

Tadeusz MŁYNARSKI, Tomasz KĄDZIOLKA, Krystyna ROMANIAK

## BADANIE WRAŻLIWOŚCI KINEMATYCZNEJ UKŁADÓW HAMULCOWYCH WAGONÓW KOLEJOWYCH

**Streszczenie.** Praca poświęcona jest badaniom wrażliwości układu mechanicznego hamulców wagonów kolejowych. Na podstawie przeprowadzonej analizy mechanizmu sporządzono jego schemat kinematyczny, następnie wyznaczono ruchliwość. Przeprowadzono analizę kinematyczną układu hamulców przy użyciu metody modyfikacji. Uwzględniając luzy w parach kinematycznych uzyskano wstęgę funkcji celu oraz wyznaczono współczynnik wrażliwości mechanizmu.

## THE EXAMINATION OF THE KINEMATIC SENSITIVITY OF BRAKE SYSTEM OF RAIL-COACHES

**Summary.** The work is devoted to the examinations of the sensitivity of mechanic brake system of rail-coaches. On the base of analyse of the mechanism its kinematic scheme has been made and then the motivity has been determined. The kinematic analyse of brake system has been carried out by using the method of modification. Taking looseness into account in the kinematic pairs the strip of objective function has been obtained and the factor of the sensitivity of the mechanism has been determined.

### 1. WSTĘP

Pojazdy samochodowe, szynowe, maszyny robocze i inne wyposażone są w hamulce służące do wytracenia ich energii mechanicznej, przez zmianę jej na inny rodzaj energii. W budowie maszyn największe zastosowanie znalazły hamulce cierne, które zmieniają energię kinetyczną hamowania na energię cieplną. W skład układu hamulcowego wchodzi następujące mechanizmy: uruchamiający hamulec i hamujący. W pojazdach samochodowych rolę mechanizmów uruchamiających pełnią układy hydrauliczne (samochody osobowe) lub pneumatyczne (samochody ciężarowe). W pojazdach szynowych w skład układu uruchamiającego oprócz układu pneumatycznego wchodzi też układ mechaniczny, który przenosi napęd od siłownika znajdującego się pod wagonem, na wózki.

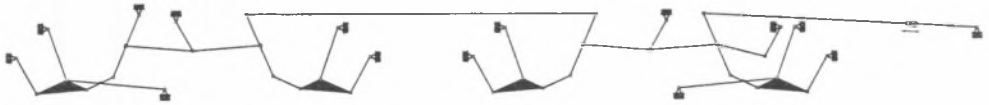
Istotną cechą hamulca jest jego wrażliwość, rozumiana, jako jego zdolność do reagowania na najmniejszą zmianę położenia ogniwa napędzającego [2]. Ma ona wpływ na drogę hamowania, ponieważ decyduje o tak zwanym opóźnieniu hamowania. W mechanizmie urucha-

mającym hamulce wagonów są dwa rodzaje wrażliwości: wrażliwość układu pneumatycznego i wrażliwość układu mechanicznego. Wrażliwość układu pneumatycznego zależy od takich czynników jak: ciśnienie powietrza, szczelność układu, drożność przewodów, obecność zanieczyszczeń itp. Wrażliwość układu mechanicznego zależy od tolerancji wykonania ogniw, luzów w parach kinematycznych oraz sposobu regulacji hamulca.

W pracy podjęto temat oceny wpływu luzów w parach kinematycznych na wrażliwość mechanizmu [3], a co za tym idzie, na drogę hamowania pojazdu.

## 2. ANALIZA KINEMATYCZNA UKŁADU HAMULCÓW KOLEJOWYCH

W celu przeprowadzenia analizy kinematycznej mechanizmu uruchamiania hamulców kolejowych sporządzono jego schemat kinematyczny (rys.1)



Rys.1. Schemat kinematyczny mechanizmu uruchamiania hamulców kolejowych  
Fig.1. Kinematic scheme of mechanic brake system of rail-coaches

### 2.1. Ruchliwość mechanizmu

Ruchliwość badanego układu wyznaczono zgodnie z wzorem:

$$W' = 3 \cdot n_r - 2 \cdot p_5 - p_4 \quad (1)$$

gdzie:

- $n_r$  – ilość ogniw ruchomych,
- $p_5$  – ilość par kinematycznych klasy piątej,
- $p_4$  – ilość par kinematycznych klasy czwartej.

W badanym mechanizmie:

$$\begin{aligned} n_r &= 27, \\ p_5 &= 39, \\ p_4 &= 0. \end{aligned}$$

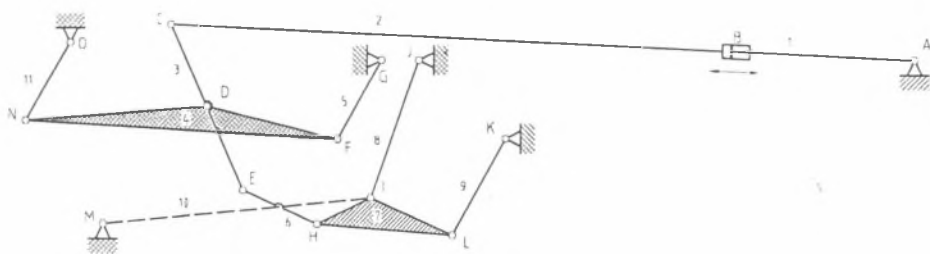
Stąd ruchliwość mechanizmu  $W' = 3$ . Mechanizm ma więc trzy stopnie swobody.

Ponieważ układ mechaniczny hamulca na wózkach jest tak skonstruowany, że ma możliwość samoczynnego dopasowania się do obręczy kół, ruchliwość jego należy obliczyć zakładając, że szczeka po jednej stronie styka się z obręczą koła tworząc ogniwo. Wówczas:

$$\begin{aligned} n_r &= 29, \\ p_5 &= 43, \\ p_4 &= 0. \end{aligned}$$

Stąd ruchliwość  $W' = 1$ . Mechanizm posiada więc jeden stopień ruchliwości.

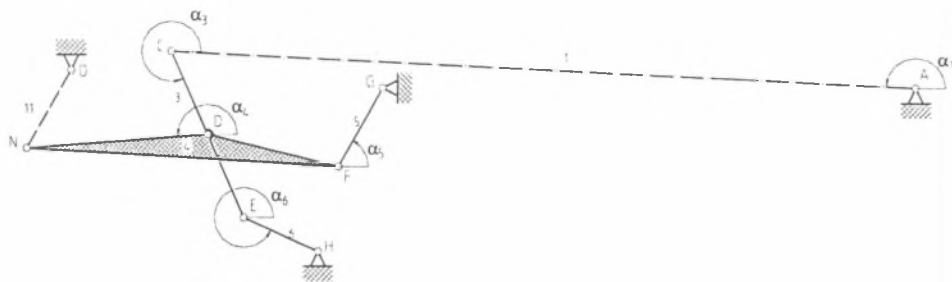
Ponieważ mechanizm składa się z czterech analogicznych zespołów, badania przeprowadzono dla jednego (rys.2).



Rys.2. Schemat kinematyczny mechanizmu hamulca kolejowego  
Fig.2. Kinematic scheme of mechanic brake system of rail-coaches

## 2.2. Położenia ogniw i współrzędne par kinematycznych

Badany mechanizm klasy III składa się z zespołu kinematycznego klasy III szeregu IV. W celu określenia położenia ogniw i współrzędnych par kinematycznych dokonano jego modyfikacji [1] (rys.3).



Rys.3. Zmodyfikowany zespół kinematyczny klasy III  
Fig.3. Modified kinematic unit class III

Dla otrzymanego mechanizmu klasy II wyznaczono równania położenia:

$$\begin{cases} x = x_A + s_{AC} \cdot \cos(\alpha_1) \\ y = y_A + s_{AC} \cdot \sin(\alpha_1) \end{cases} \quad (2)$$

$$\begin{cases} + l_{CE} \cdot \cos(\alpha_3) + l_{EH} \cdot \cos(\alpha_6) - x_H = 0 \\ + l_{CE} \cdot \sin(\alpha_3) + l_{EH} \cdot \sin(\alpha_6) - y_H = 0 \end{cases} \Rightarrow \alpha_3, \alpha_6 \quad (3)$$

$$\begin{cases} x = x_C + l_{CD} \cdot \cos(\alpha_3) \\ y = y_C + l_{CD} \cdot \sin(\alpha_3) \end{cases} \quad (4)$$

$$\begin{cases} + l_{DF} \cdot \cos(\alpha_4 + \kappa_{D4}) + l_{FG} \cdot \cos(\alpha_5) - x_G = 0 \\ + l_{DF} \cdot \sin(\alpha_4 + \kappa_{D4}) + l_{FG} \cdot \sin(\alpha_5) - y_G = 0 \end{cases} \Rightarrow \alpha_4, \alpha_5 \quad (5)$$

$$\begin{cases} x = x_D + l_{DN} \cdot \cos(\alpha_4) \\ y = y_D + l_{DN} \cdot \sin(\alpha_4) \end{cases} \quad (6)$$

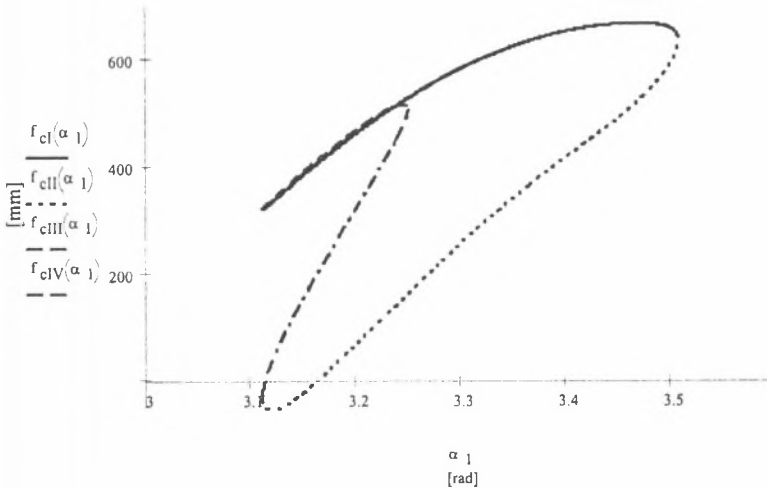
Otrzymano funkcję celu w postaci:

$$f_c = l_{I1} - \sqrt{(x_N - x_O)^2 + (y_N - y_O)^2} \quad (7)$$

Przyjęto następujące dane:

$x_A = 0, y_A = 0, x_O = -1700, y_O = 35, x_M = -1635, y_M = -325, x_K = -825, y_K = -155,$   
 $x_G = -1075, y_G = 0, x_j = -1000, y_j = 0, \kappa_{D4} = 2.287 \text{ rad}, s_{AC} = 1500, l_{CE} = 360, l_{EH} = 163,$   
 $l_{HL} = 295, l_{HI} = 120, l_{IL} = 180, l_{IJ} = 290, l_{DF} = 270, l_{FG} = 180, l_{DN} = 365, l_{NO} = 180,$   
 $l_{CD} = 180, l_{MI} = 540.$

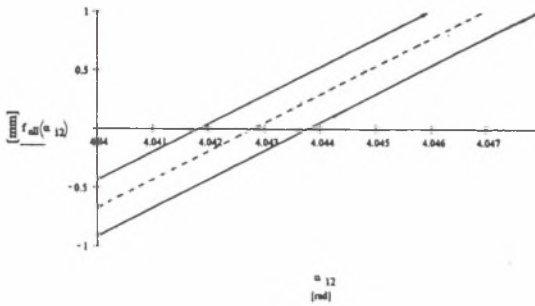
Dla otrzymanych 4 funkcji celu sporządzono wykres (rys.4), wyznaczono miejsca zerowe które określają te wartości kąta  $\alpha_1$ , dla których możliwe jest ponowne zmontowanie rozłącznego mechanizmu. Uzyskano dwie opcje montażowe dla  $\alpha_1 = 3.11 \text{ rad}$ , oraz  $\alpha_1 = 3.1627 \text{ rad}$ .



Rys.4. Wykres funkcji celu dla  $s_{AC} = 1500 \text{ mm}$   
 Fig.4. Objective function graph for  $s_{AC} = 1500 \text{ mm}$

### 3. WRAŻLIWOŚĆ KINEMATYCZNA

Ze względu na luz, jaki występuje między wałkiem a panewką, wałek może zajmować różne położenia w otworze. Odległość między osiami wałków więc zwiększa się lub zmniejsza. Wyznaczono funkcje celu odpowiadające granicznym położeniom wałka w panewce. Tworzą one wstęgę funkcji celu, wewnątrz której przebiega funkcja celu odpowiadająca rzeczywistemu położeniu wałka. Na rysunku 5 przedstawiono wstęgę funkcji celu, wewnątrz której linią kreskową zaznaczono funkcję celu odpowiadającą nominalnym wymiarom mechanizmu.



Rys.5. Wstęga funkcji celu dla pasowania H8/e8  
 Fig.5. The strip of objective function for fits H8/e8

Wyznaczono wskaźnik wrażliwości zgodnie z wzorem:

$$\mu = 1 - \frac{\Delta\alpha_i}{\Delta} \quad (8)$$

gdzie:

$\Delta\alpha_i$  - odległość między punktami przecięcia osi odciętych przez graniczne funkcje celu wstęgi,

$\Delta$  - zakres ruchu ogniwa napędzanego dla badanej opcji montażowej.

Dla rozpatrywanego rodzaju pasowań H8/e8 otrzymano  $\Delta\alpha_{12} = 0.00197$  rad,  $\Delta = 0.072$  rad. Stąd  $\mu = 0.973$ .

Przeprowadzone badanie wrażliwości mechanicznego układu hamulców kolejowych, to fragment obszerniejszych badań związanych z tym tematem. Kolejne opracowanie poświęcone będzie badaniom wrażliwości układu pneumatycznego, tak aby możliwe było określenie całkowitej wrażliwości układu hamulców kolejowych.

## Literatura

1. Młynarski T.: Uogólniona metoda analityczna analizy kinematycznej mechanizmów płaskich. Monografia nr 165, Politechnika Krakowska, Kraków 1994, s. 5-12.
2. Romaniak K.: Ocena wrażliwości złożonych mechanizmów. Materiały XVI Konferencji TMM, Rzeszów-Jawor 1998.
3. PN-89/M-02102 Układ tolerancji i pasowań.

Recenzent: Prof. dr hab. inż. Sylwester Markusik

## Abstract

In the brake system of rail-coaches there are pneumatic and mechanic brake systems, which transmit a motion from pneumatic cylinder under rail-coach to four-wheel trucks. The sensitivity is characteristic of brake. The sensitivity means ability to react to smallest position variation of link drive [2]. It has an influence on braking distance. The sensitivity decides on brake deceleration. In the brake system of rail-coach there are two types of the sensitivity: the sensitivity of pneumatic and mechanic system. The sensitivity of mechanic system depends on dimensional tolerance of links, looseness in the kinematic pairs and method of brake regulation.

This work describes influence of looseness in the kinematic pairs on the sensitivity of mechanic brakes system of rail-coach and on the brake deceleration.

On the base of analyse of the mechanism its kinematic scheme has been made and then the motivity has been determined. The kinematic analyse of brake system has been carried out by using the method of modification. Taking looseness into account in the kinematic pairs the strip of objective function has been obtained and the factor of the sensitivity of the mechanism has been determined.

Next work will be devoted to the examination of the pneumatic sensitivity of brake system of rail-coach.