

XI OGÓLNOPOLSKA KONFERENCJA TEORII MASZYN
I MECHANIZMÓW11th POLISH CONFERENCE ON THE THEORY OF MACHINES
AND MECHANISMS

27—30. 04. 1987 ZAKOPANE

Tadeusz MŁYNARSKI, Antonina LISTWAR, Grzegorz TORA

Zakład Teorii Mechanizmów i Maszyn
Politechnika KrakowskaANALIZA ZJAWISKA ZACHODZENIA PRZY MANEWRACH OMIJANIA PRZESZKÓD
PRZEZ AUTOBUSY PRZEGUBOWE

Streszczenie. Oprócz manewrów stosowanych w czasie eksploatacji autobusów przegubowych takich jak maksymalny skręt w lewo czy w prawo, na szczególną uwagę zasługuje manewr omijania stojących na jezdni przeszkód (np. w postaci zdefektowanych pojazdów). Zagadnienie to jest o tyle istotne, że powoduje ono zwiększenie bardzo niekorzystnego dla użytkowników dróg i pieszych zachodzenia drugiego członu autobusu. W referacie omówiono dwa warianty wykonywania tego manewru, a mianowicie:

1) maksymalny skręt autobusu w lewo w zakresie od 0 do 45° , a następnie maksymalny skręt w prawo od 45° do 0.

2) maksymalny skręt autobusu w lewo w zakresie od 0 do α gr, a następnie od α gr wg ruchu przedniej, lewej krawędzi po osi drogi.

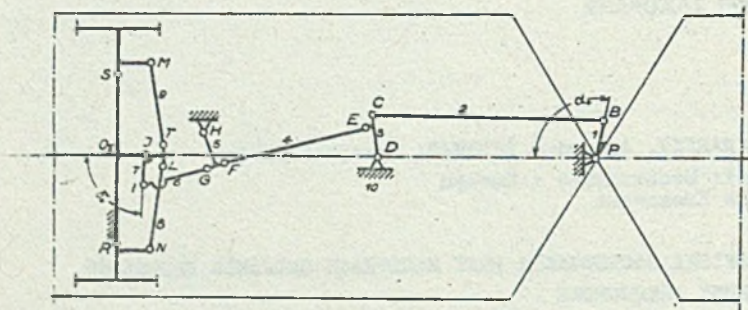
Wyprowadzono analityczne zależności dotyczące ruchu drugiego członu w obu przypadkach oraz wyciągnięto praktyczne wnioski dotyczące tak zastosowanego w autobusie mechanizmu nadążnego jak i odpowiednich warunków eksploatacji.

W czasie eksploatacji autobusów przegubowych oprócz manewrów takich jak: maksymalny skręt w lewo, maksymalny skręt w prawo, na szczególną uwagę zasługuje manewr omijania stojących na jezdni przeszkód (np. zdefektowanych pojazdów). Manewr taki powinien umożliwić ominięcie przeszkody o różnej często nawet znacznej szerokości przy określonej z kolei szerokości jezdni.

Zagadnienie to jest bardzo istotne dla użytkowników stosowanych u nas autobusów przegubowych, gdyż powoduje ono zwiększenie omówionego już wcześniej [1] zjawiska zachodzenia drugiego członu autobusu.

Samo zachodzenie jak już wykazano wcześniej jest bardzo niebezpieczne dla pieszych poruszających się po chodnikach, jak i dla pojazdów poruszających się w przeciwnym kierunku; i jako takie powinno zostać całkowicie wyeliminowane lub zmniejszone do minimum [3].

Autobusem eksploatowanym obecnie w Polsce jest autobus typu IKARUS, którego uproszczony schemat mechanizmu kierowania kołami tylnego oślonu podany został na rysunku 1.



Rys. 1

Manewr omijania przeszkód przez autobus przegubowy przeprowadzać można dwoma sposobami, które szczegółowo omówimy w niniejszym opracowaniu:

1) Maksymalny skręt autobusu w lewo w zakresie od 0 do 45° , a następnie maksymalny skręt autobusu w prawo od 45° do 0.

Na rysunku 2 podano wszystkie konstrukcyjne i geometryczne parametry autobusu konieczne do wyprowadzenia analitycznych zależności ruchu tylnego oślonu w kolejnych fazach przeprowadzania manewru.

Ruch autobusu rozpoczyna się przy krawędzi jezdni, a więc dla kąta $\alpha = 0$, przy czym:

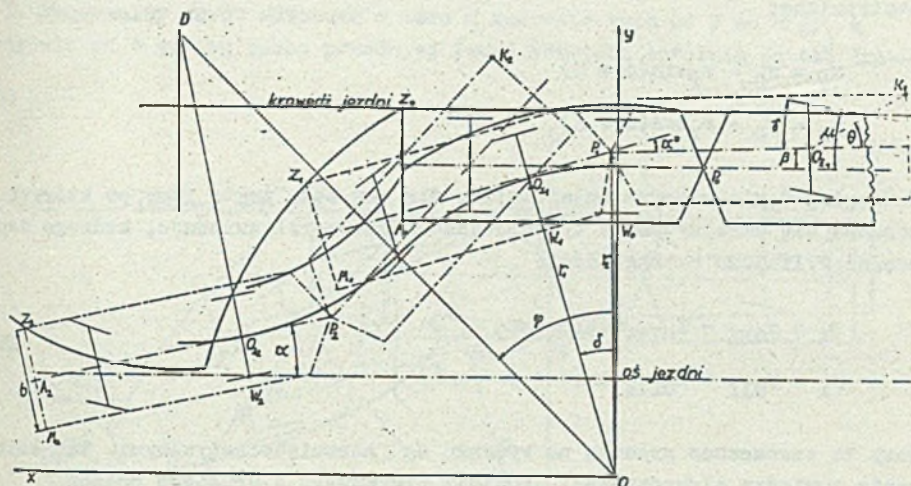
α - kąt pochylenia osi pierwszego oślonu autobusu do osi jezdni.

W celu omięcia stojącej przy krawędzi jezdni przeszkody, autobus zaczyna wykonywać skręt w lewo.

Współrzędne przegubu łączącego obie części autobusu w czasie jego ruchu w zakresie kąta α od 0 aż do 45° obliczyć można z zależności:

$$x_p = r_2 \sin(\alpha - \delta) \quad (1)$$

$$y_p = r_2 \cos(\alpha - \delta)$$



Rys. 2

Wartość zachodzenia tylnego członu autobusu dla tej fazy jego ruchu obliczyć można jak w przypadku maksymalnego skrętu autobusu w lewo, omówionego szczegółowo w opracowaniu [2].

Ze względu na to, że stojąca przy krawędzi jezdni przeszkoda posiada pewną szerokość i należy ominąć ją w bezpiecznej odległości, przeanalizować należy tor charakterystycznych punktów autobusu, a więc punktów A, M. Współrzędne tych punktów będące funkcyjnymi zależnościami geometrycznych parametrów autobusu i kąta α obliczyć można z zależności:

$$\left. \begin{aligned} x_A &= x_P + l_{PA} \cos \alpha \\ y_A &= y_P - l_{PA} \sin \alpha \\ x_M &= x_A - \frac{b}{2} \sin \alpha \\ y_M &= y_A - \frac{b}{2} \cos \alpha \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

Od wartości kąta $\alpha = 45^\circ$ rozpoczyna się skręt autobusu w prawo. Środek obrotu przy skręcie autobusu w prawo przemieszcza się do punktu "D", a jego współrzędne wyznaczyć można z zależności:

$$\left. \begin{aligned} x_D &= 2r_1 \sin \varphi \\ y_D &= 2r_1 \cos \varphi \end{aligned} \right\} \quad (3)$$

Dla tej fazy ruchu autobusu współrzędne punktu łączącego oba człony są następujące:

$$\begin{aligned}x_P &= x_D - r_2 \sin(\alpha + \delta) \\ y_P &= y_D - r_2 \cos(\alpha + \delta)\end{aligned}\quad (4)$$

W drugiej fazie manewru interesujące dla nas będą także tory, po których porusza się skrajny punkt tylnego członu karoserii autobusu, którego współrzędne wyliczono z zależności:

$$\left. \begin{aligned}x_K &= x_{OII} - l_{OIK} \cos(\theta + \alpha - \alpha^*) \\ y_K &= y_{OII} + l_{OIK} \sin(\theta + \alpha - \alpha^*)\end{aligned} \right\} \quad (5)$$

Tory te zaznaczone zresztą na rysunku są torami teoretycznymi. Kąt załamania pomiędzy płaszczyznami symetrii pierwszego i drugiego członu

$$\alpha^* = \alpha - \beta$$

przy czym:

$$\beta = \arctg \frac{y_{OII} - y_P}{x_P - x_{OII}} \quad (6)$$

gdzie:

β - kat nachylenia osi drugiego członu autobusu do osi jezdni

Oprócz parametrów geometrycznych autobusu na ruch tylnego członu ma jeszcze wpływ, realizowana przez mechanizm kierowania kołami tylnego członu, funkcyjna zależność:

$$\gamma = f(\alpha^*)$$

gdzie:

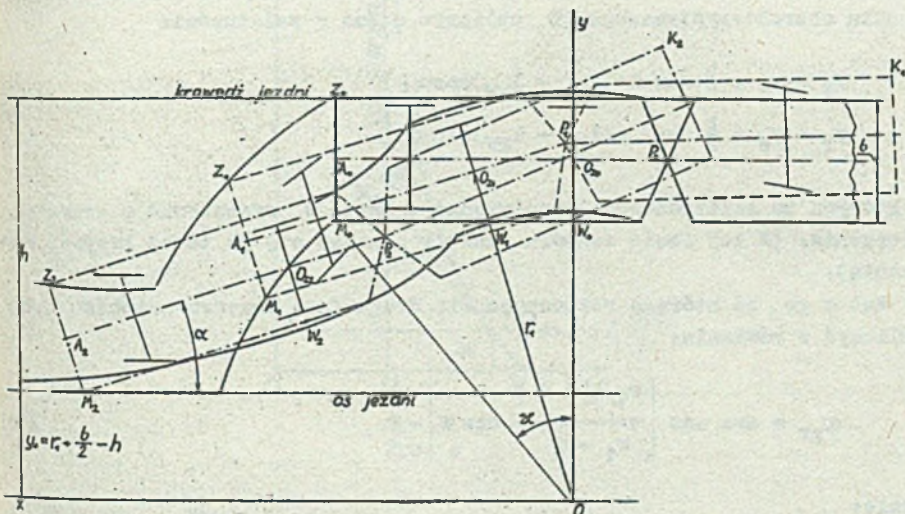
γ - kat skręcenia kół tylnego członu autobusu względem jego płaszczyzny symetrii.

Wprowadzone wcześniejsze zależności analityczne [2] pozwalają na przeprowadzenie obliczeń parametrów kinematycznych analizowanych charakterystycznych punktów karoserii drugiego członu, takich jak środka osi O_{II} oraz K.

Dla przypadku tego manewru wykonano program na EBC pozwalający bardzo szybko wyznaczyć badane parametry ruchu członu tylnego, a także zachodzenie tylnej jego krawędzi.

Drugim manewrem stosowanym w przypadku omijania przeszkód jest:

2. Maksymalny skręt autobusu w lewo w zakresie kąta od 0 do α gr, a następnie od α gr wg ruchu przedniej lewej krawędzi autobusu po osi drogi.



Ryb. 3

Schemat obliczeniowy dla tej możliwości ruchu autobusu w kolejnych jego fazach podano na ryb. 3.

W pierwszej fazie manewru, w zakresie kąta α od 0 do wartości granicznej autobus wykonuje maksymalny skręt w lewo. Trwa on tak długo, aż punkt skrajny karoserii autobusu "M" znajdzie się na osi jezdni.

Współrzędne drugiego charakterystycznego punktu karoserii oznaczonego przez "W" będące funkcją parametrów konstrukcyjnych autobusu i kąta α wyznaczone z równań:

$$\left. \begin{aligned} x_W &= (r_1 - \frac{b}{2}) \sin \alpha \\ y_W &= (r_1 - \frac{b}{2}) \cos \alpha \end{aligned} \right\} \quad (7)$$

współrzędną punktu M - zgodnie z rysunkiem - podaje zależność:

$$y_M = y_W - l_{MW} \sin \alpha \quad (8)$$

Dla pierwszej fazy ruchu autobusu obliczenia przeprowadzane są w dalszym ciągu identycznie jak dla przypadku maksymalnego skrętu w lewo.

Druga faza manewru rozpoczyna się z chwilą, gdy punkt skrajny karoserii autobusu "M" znajdzie się na osi jezdni.

Współrzędne przegubu łączącego oba człony będące funkcją współrzędnych punktu charakterystycznego W obliczyć można z zależności:

$$\left. \begin{aligned} x_P &= x_W + \frac{b}{2} \sin \alpha - (l_{PA} - l_{MW}) \cos \alpha \\ y_P &= y_W + \frac{b}{2} \cos \alpha + (l_{PA} - l_{MW}) \sin \alpha \end{aligned} \right\} \quad (9)$$

w których to zależnościach współrzędne punktu W wyznaczono z krzywej wleczenia. (W tej fazie manewru punkt W porusza się po torze krzywej wleczenia).

Kąt α_{gr} , od którego rozpoczyna się druga faza manewru autobusu można obliczyć z równania:

$$\alpha_{gr} = \arccos \left[\frac{r_1 + \frac{b}{2} - h}{r_1 - \frac{b}{2}} \cos \alpha \right] - \alpha \quad (10)$$

gdzie:

- b - szerokość jezdni w jednym kierunku ruchu,
- b - szerokość autobusu,

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{l_{MW}}{r_1 - \frac{b}{2}}$$

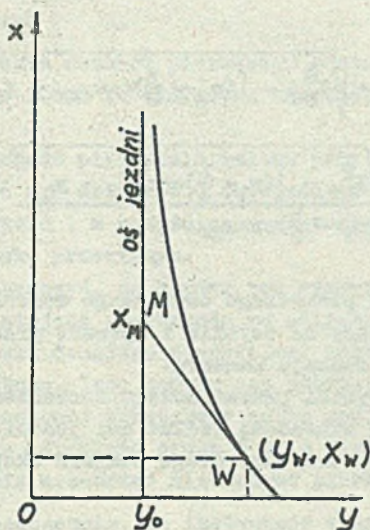
Współrzędne punktów charakterystycznych karoserii przedniego osłonu, a więc A i K obliczane są identycznie jak w przypadku pierwszego manewru, a więc zgodnie z równaniem (2).

Równanie krzywej wleczenia po której porusza się punkt W w drugiej fazie manewru wyprowadzono przyjmując następujące założenie: odległość między punktem styczności krzywej wleczenia oraz punktem przecięcia stycznej z osią jezdni jest wielkością stałą, czyli $l_{MW} = \text{const}$.

Na rys. 4 podane zostały parametry niezbędne do wyznaczenia równania. Zgodnie z rysunkiem otrzymano:

$$(x_M - x_W)^2 + (y_W - y_C)^2 = l_{MW}^2$$

Wyznaczona stała zależność $x_W = f(y_W)$ będzie funkcją krzywej wleczenia. Określając ją należy wyznaczyć:



Rys. 4

$$\frac{x_M - x_W}{y_W - y_0} = - \frac{dx_W}{dy_W}$$

skąd:

$$dx = - \frac{\sqrt{l_{MW}^2 - (y_W - y_0)^2}}{y_W - y_0} dy_W$$

czyli:

$$x_W = - \sqrt{l_{MW}^2 - (y_W - y_0)^2} + l_{MW} \ln \left| \frac{l_{MW} + \sqrt{l_{MW}^2 - (y_W - y_0)^2}}{y_W - y_0} \right| + c \quad (11)$$

W celu wyznaczenia stałej całkowania przyjęto następujące warunki początkowe dla

$$y_W = (r_1 - \frac{b}{2}) \cos \alpha_{gr}$$

$$x_W = (r_1 - \frac{b}{2}) \sin \alpha_{gr}$$

czyli:

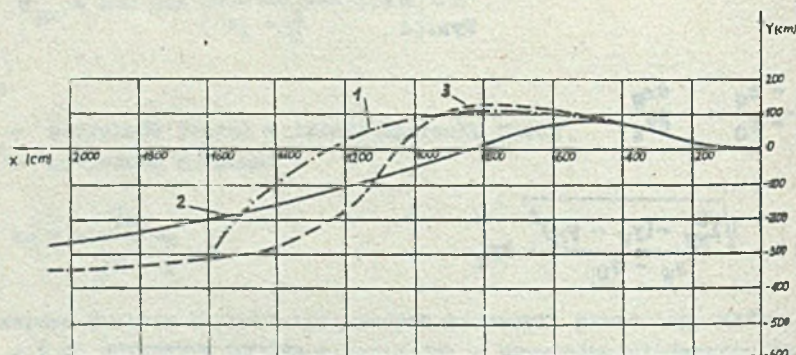
$$c = (r_1 - \frac{b}{2}) \sin \alpha_{gr} + \sqrt{l_{MW}^2 - [(r_1 - \frac{b}{2}) \cos \alpha_{gr} - y_0]^2} +$$

$$- l_{MW} \ln \left| \frac{l_{MW} + \sqrt{l_{MW}^2 - [(r_1 - \frac{b}{2}) \cos \alpha_{gr} - y_0]^2}}{(r_1 - \frac{b}{2}) \cos \alpha_{gr} - y_0} \right| \quad (12)$$

Podobnie jak w przypadku pierwszego omawianego manewru opracowano program obliczeń na EMC pozwalający na szybkie i sprawne przeprowadzenie analizy ruchu autobusu dla tego rodzaju manewru.

Na rysunku 5 podano wyniki przykładowego zachodzenia drugiego członu w funkcji drogi autobusu mierzonej wzdłuż osi jazdy.

Wielkości zachodzenia otrzymano drogą pomiaru eksploatowanych autobusów Jelcz.



Rys. 5

Poszczególne krzywe ilustrują przebiegi zachodzenia skrajnego punktu karoserii autobusu "K" dla różnych rodzajów przeprowadzonych manewrów i tak:

- 1 - krzywa zachodzenia w przypadku maksymalnego skrętu autobusu w lewo,
- 2 - krzywa zachodzenia w przypadku maksymalnego skrętu autobusu w lewo do kąta α_{gr} , a następnie wg ruchu przedniej lewej krawędzi wzdłuż osi drogi,
- 3 - krzywa zachodzenia w przypadku maksymalnego skrętu autobusu w lewo, a następnie maksymalnego skrętu autobusu w prawo.

Wyprowadzone analityczne zależności pozwalające określić ruch autobusu w obu przypadkach manewrów pozwoliły na wyciągnięcie praktycznych

wniosek dotyczących odpowiednich warunków eksploatacji autobusu przegubowego; a mianowicie:

- w czasie wykonywania manewru pierwszego zostaje zwiększone zjawisko zachodzenia o około 30 cm (w przypadku eksploatowanego autobusu typu "Jelcz").

Lewa przednia krawędź pierwszego członu przy szerokości jezdni w jednym kierunku równej 6 m i szerokości autobusu równej 2,5 m przemieszcza się poza oś jezdni około 1 m powodując zagrożenie dla pojazdów poruszających się w kierunku przeciwnym.

Należy jednak zaznaczyć, że manewr ten wykonywać można podjeżdżając bezpiecznie pod stojącą przeszkodę na odległość około 3,5 m.

- w przypadku manewru drugiego obserwujemy znacznie łagodniejszy przebieg zachodzenia autobusu, lecz manewr ten odbywa się na dłuższej drodze. Do stojącej nieruchomej przeszkody można podjechać zachowując warunki bezpieczeństwa na odległość około 6 m, a więc należy ten manewr zacząć wykonywać znacznie wcześniej niż manewr pierwszy.

Wynika z tego jednoznacznie, iż instrukcje eksploatacji autobusów przegubowych winny przewidywać minimalną odległość na jaką kierujący pojazdem może zbliżyć go do stojącej nieruchomej przeszkody, ażeby przy jej omignięciu nie stwarzać istotnego zagrożenia dla innych użytkowników dróg a także pieszych.

LITERATURA

- [1] T. MEYNARSKI, A. LISTWAN, E. PAZDERSKI: Analiza mechanizmu kierowania tylnym członem autobusów przegubowych. Materiały X Ogólnopolskiej Konferencji TMM, Warszawa 1984.
- [2] T. MEYNARSKI, A. LISTWAN, G. TORA: Modelowanie ruchu tylnego członu autobusu przegubowego poprzez zmianę funkcji $\gamma = f(\alpha^*)$, Materiały Konfer. "Modelowanie i symulacja cyfrowa w technice samochodowej". Lublin 1985.
- [3] T. MEYNARSKI, A. LISTWAN: Analiza ruchu tylnych członów autobusów przegubowych w aspekcie wypadków drogowych. Materiały Konfer. "Problemy rekonstrukcji wypadków drogowych". Kraków 1985.

АНАЛИЗ ЯВЛЕНИЯ УВЕЛИЧЕНИЯ ЗАХОДНОСТИ ПРИ МАНЕВРАХ МИНОВАНИЯ ПРЕПЯТСТВИЙ СОЧЛЕНЕННЫМИ АВТОБУСАМИ

Р е з ю м е

Кроме маневров применяемых во время эксплуатации сочлененных автобусов, таких как полный поворот на лево, или на право, особенному вниманию подлежит маневр минования стоящих на проезжей части дороги препятствий (вп. поврежденных машин).

Вопрос этот очень важный, потому что вызывает он увеличение очень вредного, для потребителей дорог и пешеходов явления заходности задней части автобуса.

В реферате рассмотрены два варианта выполнения этого маневра, а именно:

- 1) полный поворот автобуса на лево в диапазоне от $0-45^\circ$, а потом полный поворот на право от $45^\circ-0$,
- 2) полный поворот автобуса на лево от $0-\alpha_{gr}$ а потом от α_{gr} по движению передней левой грани по оси дороги.

Выведены аналитические зависимости, касающиеся движения второго члена в обоих случаях, а также сделаны практические выводы по применению в автобусе следящего механизма, а также условий эксплуатации.

THE ANALYSIS OF THE OVERLAP INCREASE PHENOMENA BY THE BY-PASS MANOEUVRE OF THE ARTICULATED BUS

S u m m a r y

Apart from manoeuvres practised during operating of the articulated buses such as full turn to the left or to the right, the pass round the roadblock manoeuvre is worth special attention.

This is very essential problem because it causes remarkable increase of the bus rear part overlap, which is harmful both for other vehicles and pedestrians.

Two variants of this manoeuvre are discussed in the paper:

- 1) full turn of the bus first to the left in the range from 0 to 45 degrees, and then full turn to the right in the range from 45 to 0 degrees.

- 2) full turn of the bus first to the left in the range from 0 to α_{gr} and then from α_{gr} according to the front, left edge-movement along the axis of the road.

Analytical dependences of the bus rear unit movement were derivated and practical conclusions concerning the applied follow-up mechanism and suitable operating conditions were drawn.

Recenzent: Prof. dr hab. inż. Stefan Miller

Wpłynęło do redakcji 24.XI.1986