

BOMBA Ignacy<sup>1</sup>  
KWIECIEN Katarzyna<sup>2</sup>

## Metoda wyznaczania planu rozmieszczenia ładunku dla samochodów dostawczych

### WSTĘP

Bezpieczne transportowanie ładunków pojazdami drogowymi jest istotnym elementem logistycznych łańcuchów dostaw.

Przemieszczone ładunki podlegają narażeniom transportowym, ponadto same też stwarzają zagrożenie dla otoczenia. Charakter i skala niebezpieczeństwa zależy od rodzaju i postaci transportowej ładunku, środka transportu oraz metod zabezpieczenia ładunku na czas przewozu.

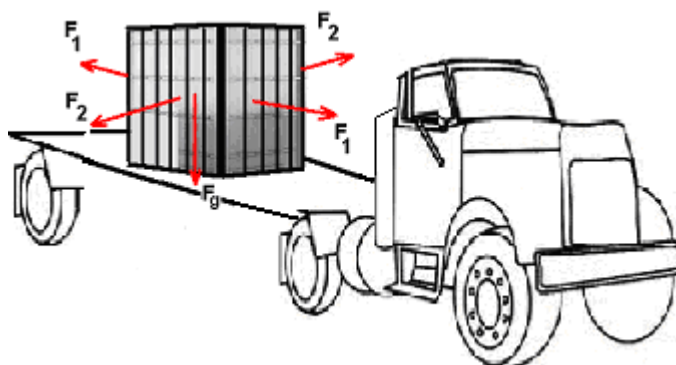
Wiele z tych zagrożeń ma charakter dynamiczny wynikający z działania sił bezwładności oraz statyczny – powodowany oddziaływaniem siły ciężkości.

W artykule zostaną zaprezentowane zagadnienia związane z minimalizacją zagrożeń o charakterze mechanicznym, które wynikają z niewłaściwego rozmieszczenia ładunku na pojeździe drogowy.

### 1. SIŁY DZIAŁAJĄCE NA PRZEWOŻONY ŁADUNEK

Ładunek działa tylko siłą swojego ciężaru na otoczenie, jeżeli pojazd przemieszcza się ze stałą prędkością po linii prostej. Zaburzenie stałego charakteru ruchu pojazdu (np. przez hamowanie, przyspieszanie, zmianę pasa ruchu) powoduje pojawienie się siły bezwładności, z którą ładunek działa na swoje otoczenie.

W transporcie drogowym siły bezwładności, z jakimi ładunek działa na pojazd, mogą być bardzo duże i prawie równe ciężarowi ładunku, co ilustruje rysunek 1.



$F_1$  – liniowa siła bezwładności,  $F_2$  – siła odśrodkowa,  $F_g$  – siła ciężkości

**Rys. 1.** Siły bezwładności działające na ładunek. Źródło: opracowanie własne

Odpowiednie mocowanie ładunku i płynna jazda, bez gwałtownych zmian toru i prędkości jazdy spowoduje, że ładunek będzie działał na skrzynię pojazdu niewielkimi siłami [1].

Pojazd załadowany nie może przekroczyć maksymalnych dopuszczalnych nacisków osi i dopuszczalnej masy całkowitej (DMC). Należy również wziąć pod uwagę minimalne naciski na poszczególne osie tak, aby zapewnić właściwą stabilność i sterowność pojazdu.

Niewłaściwe rozmieszczenie ładunku na pojeździe może spowodować zmianę położenia środka ciężkości ładunku oraz kombinacji pojazd-ładunek. W efekcie może to doprowadzić do zaburzenia właściwego obciążenia osi pojazdu, a tym samym do stworzenia sytuacji zagrażającej bezpieczeństwu

<sup>1</sup> dr inż. Ignacy Bomba, UTH Radom, Wydział Transportu i Elektrotechniki, i.bomba@pr.radom.pl

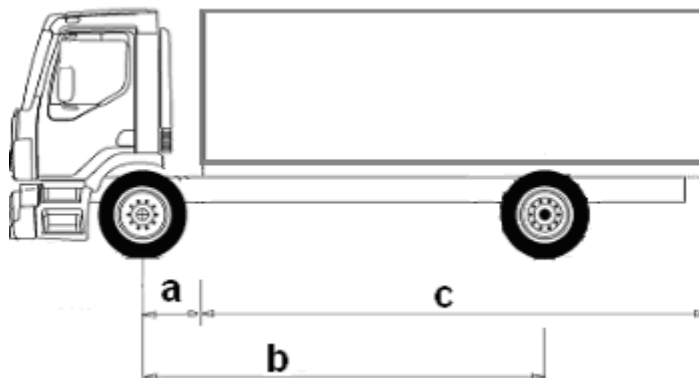
<sup>2</sup> mgr inż. Katarzyna Kwiecień, studentka studiów III stopnia, UTH Radom, Wydział Transportu i Elektrotechniki, k.kwiecien@uthrad.pl

w ruchu drogowym. Jednym z najczęstszych wypadków spowodowanych przez niewłaściwe rozłożenie obciążenia jest przewrócenie się pojazdu.

Aby uniknąć takiego zdarzenia, załadunek pojazdu powinien być wykonany zgodnie z planem rozmieszczenia ładunku na pojeździe [2]. Każdy pojazd ciężarowy powinien mieć taki plan. W dalszej części artykułu pokazana będzie procedura wyznaczenia planu rozmieszczenia ładunku dla samochodu dostawczego.

## 2. MODEL POJAZDU DROGOWEGO

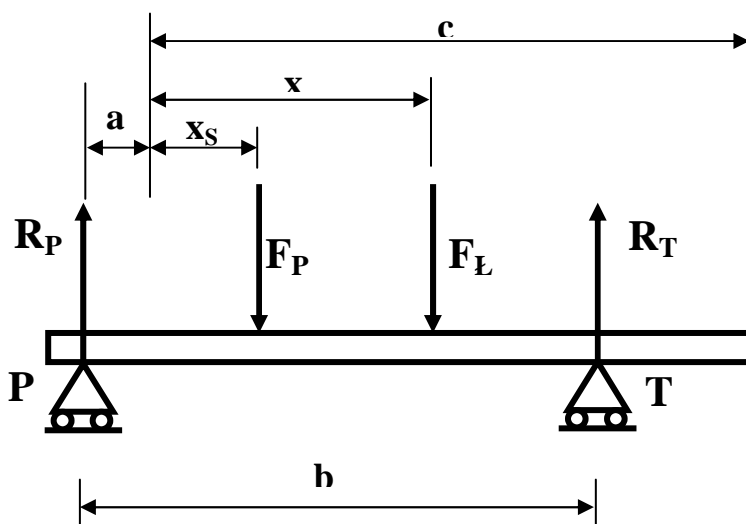
Procedura wyznaczenia planu rozmieszczenia ładunku zostanie ukazana na przykładzie pojazdu dostawczego (rys.2).



$a$  – odległość skrzyni ładunkowej od osi przedniej,  $b$  – rozstaw osi,  $c$  – długość skrzyni ładunkowej

**Rys. 2.** Schemat samochodu dostawczego, Źródło: opracowanie własne na podstawie[4]

Wykorzystując prawa mechaniki tworzymy model pojazdu w postaci belki na dwóch podporach i obciążonej siłami ciężkości pojazdu i ładunku (rys.3).



$x_s$  – odległość środka ciężkości pojazdu od początku skrzyni ładunkowej,  $x$  – położenie środka ciężkości ładunku względem początku skrzyni ładunkowej,  $F_P$  – ciężar pojazdu,  $F_L$  – ciężar ładunku,  $R_P$  – reakcja osi przedniej,  $R_T$  – reakcja osi tylnej

**Rys. 3.** Model samochodu dostawczego. Źródło: opracowanie własne

Korzystając z zasad mechaniki [3] otrzymujemy równania opisujące stan równowagi belki:

– względem podpory P

$$\sum M_P = F_P \cdot (a + x_s) + F_L \cdot (a + x) - R_T \cdot b = 0 \quad (1)$$

- względem podpory T

$$\sum M_T = F_P \cdot (b - a - x_S) + F_L \cdot (b - a - x) - R_P \cdot b = 0 \quad (2)$$

Podstawiając za  $R_P$  i  $R_T$  dopuszczalne obciążenia osi przedniej i tylnej i dokonując odpowiednich przekształceń, otrzymujemy równania opisujące:

- dopuszczalną masę ładunku zależną od położenia jego środka ciężkości i ograniczoną dopuszczalnym naciskiem na oś przednią

$$m_{LP}(x) = m_{PP} \frac{a + x_S - b(1 - \beta_P)}{b - a - x} \quad (3)$$

gdzie:

$m_{LT}$  - masa ładunku [kg],

$m_{PP}$  - masa pustego pojazdu [kg],

$\beta_P$  - stosunek dopuszczalnego nacisku osi przedniej do masy pustego pojazdu,

- dopuszczalną masę ładunku zależną od położenia jego środka ciężkości i ograniczoną dopuszczalnym naciskiem na oś tylną

$$m_{LT}(x) = m_{PP} \frac{\beta_T \cdot b - a - x_S}{a + x} \quad (4)$$

gdzie:

$\beta_T$  - stosunek dopuszczalnego nacisku osi tylnej do masy pustego pojazdu.

Podstawiając za  $R_P$  i  $R_T$  minimalne obciążenia osi przedniej i tylnej i dokonując odpowiednich przekształceń, otrzymujemy równania opisujące:

- dopuszczalną masę ładunku zależną od położenia jego środka ciężkości i ograniczoną minimalnym naciskiem na oś tylną

$$m_{LT}(x) = m_{PP} \frac{\alpha_T \cdot b - a - x_S}{a - x - \alpha_T \cdot b} \quad (5)$$

gdzie:

$\alpha_T$  - współczynnik min obciążenia osi tylnej

- dopuszczalną masę ładunku zależną od położenia jego środka ciężkości i ograniczoną minimalnym naciskiem na oś przednią

$$m_{LP}(x) = m_{PP} \frac{b(\alpha_P - 1) + a + x_S}{b(1 - \alpha_P) - a - x} \quad (6)$$

gdzie:

$\alpha_P$  - współczynnik min obciążenia osi przedniej

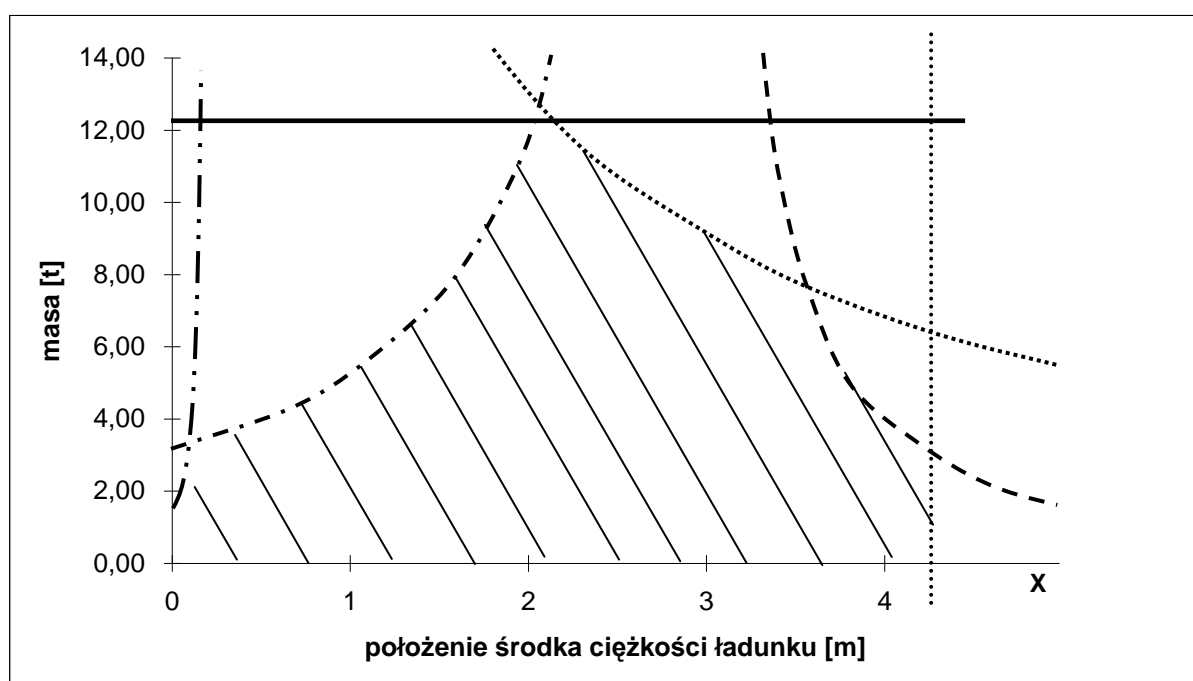
### 3. PLAN ROZMIESZCZENIA ŁADUNKU DLA SAMOCHODU DOSTAWCZEGO MARKI VOLVO

Poprawność wykonanego modelu i otrzymanych na jego podstawie równań została zweryfikowana dla wybranego modelu samochodu marki Volvo. Dane techniczne pojazdu, które posłużyły do obliczeń przedstawiono w tabeli 1.

Otrzymany plan rozmieszczenia ładunku przedstawiono na rysunku 4.

Tab. 1. Wybrane parametry techniczne pojazdu marki Volvo. Źródło: opracowanie własne na podstawie[4]

Lp.	Parametr	Oznaczenie	Wartość
1.	odległość początku skrzyni ładunkowej o osi przedniej	$a$	569mm
2.	rozstaw osi	$b$	3500mm
3.	długość skrzyni ładunkowej	$c$	4212mm
4.	masa własna pojazdu	$m_{pp}$	5770kg
5.	dopuszczalny nacisk osi przedniej	$R_{Pmax}$	7100kg
6.	dopuszczalny nacisk osi tylnej	$R_{Tmax}$	11500kg
7.	ładowność pojazdu	$m_{Lmax}$	12230kg
8.	stosunek dopuszczalnego nacisku osi przedniej do masy pustego pojazdu	$\beta_P$	1,23
9.	stosunek dopuszczalnego nacisku osi tylnej do masy pustego pojazdu	$\beta_T$	1,99
10.	współczynnik min obciążenia osi tylnej	$\alpha_T$	0,25
11.	współczynnik min obciążenia osi przedniej	$\alpha_P$	0,20



— ładowność pojazdu, — · · · min. obciążenie osi tylnej, · · · — max obciążenie osi przedniej, ······· max obciążenie osi tylnej, — · · · min. obciążenie osi przedniej, ······· koniec skrzyni ładunkowej pojazdu

Rys. 4. Plan rozmieszczenia ładunku dla samochodu dostawczego marki Volvo, na podwoziu FES. Źródło: opracowanie własne

Obszar zakreślony wykresu pokazuje właściwe położenie na skrzyni ładunkowej pojazdu środka ciężkości ładunku – o określonej masie. Ułożenie ładunku zgodne z planem rozmieszczenia ładunku spełnia wymogi związane z:

- nie przekroczeniem dopuszczalnych nacisków na oś przednią i tylną,
- zachowaniem minimalnych nacisków na oś przednią i tylną.

## WNIOSKI

Plan rozmieszczenia ładunku powinien być wyznaczony dla każdego pojazdu wykorzystywanego do przewozu ładunków. Przestrzeganie zasad właściwego rozmieszczenia ładunku, widocznych na planie, pozwala zachować wszystkie zalecenia związane z obciążeniem osi pojazdu. W znacznym stopniu podnosi to bezpieczeństwo ruchu, zachowując właściwą stabilność i sterowność pojazdu.

### **Streszczenie**

*W artykule została przedstawiona procedura wyznaczania planu rozmieszczenia ładunku na pojeździe drogowym. Został wykonany model samochodu dostawczego i na jego podstawie wyznaczono równania opisujące zależność masy ładunku od położenia jego środka ciężkości.*

*Poprawność modelu i równań zweryfikowano dla wybranego pojazdu marki Volvo, uzyskane wyniki potwierdziły prawidłowość zaproponowanej procedury.*

## Method for determining load distribution plan for vans

### **Abstract**

*This article presents a procedure for determining load distribution plan of the truck. It was made model van and on the basis determined equations describing the dependence of the weight load on the position of its center of gravity.*

*The correctness of the model and equations were verified for selected vehicle Volvo, the results confirmed the accuracy of the proposed procedure.*

### **BIBLIOGRAFIA**

1. Stokłosa J., Koszałka G., Gil L., Analiza sił w elementach mocujących ładunki na pojazdach samochodowych, Postępy Nauki i Techniki nr 12, 2012.
2. Wytyczne odnośnie europejskiej dobrej praktyki w zakresie mocowania ładunków 11. w transporcie drogowym. Komisja Europejska. Dyrekcja Generalna ds. Energii i Transportu. [http://ec.europa.eu/transport/roadsafety/vehicles/best\\_practice\\_guidelines\\_en.htm](http://ec.europa.eu/transport/roadsafety/vehicles/best_practice_guidelines_en.htm).
3. Hendzel Z., Żylski W., Mechanika ogólna. Statyka, Oficyna Wydawnicza Politechniki Rzeszowskiej, Rzeszów 2000.
4. <http://www.volvotrucks.com/trucks/poland-market/pl-pl/trucks/volvo-fl/specifications/Pages/data.aspx>