013 \text{ m}$$

dla  $h_2 = 3,200 \text{ m}$

$$z_2 = \left( \frac{0,300}{15} + \operatorname{tg} 0^\circ 45' \right) \cdot |3,200 - 0,460| = 0,091 \text{ m}$$

dla  $h_3 = 3,400 \text{ m}$

$$z_3 = \left( \frac{0,300}{15} + \operatorname{tg} 0^\circ 45' \right) \cdot |3,400 - 0,460| = 0,097 \text{ m}$$

dla  $h_0 = 0,460 \text{ m}$

$$z_0 = \left( \frac{0,300}{15} + \operatorname{tg} 0^\circ 45' \right) \cdot |0,460 - 0,460| = 0$$

Otrzymane wartości  $z_1$ ,  $z_2$ ,  $z_3$  i  $z_0$  są jednakowe we wszystkich przekrojach poprzecznych pudła tramwaju.

b) Wartości  $y_1$ ,  $y_0$

$$\text{Z wzoru (12) mamy } y = \left( \frac{s}{15} + \operatorname{tg} \theta \right) \cdot |W - b_{odb}|_{>0}$$

Do tego wzoru za wyrażenie  $W$  podstawia się kolejno wartość będącą półszerokością narożnika krawędzi dolnej konturu odniesienia skrajni kinematycznej taboru tramwajowego wg BN-89/9396-05/01 tzn.  $W_1 = 1,350 \text{ m}$  oraz wartość odległości odbijaka belki bujawkowej od podłużnej osi symetrii pudła tramwaju, czyli  $W_{odb} = b_{odb} = 0,641 \text{ m}$ .

Otrzymujemy:

dla  $W_1 = 1,350 \text{ m}$

$$y_1 = \left( \frac{0,300}{15} + \operatorname{tg} 0^\circ 45' \right) \cdot |1,350 - 0,641|_{>0} = 0,023 \text{ m}$$

dla  $W_{odb} = 0,641 \text{ m}$

$$y_0 = \left( \frac{0,300}{15} + \operatorname{tg} 0^\circ 45' \right) \cdot |0,641 - 0,641|_{>0} = 0$$

Otrzymane wartości  $y_1$  i  $y_0$  są jednakowe we wszystkich przekrojach poprzecznych pudła tramwaju.

c) W przekroju przez czop skrzytu ( $n=0$ )

Zwężenie konturu odniesienia

Z wzoru (1) mamy

$$E_i = \left| \left[ 1 + \frac{(a-2n)^2}{8R^2} \right] \cdot \frac{|n \cdot (a-n) + \frac{p^2}{4} - 10|_{>0}}{2R} - \frac{(a-2n)^2}{8R^2} \cdot W \right|_{>0} + \frac{S-d}{2} + q + w + e + z$$

Interesują nas punkty załamania bocznej krawędzi konturu odniesienia skrajni kinematycznej wg BN-89/9396-05/01 oraz punkt tego zarysu położony na wysokości bieguna kołysania, czyli interesują nas pary liczbowe  $(W_1, z_1)$ ,  $(W_1, z_2)$ ,  $(W_2, z_3)$  oraz  $(W_1, z_0)$ .

Otrzymujemy:

dla  $W = W_1 = 1,350 \text{ m}$  oraz dla  $z = z_1 = 0,013 \text{ m}$

$$\begin{aligned} E_{i(0)1} &= \left| \left[ 1 + \frac{(6-2 \cdot 0)^2}{8 \cdot 20^2} \right] \cdot \frac{|0 \cdot (8-0) + \frac{1,9^2}{4} - 10|_{>0}}{2 \cdot 20} - \frac{(6-2 \cdot 0)^2}{8 \cdot 20^2} \cdot 1,350 \right|_{>0} + \frac{0,040}{2} + 0,005 + 0,030 + 0,007 + \\ &+ 0,013 = \left| 1,01125 \cdot \frac{|-9,0975|_{>0}}{40} - 0,151875 \right|_{>0} + 0,075 = \\ &= \left| 1,01125 \cdot \frac{0}{40} - 0,151875 \right|_{>0} + 0,075 = |-0,151875|_{>0} + \\ &+ 0,075 = 0 + 0,075 = 0,075 \text{ m} \end{aligned}$$

dla  $W = W_1 = 1,350 \text{ m}$  oraz dla  $z = z_2 = 0,091 \text{ m}$

$$\begin{aligned} E_{i(0)2} &= \left| \left[ 1 + \frac{(6-2 \cdot 0)^2}{8 \cdot 20^2} \right] \cdot \frac{|0 \cdot (6-0) + \frac{1,9^2}{4} - 10|_{>0}}{2 \cdot 20} - \frac{(6-2 \cdot 0)^2}{8 \cdot 20^2} \cdot 1,350 \right|_{>0} + \frac{0,040}{2} + 0,005 + 0,030 + 0,007 + \\ &+ 0,091 = |-0,151875|_{>0} + 0,153 = 0 + 0,153 = 0,153 \text{ m} \end{aligned}$$

dla  $W = W_2 = 1,100 \text{ m}$  oraz dla  $z = z_3 = 0,098 \text{ m}$

$$\begin{aligned} E_{i(0)3} &= \left| \left[ 1 + \frac{(6-2 \cdot 0)^2}{8 \cdot 20^2} \right] \cdot \frac{|0 \cdot (6-0) + \frac{1,9^2}{4} - 10|_{>0}}{2 \cdot 20} - \frac{(6-2 \cdot 0)^2}{8 \cdot 20^2} \cdot 1,100 \right|_{>0} + \frac{0,040}{2} + 0,005 + 0,030 + 0,007 + \\ &+ 0,098 = \left| \left[ 1 + \frac{36}{3200} \right] \cdot \frac{|-9,0975|_{>0}}{40} - \frac{36}{3200} \cdot 1,100 \right|_{>0} + \\ &+ 0,020 + 0,140 = \left| 1,01125 \cdot \frac{0}{40} - 0,012375 \right|_{>0} + 0,160 = \\ &= |-0,012375|_{>0} + 0,160 = 0 + 0,160 = 0,160 \text{ m} \end{aligned}$$

dla  $W = W_1 = 1,350 \text{ m}$  oraz dla  $z = z_0 = 0$

$$\begin{aligned} E_{i(0)0} &= \left| \left[ 1 + \frac{(6-2 \cdot 0)^2}{8 \cdot 20^2} \right] \cdot \frac{|0 \cdot (6-0) + \frac{1,9^2}{4} - 10|_{>0}}{2 \cdot 20} - \frac{(6-2 \cdot 0)^2}{8 \cdot 20^2} \cdot 1,350 \right|_{>0} + \frac{0,040}{2} + 0,005 + 0,030 + 0,007 + \\ &+ 0 = 0,062 \text{ m} \end{aligned}$$

Podwyższenie dolnej krawędzi konturu odniesienia skrajni kinematycznej

Z wzoru (8) mamy

$$H_i = \frac{|n \cdot (a-n) - 10|_{>0}}{2 \cdot R_v} + z_k + f_{stw} + f_{sup} + f_{dw} + f_{dp} + y$$

Interesuje nas narożnik dolnej krawędzi konturu odniesienia oraz punkt położony na tej krawędzi, a oddalony od osi symetrii o wartość  $b_{odb} = 0,641 \text{ m}$ , czyli interesują nas podwyższenia  $y_1$  i  $y_0$ .

Dla  $y_1 = 0,023 \text{ m}$

$$\begin{aligned} H_{i(0)1} &= \frac{|0 \cdot (6-0) - 10|_{>0}}{2 \cdot 1000} + 0,025 + 0,003 + 0,046 + 0,001 + \\ &+ 0,025 + 0,023 = \frac{|-10|_{>0}}{2000} + 0,123 = \frac{0}{2000} + 0,123 = 0,123 \text{ m} \end{aligned}$$

Dla  $y_0 = 0$

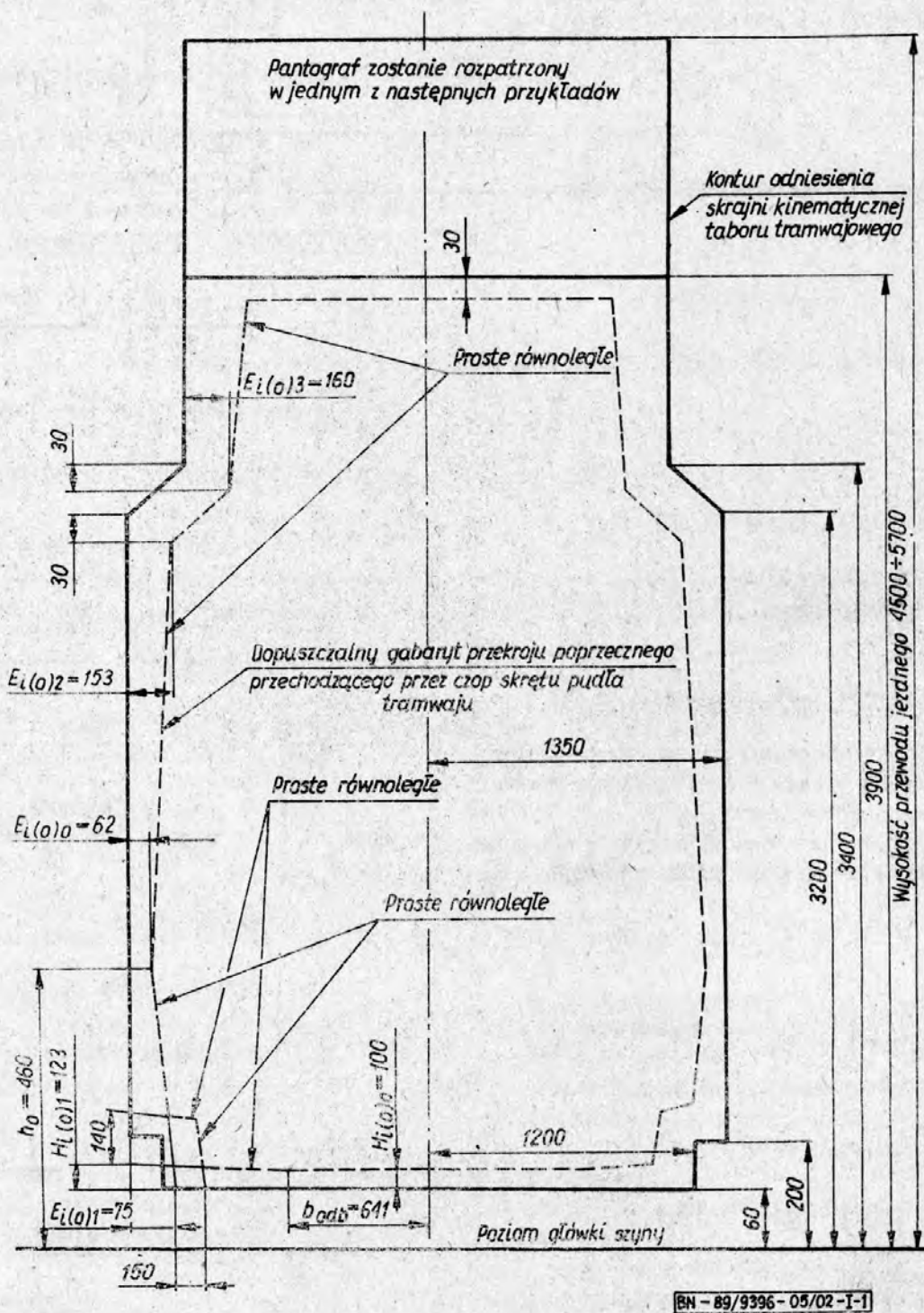
$$H_{i(0)0} = \frac{|0 \cdot (6-0) - 10|_{>0}}{2 \cdot 1000} + 0,025 + 0,003 + 0,046 + 0,001 + 0,025 = 0,100 \text{ m}$$

Otrzymane wartości nanosimy na rysunek konturu odniesienia i uzyskujemy kształt dopuszczalnego gabarytu badanego przekroju pudła (rys. I-1; wszystkie wymiary na niniejszym rysunku podano w mm).

Otrzymamy:

dla  $W = W_1 = 1,350 \text{ m}$  oraz dla  $z = z_1 = 0,013 \text{ m}$

$$E_{i(3)1} = \left[ \left[ 1 + \frac{(6-2 \cdot 3)^2}{8 \cdot 20^2} \right] \cdot \frac{|3 \cdot (6-3) + \frac{1,9^2}{4} - 10|_{>0}}{2 \cdot 20} - \frac{(6-2 \cdot 3)^2}{8 \cdot 20^2} \cdot 1,350 \right]_{>0} + \frac{0,040}{2} + 0,005 + 0,030 + 0,007 + 0,013 = 0,075 \text{ m}$$



BN-89/9396-05/02-I-1

Rys. I-1. Dopuszczalny gabaryt przekroju poprzecznego przechodzącego przez czop skrzytu pudła tramwaju

d) W przekroju przez środek wagonu ( $n=3$ )

Zwężenie zarysu odniesienia skrajni

Z wzoru (1) mamy

$$E_i = \left[ \left[ 1 + \frac{(a-2n)^2}{8R^2} \right] \cdot \frac{|n \cdot (a-n) + \frac{p^2}{4} - 10|_{>0}}{2R} - \frac{(a-2n)^2}{8R^2} \cdot W \right]_{>0} + \frac{S-d}{2} + q + w + e + z$$

Interesują nas punkty załamania bocznej krawędzi konturu odniesienia skrajni kinematycznej wg BN-89/9396-05/01 oraz punkt tego zarysu położony na wysokości bieguna kołysania, czyli interesują nas pary liczbowe  $(W_1, z_1)$ ,  $(W_1, z_2)$ ,  $(W_2, z_3)$  oraz  $(W_1, z_0)$ .

dla  $W = W_1 = 1,350 \text{ m}$  oraz dla  $z = z_2 = 0,091 \text{ m}$

$$E_{i(3)2} = \left[ \left[ 1 + \frac{(6-2 \cdot 3)^2}{8 \cdot 20^2} \right] \cdot \frac{|3 \cdot (6-3) + \frac{1,9^2}{4} - 10|_{>0}}{2 \cdot 20} - \frac{(6-2 \cdot 3)^2}{8 \cdot 20^2} \cdot 1,350 \right]_{>0} + \frac{0,040}{2} + 0,005 + 0,030 + 0,007 + 0,091 = 0,153 \text{ m}$$

dla  $W = W_2 = 1,100 \text{ m}$  oraz dla  $z = z_3 = 0,098 \text{ m}$

$$E_{i(3)3} = \left[ \left[ 1 + \frac{(6-2 \cdot 3)^2}{8 \cdot 20^2} \right] \cdot \frac{|3 \cdot (6-3) + \frac{1,9^2}{4} - 10|_{>0}}{2 \cdot 20} - \frac{(6-2 \cdot 3)^2}{8 \cdot 20^2} \cdot 1,100 \right]_{>0} + \frac{0,040}{2} + 0,005 + 0,030 + 0,007 + 0,098 = 0,160 \text{ m}$$

$$\begin{aligned}
 & - \frac{(6-2 \cdot 3)^2}{8 \cdot 20^2} \cdot 1,100 \Big|_{>0} + \frac{0,040}{2} + 0,005 + 0,030 + 0,007 + \\
 & + 0,098 = \left| [1+0] \cdot \frac{|9+0,9025-10|_{>0}}{40} = 0 \Big|_{>0} + 0,020 + 0,140 = \right. \\
 & = \left| 1 \cdot \frac{|-0,0975|_{>0}}{40} \Big|_{>0} + 0,160 = \left| 1 \cdot \frac{0}{40} \Big|_{>0} + 0,160 = |0|_{>0} + \right. \\
 & \quad \left. + 0,160 = 0 + 0,160 = 0,160 \text{ m} \right.
 \end{aligned}$$

dla  $W = W_1 = 1,350 \text{ m}$  oraz  $z = z_0 = 0$

$$\begin{aligned}
 E_{i(3)0} & = \left| \left[ 1 + \frac{(6-2 \cdot 3)^2}{8 \cdot 20^2} \right] \cdot \frac{|3 \cdot (6-3) + \frac{1,9^2}{4} - 10|_{>0}}{2 \cdot 20} - \right. \\
 & - \frac{(6-2 \cdot 3)^2}{8 \cdot 20^2} \cdot 1,350 \Big|_{>0} + \frac{0,040}{2} + 0,005 + 0,030 + 0,007 + \\
 & \quad \left. + 0 = 0,062 \text{ m} \right.
 \end{aligned}$$

Podwyższenie dolnej krawędzi zarysu odniesienia  
Z wzoru (8) mamy

$$H_i = \frac{|n \cdot (a-n) - 10|_{>0}}{2R_v} + z_k + f_{stw} + f_{sip} + f_{dw} + f_{dp} + y$$

Interesuje nas narożnik dolnej krawędzi konturu odniesienia skrajni oraz punkt położony na tej krawędzi, a oddalony od osi symetrii o wartość  $b_{odb} = 0,641 \text{ m}$ , czyli interesują nas wartości  $y_1$  i  $y_0$ :

dla  $y_1 = 0,023 \text{ m}$

$$\begin{aligned}
 H_{i(3)1} & = \frac{|3 \cdot (6-3) - 10|_{>0}}{2 \cdot 1000} + 0,025 + 0,003 + 0,046 + 0,001 + \\
 & + 0,025 + 0,023 = \frac{|-1|_{>0}}{2000} + 0,123 = \frac{0}{2000} + 0,123 = 0,123 \text{ m}
 \end{aligned}$$

dla  $y_0 = 0$

$$\begin{aligned}
 H_{i(3)0} & = \frac{|3 \cdot (6-3) - 10|_{>0}}{2 \cdot 1000} + 0,025 + 0,003 + 0,046 + 0,001 + \\
 & \quad + 0,025 + 0 = 0,100 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Otrzymane wartości  $E$  i  $H$  są takie same jak w przekroju przez czop skrzytu. Zatem rysunek dopuszczalnego gabarytu przekroju poprzecznego przez środek wagonu tramwajowego będzie taki sam jak rysunek dopuszczalnego gabarytu przekroju poprzecznego przez czop skrzytu.

e) W przekroju odległym o 1,5 m od czopa skrzytu w kierunku do czola wagonu tramwajowego.

Zwężenie zarysu odniesienia skrajni  
Z wzoru (13) mamy

$$\begin{aligned}
 E_a & = \left| \left[ 1 + \frac{(a+2n)^2}{8R^2} \right] \cdot \left\{ \frac{|n \cdot (a+n) - \frac{p^2}{4} - 10|_{>0}}{2 \cdot (R + |25-R|_{>0})} + \right. \right. \\
 & \quad \left. \left. + \frac{|25-R|_{>0} \cdot |n \cdot (a+n) - \frac{p^2}{4} - 10 - \frac{8400}{R^2}|_{>0}}{50R} \right\} - \right. \\
 & \quad \left. - \frac{(a+2n)^2}{8R^2} \cdot W \Big|_{>0} + \frac{2n+a}{a} \cdot \left( \frac{S-d}{2} + q + w \right) + e + z \right.
 \end{aligned}$$

Interesują nas punkty załamania bocznej krawędzi konturu odniesienia skrajni kinematycznej wg BN-89/9396-05/01 oraz punkt tego zarysu położony na wysokości bieguna kołysania, czyli interesują nas pary liczbowe  $(W_1, z_1)$ ,  $(W_1, z_2)$ ,  $(W_2, z_3)$  oraz  $(W_1, z_0)$ .

Otrzymujemy:

dla  $W = W_1 = 1,350 \text{ m}$  oraz dla  $z = z_1 = 0,013 \text{ m}$

$$\begin{aligned}
 E_{a(1,5)1} & = \left| \left[ 1 + \frac{(6+2 \cdot 1,5)^2}{8 \cdot 20^2} \right] \cdot \left\{ \frac{|1,5 \cdot (6+1,5) - \frac{1,9^2}{4} - 10|_{>0}}{2 \cdot (20 + |25-20|_{>0})} + \right. \right. \\
 & \quad \left. \left. + \frac{|25-20|_{>0} \cdot |1,5 \cdot (6+1,5) - \frac{1,9^2}{4} - 10 - \frac{8400}{20^2}|_{>0}}{50 \cdot 20} \right\} - \right. \\
 & \quad \left. - \frac{(6+2 \cdot 1,5)^2}{8 \cdot 20^2} \cdot 1,350 \Big|_{>0} + \frac{2 \cdot 1,5 + 6}{6} \cdot \left( \frac{0,040}{2} + 0,005 + \right. \right. \\
 & \quad \left. \left. + 0,030 \right) + 0,007 + 0,013 = \left| \left[ 1 + \frac{9^2}{3200} \right] \cdot \right. \\
 & \quad \left. \left\{ \frac{|11,25 - 0,9025 - 10|_{>0}}{2 \cdot (20 + |5|_{>0})} + \frac{|5|_{>0} \cdot |11,25 - 0,9025 - 10 - 21|_{>0}}{1000} \right\} - \right. \\
 & \quad \left. - \frac{9^2}{3200} \cdot 1,350 \Big|_{>0} + 1,5 \cdot 0,055 + 0,020 = |-0,0270459|_{>0} + 0,0825 + \right. \\
 & \quad \left. + 0,02 = 0 + 0,1025 = 0,103 \text{ m} \right.
 \end{aligned}$$

dla  $W = W_1 = 1,350 \text{ m}$  oraz dla  $z = z_2 = 0,091 \text{ m}$

$$\begin{aligned}
 E_{a(1,5)2} & = \left| \left[ 1 + \frac{(6+2 \cdot 1,5)^2}{8 \cdot 20^2} \right] \cdot \left\{ \frac{|1,5 \cdot (6+1,5) - \frac{1,9^2}{4} - 10|_{>0}}{2 \cdot (20 + |25-20|_{>0})} + \right. \right. \\
 & \quad \left. \left. + \frac{|25-20|_{>0} \cdot |1,5 \cdot (6+1,5) - \frac{1,9^2}{4} - 10 - \frac{8400}{20^2}|_{>0}}{50 \cdot 20} \right\} - \right. \\
 & \quad \left. - \frac{(6+2 \cdot 1,5)^2}{8 \cdot 20^2} \cdot 1,350 \Big|_{>0} + \frac{2 \cdot 1,5 + 6}{6} \cdot \left( \frac{0,040}{2} + 0,005 + \right. \right. \\
 & \quad \left. \left. + 0,030 \right) + 0,007 + 0,091 = |-0,270459|_{>0} + 0,0825 + 0,098 = 0 + \right. \\
 & \quad \left. + 0,1805 = 0,181 \text{ m} \right.
 \end{aligned}$$

dla  $W = W_2 = 1,100 \text{ m}$  oraz dla  $z = z_3 = 0,098 \text{ m}$

$$\begin{aligned}
 E_{a(1,5)3} & = \left| \left[ 1 + \frac{(6+2 \cdot 1,5)^2}{8 \cdot 20^2} \right] \cdot \frac{|1,5 \cdot (6+1,5) - \frac{1,9^2}{4} - 10|_{>0}}{2 \cdot (20 + |25-20|_{>0})} + \right. \\
 & \quad \left. + \frac{|25-20|_{>0} \cdot |1,5 \cdot (6+1,5) + \frac{1,9^2}{4} - 10 - \frac{8400}{20^2}|_{>0}}{50 \cdot 20} \right\} - \\
 & \quad \left. - \frac{(6+2 \cdot 1,5)^2}{8 \cdot 20^2} \cdot 1,100 \Big|_{>0} + \frac{2 \cdot 1,5 + 6}{6} \cdot \left( \frac{0,040}{2} + 0,005 + \right. \right. \\
 & \quad \left. \left. + 0,030 \right) + 0,007 + 0,098 = \left| \left[ 1 + \frac{81}{3200} \right] \cdot \right. \\
 & \quad \left. \left\{ \frac{|11,25 - 0,9025 - 10|_{>0}}{2 \cdot (20 + |5|_{>0})} + \frac{|5|_{>0} \cdot |1,5 \cdot 7,5 - 0,9025 - 10 - 21|_{>0}}{1000} \right\} - \right. \\
 & \quad \left. - \frac{81}{3200} \cdot 1,100 \Big|_{>0} + 1,5 \cdot 0,055 + 0,105 = |1,0253125 \cdot \left\{ \frac{|0,3475|_{>0}}{2 \cdot (20+5)} + \right. \right. \\
 & \quad \left. \left. + \frac{5 \cdot |11,25 - 31,9025|_{>0}}{1000} \right\} - 0,027843|_{>0} + 0,0825 + 0,105 = \right. \\
 & = \left| 1,0253125 \cdot \left\{ \frac{0,3475}{50} + \frac{5 \cdot |-20,6525|_{>0}}{1000} \right\} - 0,027843|_{>0} + 0,1875 = \right. \\
 & = \left| 1,0253125 \cdot \left\{ 0,00695 + \frac{5 \cdot 0}{1000} \right\} - 0,027843|_{>0} + 0,1875 = \right. \\
 & = |1,0253125 \cdot \{0,00695 + 0\} - 0,027843|_{>0} + 0,1875 = |1,0253125 \cdot \\
 & \cdot 0,00695 - 0,027843|_{>0} + 0,1875 = |0,0071259 - 0,027843|_{>0} + 0,1875 = \\
 & = |-0,020717|_{>0} + 0,1875 = 0 + 0,1875 = 0,1875 = 0,188 \text{ m}
 \end{aligned}$$

dla  $W = W_1 = 1,350$  m oraz dla  $z = z_0 = 0$

$$E_{a(1,5)0} = \left[ 1 + \frac{(6+2 \cdot 1,5)^2}{8 \cdot 20^2} \right] \cdot \left\{ \frac{\left| 1,5 \cdot (6+1,5) - \frac{1,9^2}{4} - 10 \right|_{>0}}{2 \cdot (20 + |25-20|_{>0})} + \frac{|25-20|_{>0} \cdot \left| 1,5 \cdot (6+1,5) - \frac{1,9^2}{4} - 10 - \frac{8400}{20^2} \right|_{>0}}{50 \cdot 20} - \frac{(6+2 \cdot 1,5)^2}{8 \cdot 20^2} \cdot 1,350 \right\}_{>0} + \frac{2 \cdot 1,5 + 6}{6} \cdot \left( \frac{0,040}{2} + 0,005 + 0,030 \right) + 0,007 + 0 = |-0,0270459|_{>0} + 0,0825 + 0,007 = 0 + 0,0895 = 0,090 \text{ m}$$

Podwyższenie dolnej krawędzi zarysu odniesienia

Z wzoru (16) mamy

$$H_a = \frac{|a \cdot (a+n) - 10|_{>0}}{2R_v} + z_k + f_{stw} + f_{stp} + \frac{2n+a}{a} \cdot (f_{dw} + f_{dp}) + y$$

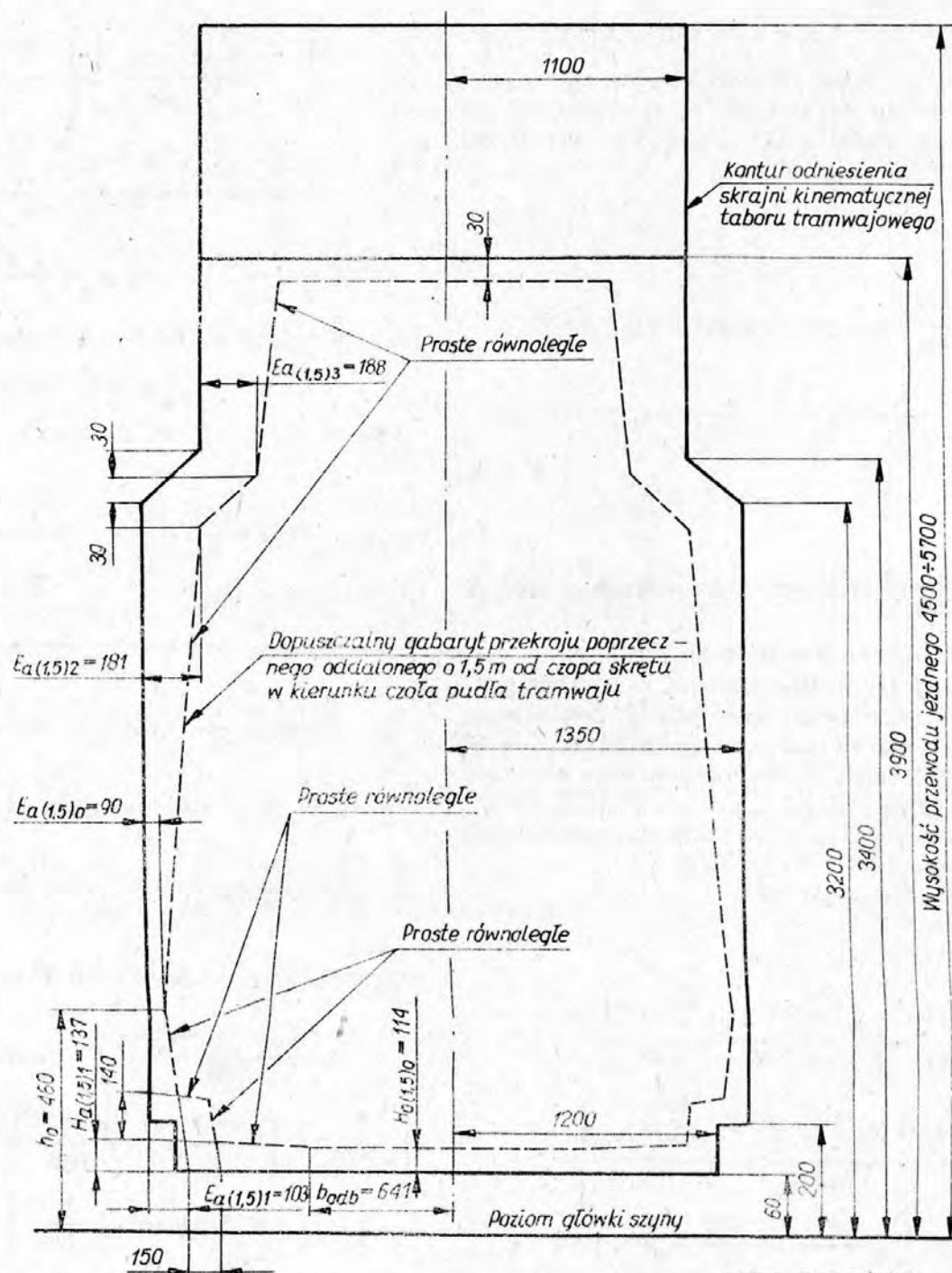
Interesuje nas narożnik dolnej krawędzi konturu odniesienia oraz punkt położony na tej krawędzi, a oddalony od osi symetrii o wartość  $b_{odb} = 0,641$  m, czyli interesują nas podwyższenia  $y_1$  i  $y_0$ ; dla  $y_1 = 0,023$  m

$$H_{a(1,5)1} = \frac{|1,5 \cdot (6+1,5) - 10|_{>0}}{2 \cdot 1000} + 0,025 + 0,003 + 0,046 + \frac{2 \cdot 1,5 + 6}{6} \cdot (0,001 + 0,025) + 0,023 = 0,136625 = 0,137 \text{ m}$$

dla  $y_0 = 0$

$$H_{a(1,5)0} = \frac{|1,5 \cdot (6+1,5) - 10|_{>0}}{2 \cdot 1000} + 0,025 + 0,003 + 0,046 + \frac{2 \cdot 1,5 + 6}{6} \cdot (0,001 + 0,025) + 0 = 0,113625 = 0,114 \text{ m}$$

Otrzymane wyniki nanosimy na rysunek konturu odniesienia skrajni kinematycznej taboru tramwajowego (rys. I-2) i uzyskujemy kształt dopuszczalnego gabarytu przekroju poprzecznego pudła oddalonego o 1,5 m od czopa skrzytu w kierunku od czoła wagonu. Wszystkie wymiary na rys. I-2 podano w mm.



[BN-89/9396-05/02-I-2]

Rys. I-2. Dopuszczalny gabaryt przekroju poprzecznego oddalonego o 1,5 m od czopa skrzytu w kierunku do czoła pudła tramwaju

f) W przekroju poprzecznym leżącym na czole wagonu tramwajowego ( $n = 3,75$  m).

Z wzoru (13) mamy

$$E_a = \left[ \left[ 1 + \frac{(a+2n)^2}{8R^2} \right] \cdot \left\{ \frac{|n \cdot (a+n) - \frac{p^2}{4} - 10|_{>0}}{2 \cdot (R + |25 - R|_{>0})} + \frac{|25 - R|_{>0} \cdot |n \cdot (a+n) - \frac{p^2}{4} - 10 - \frac{8400}{R^2}|_{>0}}{50R} \right\} - \frac{(a+2n)^2}{8R^2} \cdot W|_{>0} + \frac{2n+a}{a} \cdot \left( \frac{S-d}{2} + q + w \right) + e + z \right]$$

Interesują nas punkty załamania bocznej krawędzi konturu odniesienia skrajni kinematycznej wg BN-89/9396-05/01 oraz punkt tego zarysu położony na wysokości bieguna kołysania, czyli interesują nas pary liczbowe  $(W_1, z_1)$ ,  $(W_1, z_2)$ ,  $(W_2, z_3)$  oraz  $(W_1, z_0)$ .

Otrzymamy:

dla  $W = W_1 = 1,350$  m oraz dla  $z = z_1 = 0,013$  m

$$E_{a(3,75)1} = \left[ \left[ 1 + \frac{(6+2 \cdot 3,75)^2}{8 \cdot 20^2} \right] \cdot \left\{ \frac{|3,75 \cdot (6+3,75) - \frac{1,9^2}{4} - 10|_{>0}}{2 \cdot (20 + |25-20|_{>0})} + \frac{|25-20|_{>0} \cdot |3,75 \cdot (6+3,75) - \frac{1,9^2}{4} - 10 - \frac{8400}{20^2}|_{>0}}{50 \cdot 20} \right\} - \frac{(6+2 \cdot 3,75)^2}{8 \cdot 20^2} \cdot 1,350|_{>0} + \frac{2 \cdot 3,75 + 6}{6} \cdot \left( \frac{0,040}{2} + 0,005 + 0,030 \right) + 0,007 + 0,013 = |0,490162|_{>0} + 0,12375 + 0,020 = 0,490162 + 0,14375 = 0,634$$
 m

dla  $W = W_1 = 1,350$  m oraz  $z = z_2 = 0,091$  m

$$E_{a(3,75)2} = \left[ \left[ 1 + \frac{(6+2 \cdot 3,75)^2}{8 \cdot 20^2} \right] \cdot \left\{ \frac{|3,75 \cdot (6+3,75) - \frac{1,9^2}{4} - 10|_{>0}}{2 \cdot (20 + |25-20|_{>0})} + \frac{|25-20|_{>0} \cdot |3,75 \cdot (6+3,75) - \frac{1,9^2}{4} - 10 - \frac{8400}{20^2}|_{>0}}{50 \cdot 20} \right\} - \frac{(6+2 \cdot 3,75)^2}{8 \cdot 20^2} \cdot 1,350|_{>0} + \frac{2 \cdot 3,75 + 6}{6} \cdot \left( \frac{0,040}{2} + 0,005 + 0,030 \right) + 0,007 + 0,091 = 0,490162 + 0,12375 + 0,098 = 0,711912 = 0,712$$
 m

dla  $W = W_2 = 1,150$  m oraz dla  $z = z_3 = 0,098$

$$E_{a(3,75)3} = \left[ \left[ 1 + \frac{(6+2 \cdot 3,75)^2}{8 \cdot 20^2} \right] \cdot \left\{ \frac{|3,75 \cdot (6+3,75) - \frac{1,9^2}{4} - 10|_{>0}}{2 \cdot (20 + |25-20|_{>0})} + \frac{|25-20|_{>0} \cdot |3,75 \cdot (6+3,75) - \frac{1,9^2}{4} - 10 - \frac{8400}{20^2}|_{>0}}{50 \cdot 20} \right\} - \frac{(6+2 \cdot 3,75)^2}{8 \cdot 20^2} \cdot 1,150|_{>0} + \frac{2 \cdot 3,75 + 6}{6} \cdot \left( \frac{0,040}{2} + 0,005 + 0,030 \right) + 0,007 + 0,098 = \left[ 1 + \frac{182,25}{3200} \right] \cdot \left\{ \frac{|36,5625 - 0,9025 - 10|_{>0}}{2 \cdot (20 + |5|_{>0})} + \frac{|5|_{>0} \cdot |36,5625 - 0,9025 - 10 - 21|_{>0}}{1000} \right\} - 0,065496|_{>0} + 0,12375 + 0,105 = \left[ 1,056953 \cdot \left\{ \frac{25,66}{50} + \frac{5 \cdot 4,66}{1000} \right\} - 0,065496|_{>0} + 0,22875 = |1,056953 \cdot \{0,5132 + 0,0233\} - 0,065496|_{>0} + 0,22875 = |1,056953 \cdot 0,5365 - 0,065496|_{>0} + 0,22875 = |0,56705 - 0,065496|_{>0} + 0,22875 = |0,50155|_{>0} + 0,22875 = 0,50155 + 0,22875 = 0,73030 = 0,730$$
 m

$$- \frac{182,25}{3200} \cdot 1,150|_{>0} + 2,25 \cdot 0,055 = 0,105 = |1,056953 \cdot \left\{ \frac{25,66}{50} + \frac{5 \cdot 4,66}{1000} \right\} - 0,065496|_{>0} + 0,22875 = |1,056953 \cdot \left\{ \frac{25,66}{50} + \frac{5 \cdot 4,66}{1000} \right\} - 0,065496|_{>0} + 0,22875 = |1,056953 \cdot \{0,5132 + 0,0233\} - 0,065496|_{>0} + 0,22875 = |1,056953 \cdot 0,5365 - 0,065496|_{>0} + 0,22875 = |0,56705 - 0,065496|_{>0} + 0,22875 = |0,50155|_{>0} + 0,22875 = 0,50155 + 0,22875 = 0,73030 = 0,730$$
 m

dla  $W = W_1 = 1,350$  m oraz  $z = z_0 = 0$

$$E_{a(3,75)0} = \left[ \left[ 1 + \frac{(6+2 \cdot 3,75)^2}{8 \cdot 20^2} \right] \cdot \left\{ \frac{|3,75 \cdot (6+3,75) - \frac{1,9^2}{4} - 10|_{>0}}{2 \cdot (20 + |25-20|_{>0})} + \frac{|25-20|_{>0} \cdot |3,75 \cdot (6+3,75) - \frac{1,9^2}{4} - 10 - \frac{8400}{20^2}|_{>0}}{50 \cdot 20} \right\} - \frac{(6+2 \cdot 3,75)^2}{8 \cdot 20^2} \cdot 1,350|_{>0} + \frac{2 \cdot 3,75 + 6}{6} \cdot \left( \frac{0,040}{2} + 0,005 + 0,030 \right) + 0,007 + 0 = |0,490162|_{>0} + 0,12375 + 0,007 = 0,490162 + 0,12375 + 0,007 = 0,620912 = 0,621$$
 m

Podwyższenie dolnej krawędzi zarysu odniesienia  
Z wzoru (16) mamy

$$H_a = \frac{|n \cdot (a+n) - 10|_{>0}}{2R_v} + z_k + f_{stw} + f_{stp} + \frac{2n+a}{a} \cdot (f_{dw} + f_{dp}) + y$$

Interesuje nas narożnik dolnej krawędzi konturu odniesienia oraz punkt położony na tej krawędzi, a oddalony od osi symetrii o wartość  $b_{odb} = 0,641$  m, czyli interesują nas podwyższenia  $y_1$  i  $y_0$ .

Dla  $y_1 = 0,023$  m będzie

$$H_{a(3,75)1} = \frac{|3,75 \cdot (6+3,75) - 10|_{>0}}{2 \cdot 1000} + 0,025 + 0,003 + 0,046 + \frac{2 \cdot 3,75 + 6}{6} \cdot (0,001 + 0,025) + 0,023 = 0,1687812 = 0,169$$
 m

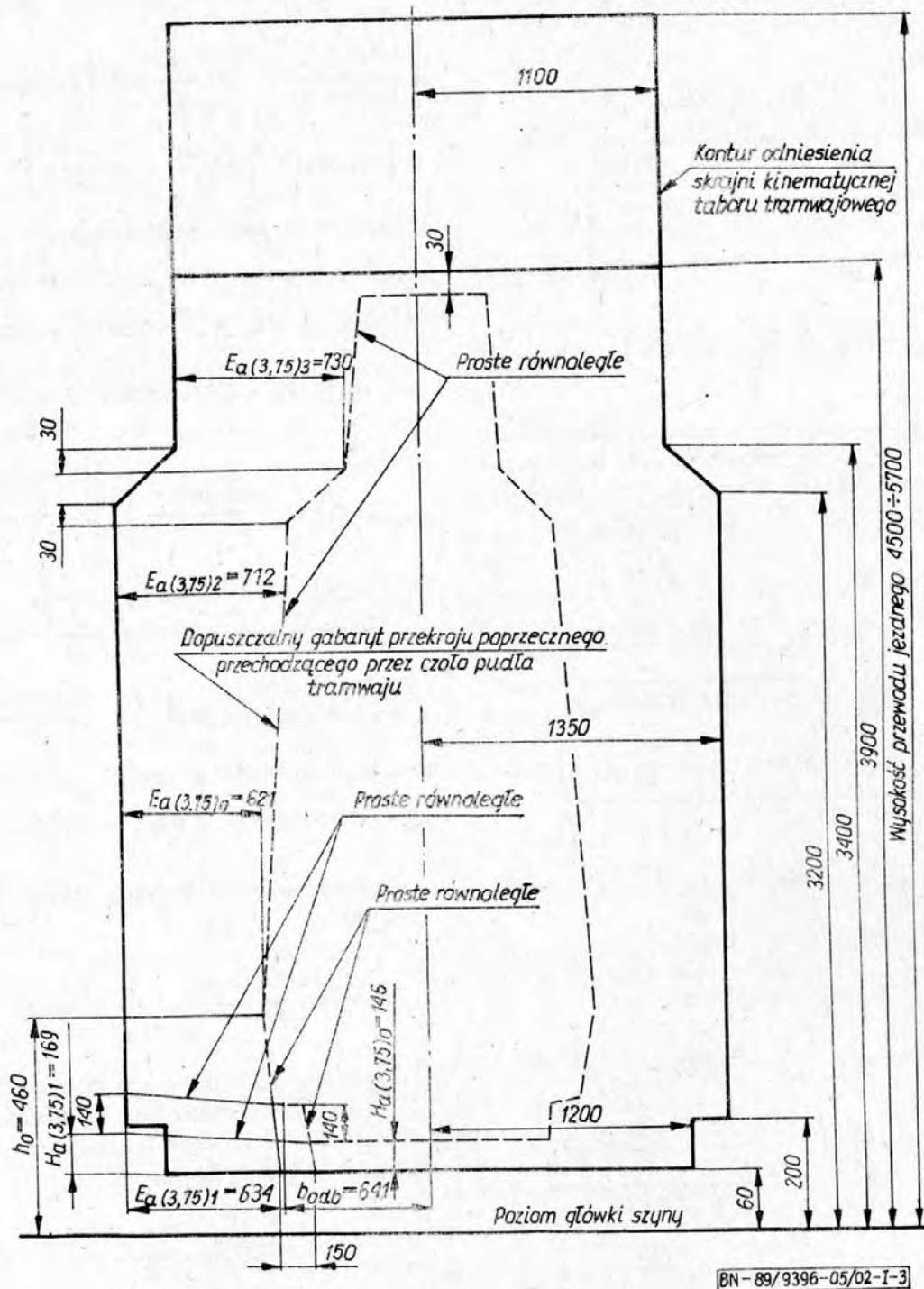
dla  $y_0 = 0$

$$H_{a(3,75)0} = \frac{|3,75 \cdot (6+3,75) - 10|_{>0}}{2 \cdot 1000} + 0,025 + 0,003 + 0,046 + \frac{2 \cdot 3,75 + 6}{6} \cdot (0,001 + 0,025) + 0 = \frac{|26,5625|_{>0}}{2000} + 0,074 + 0,0585 = 0,1457812 = 0,146$$
 m

Otrzymane wyniki nanosimy na rysunek konturu odniesienia skrajni kinematycznej taboru tramwajowego (rys. I-3) i uzyskujemy kształt dopuszczalnego gabarytu przekroju poprzecznego pudła na czole wagonu tramwajowego.

Wszystkie wymiary na rys. I-3 podano w mm.

W niniejszym przykładzie wyznaczono dopuszczalne gabaryty tylko dla czterech przekrojów poprzecznych przez wagon tramwajowy. Przy rzeczywistym konstruowaniu wagonu, biuro konstrukcyjne powinno wyznaczyć dopuszczalne gabaryty dla wielu przekrojów, przy czym przekroje te powinny być między sobą oddalone najwyżej o 1 m. Prócz tego powinny być wyznaczone dopuszczalne gabaryty dla takich przekrojów poprzecznych, w których na podwoziu wagonu coś wisi, np. dla przekroju przez wentylator, dla przekroju przez stopnie wejściowe itp.



Rys. I-3. Dopuszczalny gabaryt przekroju poprzecznego przechodzącego przez czoło pudła tramwaju

### Przykład 2

Wyznaczyć dopuszczalne gabaryty przekrojów poprzecznych wózka wagonu tramwajowego z przykładu 1.

#### Rozwiązanie

a) Gabaryt dla belki bujawkowej

Zwężenie zarysu odniesienia skrajni

Z wzoru (2) mamy

$$E_{ibw} = \frac{S-d}{2} + q + w + e_{rw}$$

Założmy, że technologia wykonania wózka umożliwia niesymetrię liniową ramy wózka  $e_{rw} = 3 \text{ mm} = 0,003$ . Zatem

$$E_{ibw} = \frac{0,040}{2} + 0,005 + 0,003 = 0,058 \text{ m}$$

Podwyższenie dolnej krawędzi zarysu odniesienia

Z wzoru (9) mamy

$$H_{ibw} = z_k + f_{stw} + f_{stp} + f_{dw} + f_{dp} + y$$

Dla  $W = 1,350 \text{ m}$ ,  $y_1 = 0,023 \text{ m}$  (patrz przykład 1), czyli

$$H_{ibw1} = 0,025 + 0,003 + 0,046 + 0,001 + 0,025 + 0,023 = 0,123 \text{ m}$$

Dla  $W = 0,641 \text{ m}$ ,  $y_0 = 0$ , czyli

$$H_{ibw0} = 0,025 + 0,003 + 0,046 + 0,001 + 0,025 + 0 = 0,100 \text{ m}$$

Dopuszczalny gabaryt belki bujawkowej przedstawiono na rys. I-4, na którym wszystkie wymiary podano w mm.

b) Gabaryt dla ramy wózka pomiędzy zestawami kołowymi

Zwężenie zarysu odniesienia skrajni

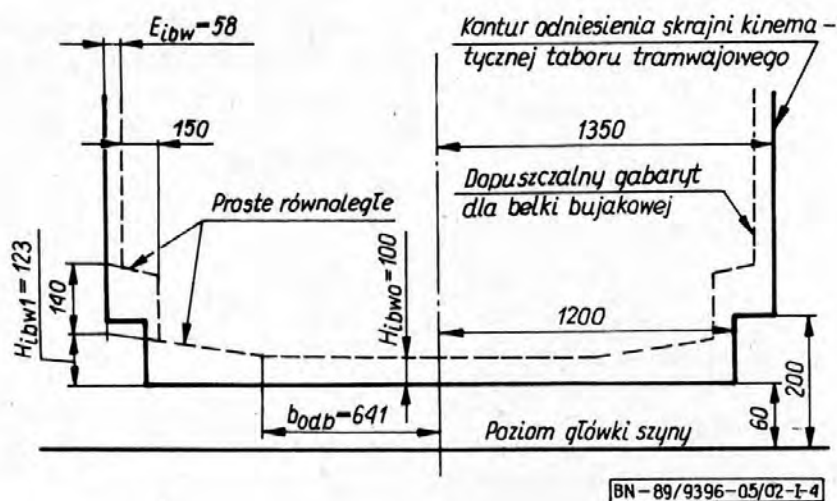
Z wzoru (3) mamy

$$E_{irw} = \frac{S-d}{2} + q + e_{rw}, \text{ czyli}$$

$$E_{irw} = \frac{0,040}{2} + 0,005 + 0,003 = 0,028 \text{ m}$$

Podwyższenie dolnej krawędzi zarysu odniesienia

Z wzoru (10) mamy



Rys. I-4. Dopuszczalny gabaryt dla belki bujakowej

$$H_{irw} = z_k + f_{stw} + f_{dw}, \text{ czyli}$$

$$H_{irw} = 0,025 + 0,003 + 0,001 = 0,029 \text{ m}$$

Dopuszczalny gabaryt ramy wózka przedstawiono na rys. I-5, na którym wszystkie wymiary podano w mm.

c) Dla zestawu kołowego i maźnic  
Zwężenie zarysu odniesienia skrajni  
Z wzoru (4) mamy

$$E_{izk} = \frac{S-d}{2}, \text{ czyli}$$

$$E_{izk} = \frac{0,040}{2} = 0,020 \text{ m}$$

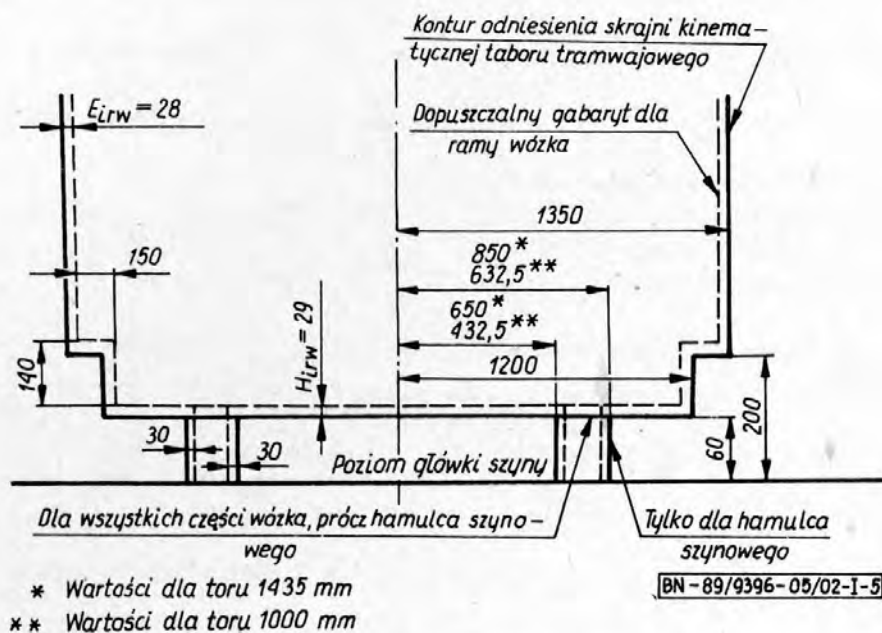
Podwyższenie dolnej krawędzi zarysu odniesienia  
Z wzoru (11) mamy

$$H_{izk} = z_k + f_{zk}$$

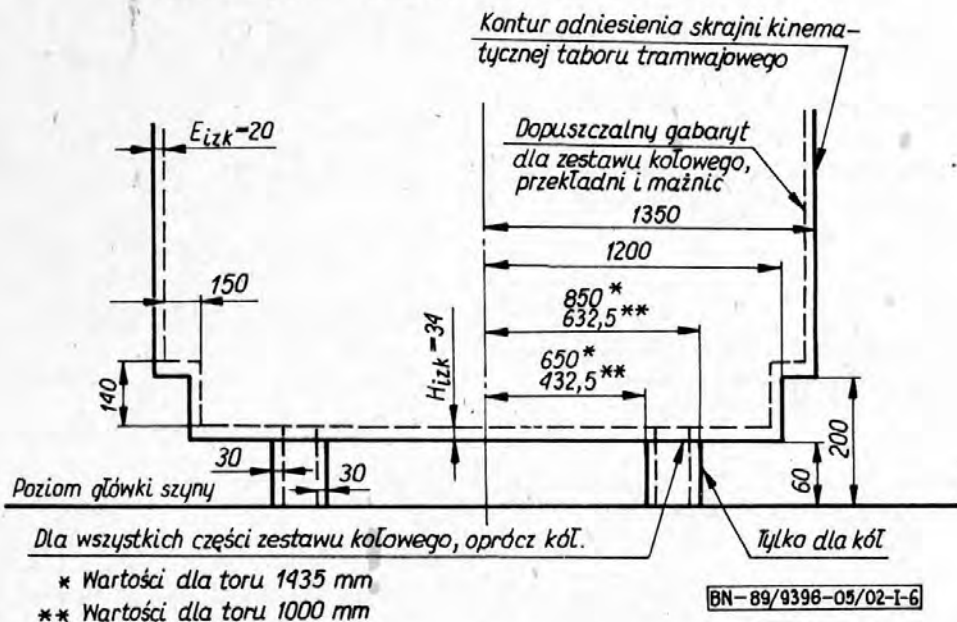
W wózku będą stosowane koła o ugięciu  $f_{zk} = 9 \text{ mm} = 0,009 \text{ m}$ .  
Zatem

$$H_{izk} = 0,025 + 0,009 = 0,034 \text{ m}$$

Dopuszczalny gabaryt zestawu kołowego, przekładni i maźnic przedstawiono na rys. I-6, na którym wszystkie wymiary podano w mm.



Rys. I-5. Dopuszczalny gabaryt dla ramy wózka



Rys. I-6. Dopuszczalny gabaryt dla zestawu kołowego, przekładni i maźnic

**Przykład 3**

Wyznaczyć dopuszczalną długość ślizgacza pantografu wagonu tramwajowego z przykładu 1.

**Rozwiązanie**

Z wzoru (7) mamy

$$z_p = 1,33 \cdot \sqrt{z_a^2 + z_b^2 + c^2 + \tau^2 + t^2}$$

w którym:

$$z_a = \frac{s}{15} \cdot (h - h_0) = \frac{0,300}{15} \cdot (5,700 - 0,460) = 0,105 \text{ m}$$

$$z_b = (\text{tg}\theta) \cdot (h - h_0) = (\text{tg } 0^\circ 45') \cdot (5,700 - 0,460) = 0,069 \text{ m}$$

Pantograf będzie miał niesymetrię własną wraz z niesymetrią zabudowy równą  $\tau = 10 \text{ mm} = 0,010 \text{ m}$ , a jego podatność wyniesie  $t = 30 \text{ mm} = 0,030 \text{ m}$ . Zatem

$$z_p = 1,33 \cdot \sqrt{0,105^2 + 0,069^2 + 0,007^2 + 0,010^2 + 0,030^2} = 0,173 \text{ m}$$

Z wzoru (5) mamy

$$E_{pi} = \frac{S-d}{2} + q + w + z_p, \text{ czyli}$$

$$E_{pi} = \frac{0,040}{2} + 0,005 + 0,030 + 0,173 = 0,228 \text{ m}$$

Półszerokość zarysu odniesienia skrajni kinematycznej pantografu wynosi  $1100 \text{ mm} = 1,1 \text{ m}$ .

Wobec tego półszerokość ślizgacza może wynosić najwyżej

$$\frac{L_{\text{ślizg}}}{2} = 1,1 - 0,228 = 0,872 \text{ m} = 872 \text{ mm}$$

**Przykład 4**

Wagon tramwajowy 105 N ma długość prostej ściany (bez końcowych skosów) równą 9 m. Jaka mogłaby być szerokość wagonu, gdyby powiększyć długość prostej ściany do wartości 10,5 m ( $n = 2,25 \text{ m}$ ), aby jednoskrzydłowe drzwi mogły się znajdować na płaskiej ścianie.

Wartości  $q, w, p, e, s, \theta, h_0, z_k, f_{stp}, f_{stw}, f_{dp}, f_{dw}$  i  $b_{odb}$  są takie same jak w przykładzie 1, czyli wynoszą:

$$q = 0,005 \text{ m}, w = 0,030 \text{ m}, p = 1,9 \text{ m}, e = 0,007 \text{ m}, z_k = 0,025 \text{ m},$$

$$f_{stp} = 0,046 \text{ m}, f_{stw} = 0,003 \text{ m}, f_{dp} = 0,025 \text{ m}, f_{dw} = 0,001 \text{ m},$$

$$s = 0,300, \theta = 0^\circ 45', h_0 = 0,460 \text{ m}, \frac{S-d}{2} = 0,020 \text{ m}.$$

Tramwaj ma przejeżdżać przez łuki  $R = 20 \text{ m}$ .

**Rozwiązanie**

a) Wartości  $z_1, z_2, z_3$  i  $z_0$  będą takie same jak w przykładzie 1, czyli:  $z_1 = 0,013 \text{ m}, z_2 = 0,091 \text{ m}, z_3 = 0,098 \text{ m}, z_0 = 0$ .

b) Wartości  $y_1$  i  $y_0$  będą takie same jak w przykładzie 1, czyli:  $y_1 = 0,023 \text{ m}, y_0 = 0$ .

c) Konieczne zwężenia i podwyższenia zarysu odniesienia skrajni kinematycznej w odległości  $n = 2,25 \text{ m}$  od czopa skrzyżowania.

Zwężenie zarysu odniesienia

Z wzoru (13) mamy

$$E_a = \left[ \left[ 1 + \frac{(a+2n)^2}{8R^2} \right] \cdot \frac{\left| n \cdot (a+n) - \frac{p^2}{4} - 10 \right|_{>0}}{2 \cdot (R + |25-R|_{>0})} + \frac{|25-R|_{>0} \cdot \left| n \cdot (a+n) - \frac{p^2}{4} - 10 - \frac{8400}{R^2} \right|_{>0}}{50 \cdot R} - \frac{(a+2n)^2}{8R^2} \cdot W \right]_{>0} + \frac{2n+a}{a} \cdot \left( \frac{S-d}{2} + q + w \right) + e + z$$

Interesują nas punkty załamania bocznej krawędzi konturu odniesienia skrajni kinematycznej wg BN-89/9396-05/01 oraz punkt tego zarysu położony na wysokości bieguna kołysania, czyli interesują nas pary liczbowe  $(W_1, z_1), (W_1, z_2), (W_2, z_3)$  oraz  $(W_1, z_0)$ .

Otrzymamy:

dla  $W = W_1 = 1,350 \text{ m}$  oraz dla  $z_1 = 0,013 \text{ m}$

$$E_{a(2,25)1} = \left[ \left[ 1 + \frac{(6+2 \cdot 2,25)^2}{8 \cdot 20^2} \right] \cdot \left\{ \frac{|2,25 \cdot (6+2,25) - \frac{1,9^2}{4} - 10|_{>0}}{2 \cdot (20 + |25-20|_{>0})} + \frac{|25-20|_{>0} \cdot |2,25 \cdot (6+2,25) - \frac{1,9^2}{4} - 10 - \frac{8400}{20^2}|_{>0}}{50 \cdot 20} \right\} - \frac{(6+2 \cdot 2,25)^2}{8 \cdot 20^2} \cdot 1,350 \right]_{>0} + \frac{2 \cdot 2,25 + 6}{6} \cdot (0,020 + 0,005 + 0,030) + 0,007 + 0,013 = 0,228 \text{ m}$$

dla  $W = W_1 = 1,350 \text{ m}$  i dla  $z = z_2 = 0,091 \text{ m}$

$$E_{a(2,25)2} = \left[ \left[ 1 + \frac{(6+2 \cdot 2,25)^2}{8 \cdot 20^2} \right] \cdot \left\{ \frac{|2,25 \cdot (6+2,25) - \frac{1,9^2}{4} - 10|_{>0}}{2 \cdot (20 + |25-20|_{>0})} + \frac{|25-20|_{>0} \cdot |2,25 \cdot (6+2,25) - \frac{1,9^2}{4} - 10 - \frac{8400}{20^2}|_{>0}}{50 \cdot 20} \right\} - \frac{(6+2 \cdot 2,25)^2}{8 \cdot 20^2} \cdot 1,350 \right]_{>0} + \frac{2 \cdot 2,25 + 6}{6} \cdot (0,020 + 0,005 + 0,030) + 0,007 + 0,091 = 0,306 \text{ m}$$

dla  $W = W_2 = 1,100 \text{ m}$  oraz dla  $z = z_3 = 0,098 \text{ m}$

$$E_{a(2,25)3} = \left[ \left[ 1 + \frac{(6+2,25)^2}{8 \cdot 20^2} \right] \cdot \left\{ \frac{|2,25 \cdot (6+2,25) - \frac{1,9^2}{4} - 10|_{>0}}{2 \cdot (20 + |25-20|_{>0})} + \frac{|25-20|_{>0} \cdot |2,25 \cdot (6+2,25) - \frac{1,9^2}{4} - 10 - \frac{8400}{20^2}|_{>0}}{50 \cdot 20} \right\} - \frac{(6+2 \cdot 2,25)^2}{8 \cdot 20^2} \cdot 1,100 \right]_{>0} + \frac{2 \cdot 2,25 + 6}{6} \cdot (0,020 + 0,005 + 0,030) + 0,007 + 0,098 = \left[ \left[ 1 + \frac{68,0625}{3200} \right] \cdot \left\{ \frac{|18,5625 - 0,9025 - 10|_{>0}}{2 \cdot (20 + |5|_{>0})} + \frac{|5|_{>0} \cdot |18,5625 - 0,9025 - 10 - 21|_{>0}}{50 \cdot 20} \right\} - \frac{68,0625}{3200} \cdot 1,100 \right]_{>0} + 1,75 \cdot 0,055 + 0,105 = |1,021269 \cdot \left\{ \frac{|7,66|_{>0}}{2 \cdot (20+5)} + \frac{5 \cdot |-13,34|_{>0}}{1000} - 0,023396 \right\}_{>0} + 0,09625 + 0,105 = |1,021269 \cdot \left\{ \frac{7,66}{50} + \frac{5 \cdot 0}{1000} \right\}_{>0} - 0,023396|_{>0} + 0,20125 = |1,021269 \cdot \{0,1532 + 0\} - 0,023396|_{>0} + 0,20125 = |1,21269 \cdot 0,1532 - 0,023396|_{>0} + 0,20125 = |0,15645 - 0,023396|_{>0} + 0,20125 = |0,133054|_{>0} + 0,20125 = 0,133054 + 0,20125 = 0,334304 = 0,334 \text{ m}$$

dla  $W = W_1 = 1,350 \text{ m}$  i dla  $z = z_0 = 0$

$$E_{a(2,25)0} = \left[ \left[ 1 + \frac{(6+2 \cdot 2,25)^2}{8 \cdot 20^2} \right] \cdot \left\{ \frac{|2,25 \cdot (6+2,25) - \frac{1,9^2}{4} - 10|_{>0}}{2 \cdot (20 + |25-20|_{>0})} + \frac{|25-20|_{>0} \cdot |2,25 \cdot (6+2,25) - \frac{1,9^2}{4} - 10 - \frac{8400}{20^2}|_{>0}}{50 \cdot 20} \right\} - \frac{(6+2 \cdot 2,25)^2}{8 \cdot 20^2} \cdot 1,350 \right]_{>0} + \frac{2 \cdot 2,25 + 6}{6} \cdot (0,020 + 0,005 + 0,030) + 0,007 + 0,013 = 0,228 \text{ m}$$



$$+ \frac{|25-20|_{>0} \cdot \left| 2,25 \cdot (6+2,25) - \frac{1,9^2}{4} - 10 - \frac{5600}{20^2} \right|_{>0}}{50 \cdot 20} - \frac{(6 + 2 \cdot 2,25)^2}{8 \cdot 20^2} \cdot 1,350 \Big|_{>0} + \frac{2 \cdot 2,25 + 6}{6} \cdot (0,020 + 0,005 + 0,030) + 0,007 + 0 = 0,215 \text{ m}$$

Podwyższenie dolnej krawędzi konturu odniesienia  
Z wzoru (16) mamy

$$H_a = \frac{|n \cdot (a+n) - 10|_{>0}}{2R_v} + z_k + f_{stw} + f_{stp} + \frac{2n+a}{a} \cdot (f_{dw} + f_{dp}) + y$$

Interesuje nas narożnik dolnej krawędzi konturu odniesienia skrajni oraz punkt położony na dolnej krawędzi, a oddalony od osi symetrii o wartość  $b_{odb} = 0,641 \text{ m}$ , czyli interesują nas wartości  $y_1$  i  $y_0$ ;

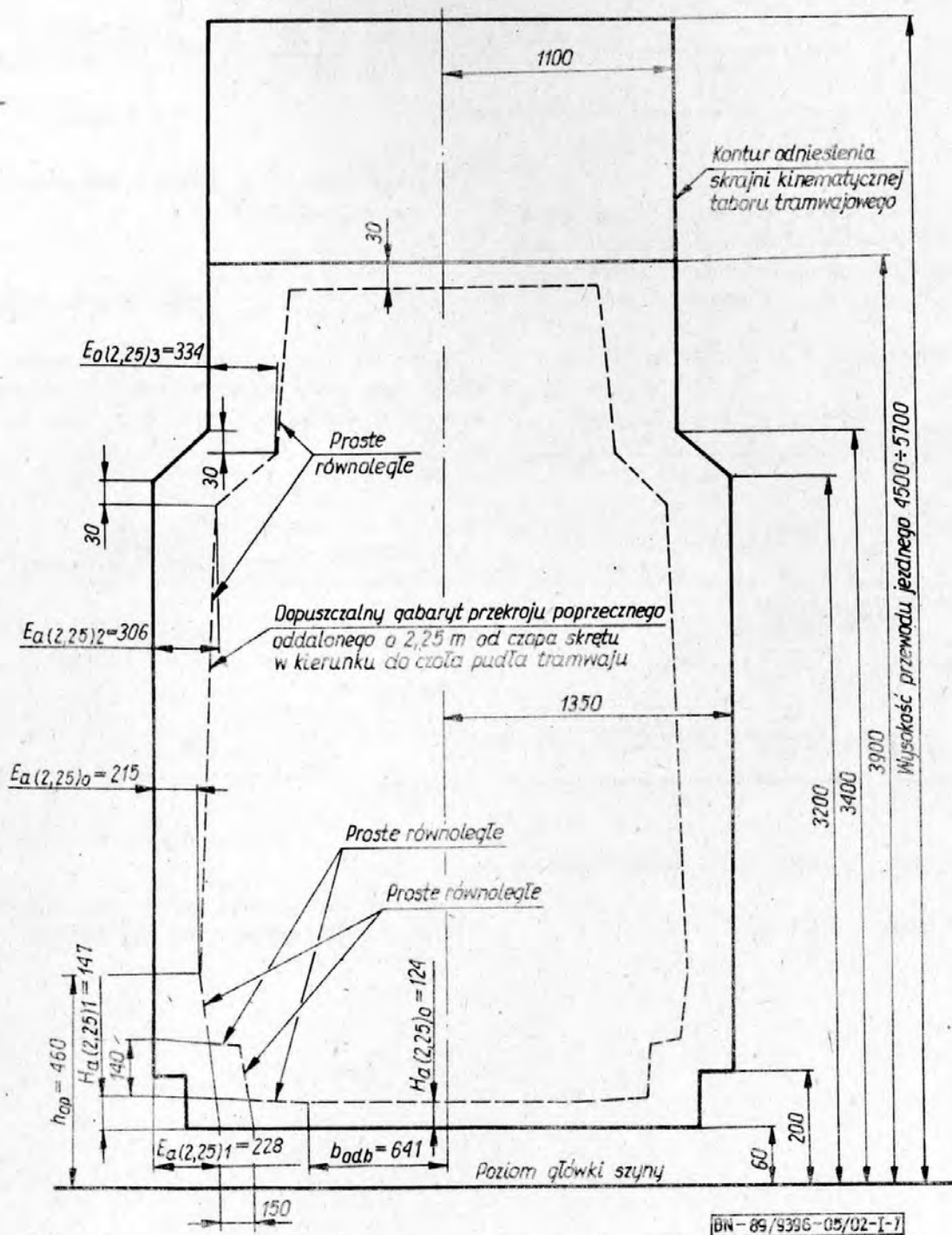
dla  $y_1 = 0,023 \text{ m}$

$$H_{a(2,25)1} = \frac{|2,25 \cdot (6 + 2,25) - 10|_{>0}}{2 \cdot 1000} + 0,025 + 0,003 + 0,046 + \frac{2 \cdot 2,25 + 6}{6} \cdot (0,025 + 0,001) + 0,023 = 0,147 \text{ m}$$

dla  $y_0 = 0$

$$H_{a(2,25)0} = \frac{|2,25 \cdot (6 + 2,25) - 10|_{>0}}{2 \cdot 1000} + 0,025 + 0,003 + 0,046 + \frac{2 \cdot 2,25 + 6}{6} \cdot (0,025 + 0,001) + 0 = 0,124 \text{ m}$$

Dopuszczalny gabaryt przekroju poprzecznego oddlego o 2,25 m od czopa skretu w kierunku do czoła wagonu podano na rys. I-7, na którym wszystkie wymiary podano w mm.



Rys. I-7. Dopuszczalny gabaryt przekroju poprzecznego oddalonego o 2,25 m od czopa skretu w kierunku do czoła pudła tramwaju

**Przykład 5**

Wagon tramwajowy 105 N ma rozstaw czopów skreću  $a = 6$  m. Jaka mogłaby być szerokość wagonu, gdyby powiększyć ten rozstaw do 7,5 m. Wartości  $q, w, p, e, s, \theta, h_0, z_k, f_{stp}, f_{stw}, f_{dp}, f_{dw}$  i  $b_{odb}$  są takie same jak w przykładzie 1, czyli wynoszą:

$$q = 0,005 \text{ m}, w = 0,030 \text{ m}, p = 1,9 \text{ m}, e = 0,007 \text{ m}, z_k = 0,025 \text{ m}, \\ f_{stp} = 0,046 \text{ m}, f_{stw} = 0,003 \text{ m}, f_{dp} = 0,025 \text{ m}, f_{dw} = 0,001 \text{ m}, \\ s = 0,300, \theta = 0^\circ 45', h_0 = 0,460 \text{ m}, \frac{S-d}{2} = 0,020 \text{ m}.$$

Tramwaj ma przejeżdżać przez łuki  $R = 20$  m.

**Rozwiązanie**

a) Wartości  $z, z_1$  i  $z_0$  będą takie same jak w przykładzie 1, czyli:

$$z_1 = 0,013 \text{ m}, z_2 = 0,091 \text{ m}, z_3 = 0,098 \text{ m}, z_0 = 0.$$

b) Wartości  $y_1$  i  $y_0$  będą takie same jak w przykładzie 1, czyli:

$$y_1 = 0,023 \text{ m}, y_0 = 0.$$

c) Konieczne zwężenia i podwyższenia zarysu odniesienia skrajni kinematycznej w środku wagonu ( $n = 3,75$  m).

Zwężenia zarysu odniesienia

Z wzoru (1) mamy

$$E_i = \left[ \left[ 1 + \frac{(a-2n)^2}{8R^2} \right] \cdot \frac{\left| a \cdot (a-n) + \frac{p^2}{4} - 10 \right|_{>0}}{2R} - \frac{(a-2n)^2}{8R^2} \cdot W \right]_{>0} + \frac{S-d}{2} + q + w + e + z$$

Interesują nas punkty załamania bocznej krawędzi konturu odniesienia skrajni kinematycznej wg BN-89/9396-05/01 oraz punkt tego zarysu położony na wysokości bieguna kołysania czyli interesują nas pary liczbowe  $(W_1, z_1), (W_1, z_2), (W_2, z_3)$  oraz  $(W_1, z_0)$ .

Otrzymamy:

dla  $W = W_1 = 1,350$  m oraz  $z = z_1 = 0,013$  m

$$E_{i(3,75)1} = \left[ \left[ 1 + \frac{(7,5-2 \cdot 3,75)^2}{8 \cdot 20^2} \right] \cdot \frac{\left| 3,75 \cdot (7,5-3,75) + \frac{1,9^2}{4} - 10 \right|_{>0}}{2 \cdot 20} - \frac{(7,5-2 \cdot 3,75)^2}{8 \cdot 20^2} \cdot 1,350 \right]_{>0} + 0,020 + 0,005 + 0,030 + 0,007 + 0,013 = 0,199 \text{ m}$$

dla  $W = W_1 = 1,350$  m oraz  $z = z_2 = 0,091$  m

$$E_{i(3,75)2} = \left[ \left[ 1 + \frac{(7,5-2 \cdot 3,75)^2}{8 \cdot 20^2} \right] \cdot \frac{\left| 3,75 \cdot (7,5-3,75) + \frac{1,9^2}{4} - 10 \right|_{>0}}{2 \cdot 20} - \frac{(7,5-2 \cdot 3,75)^2}{8 \cdot 20^2} \cdot 1,350 \right]_{>0} + 0,020 + 0,005 + 0,030 + 0,007 + 0,091 = 0,277 \text{ m}$$

dla  $W = W_2 = 1,100$  m oraz dla  $z = z_3 = 0,098$  m

$$E_{i(3,75)3} = \left[ \left[ 1 + \frac{(7,5-2 \cdot 3,75)^2}{8 \cdot 20^2} \right] \cdot \frac{\left| 3,75 \cdot (7,5-3,75) + \frac{1,9^2}{4} - 10 \right|_{>0}}{2 \cdot 20} - \frac{(7,5-2 \cdot 3,75)^2}{8 \cdot 20^2} \cdot 1,100 \right]_{>0} + 0,020 + 0,005 + 0,030 + 0,007 + 0,093 = \left[ \left[ 1 + 0 \right] \cdot \frac{\left| 14,0625 + 0,9025 - 10 \right|_{>0}}{40} - 0 \right]_{>0} + 0,155 = \left| 1 \cdot \frac{4,965}{40} \right|_{>0} + 0,155 = \left| 1 \cdot \frac{4,965}{40} \right|_{>0} + 0,155 = \left| 0,124125 \right|_{>0} + 0,155 = 0,124125 + 0,155 = 0,279125 = 0,279 \text{ m}$$

dla  $W = W_1 = 1,350$  m oraz dla  $z = z_0 = 0$  będzie

$$E_{i(3,75)0} = \left[ \left[ 1 + \frac{(7,5-2 \cdot 3,75)^2}{8 \cdot 20^2} \right] \cdot \frac{\left| 3,75 \cdot (7,5-3,75) + \frac{1,9^2}{4} - 10 \right|_{>0}}{2 \cdot 20} - \frac{(7,5-2 \cdot 3,75)^2}{8 \cdot 20^2} \cdot 1,350 \right]_{>0} + 0,020 + 0,005 + 0,030 + 0,007 + 0 = 0,186 \text{ m}$$

Podwyższenia dolnej krawędzi zarysu odniesienia

Z wzoru (8) mamy

$$H_i = \frac{\left| n \cdot (a-n) - 10 \right|_{>0}}{2R_v} + z_k + f_{stw} + f_{stp} + f_{dw} + f_{dp} + y$$

Interesuje nas narożnik dolnej krawędzi konturu odniesienia skrajni oraz punkt położony na dolnej krawędzi, a oddalony od osi symetrii o wartość  $b_{odb} = 0,641$  m, czyli interesują nas wartości  $y_1$  i  $y_0$ ;

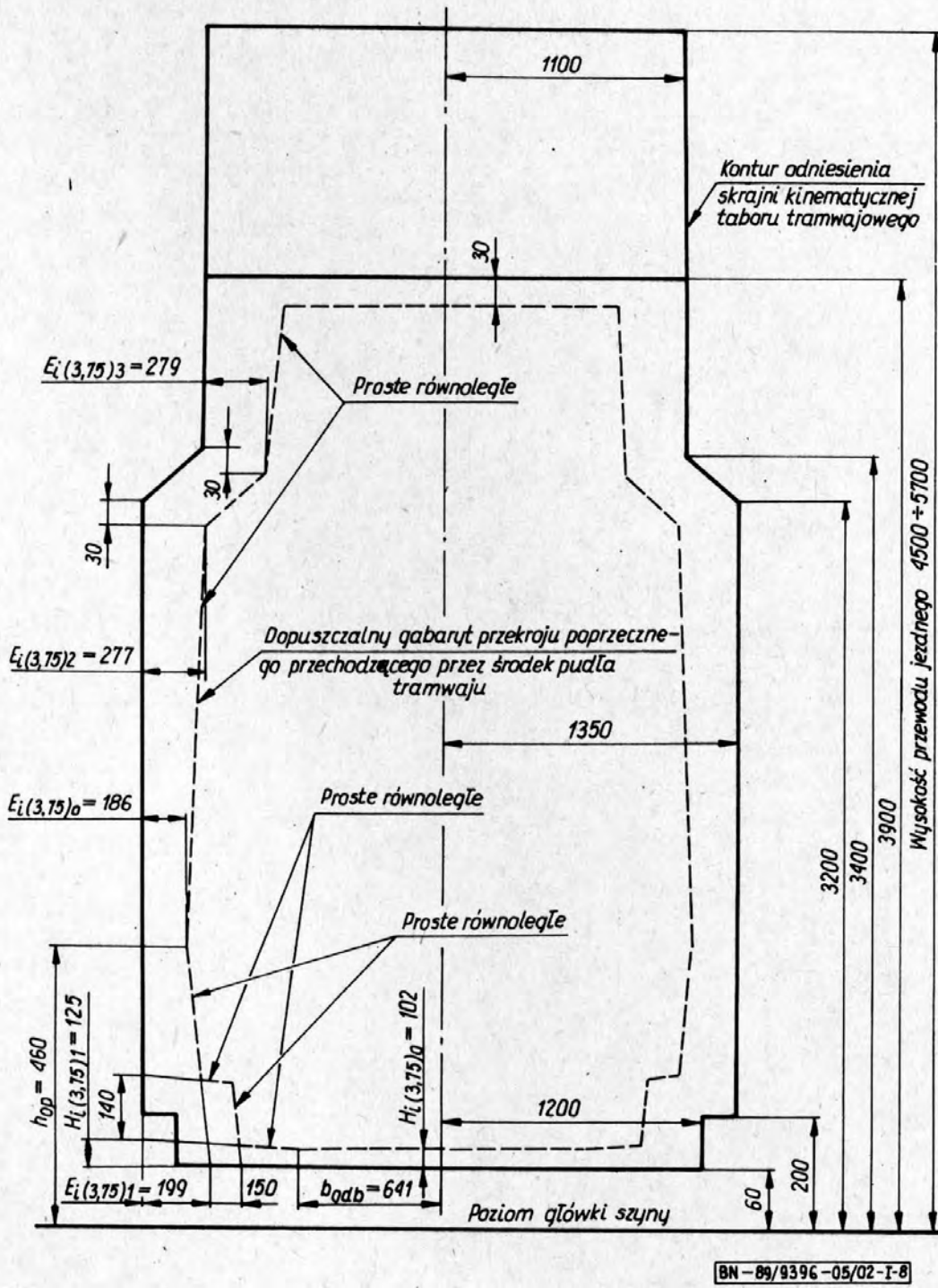
dla  $y_1 = 0,023$  m

$$H_{i(3,75)1} = \frac{\left| 3,75 \cdot (7,5-3,75) - 10 \right|_{>0}}{2 \cdot 1000} + 0,025 + 0,003 + 0,046 + 0,001 + 0,025 + 0,023 = 0,125 \text{ m}$$

dla  $y_0 = 0$

$$H_{i(3,75)0} = \frac{\left| 3,75 \cdot (7,5-3,75) - 10 \right|_{>0}}{2 \cdot 1000} + 0,025 + 0,003 + 0,046 + 0,001 + 0,025 + 0 = 0,102 \text{ m}$$

Szukany dopuszczalny gabaryt przedstawiono na rys. I-8, na którym wszystkie wymiary podano w mm.



Rys. I-8. Dopuszczalny gabaryt przekroju poprzecznego przechodzącego przez środek pudła tramwaju o rozstawie czopów skrzytu równym 7,5 m