

Ignacy BOMBA¹

OPTYMALIZACJA JEDNOSTKI ŁADUNKOWEJ FORMOWANEJ NA PALECIE EUR

W artykule zaprezentowano zagadnienia związane z kształtowaniem paletowej jednostki ładunkowej, zgodnie z zaleceniami wynikającymi z obowiązujących norm. Zaproponowano dodatkowe kryteria, które powinny być uwzględnione przy kształtowaniu jednostki ładunkowej. Ponadto opracowana została procedura optymalizacji ilości ładunków jednostkowych przewożonych na palecie EUR.

OPTIMIZATION OF THE TRANSPORT UNIT FORMED ON THE PALLET EUR

The article presents the issues relating to the forming unit load pallet, in accordance with the recommendations arising from the existing norms. Proposed that additional criteria that should be taken into account in shaping the unit load. Moreover, the procedure has been developed to optimize the amount of cargo transported on a pallet unit EUR.

1. WSTĘP

Przedmiotem działalności transportowej jest przemieszczanie ludzi lub dóbr materialnych, przewożone dobra w sferze transportowej nazywane są ładunkami.

Realizując procesy przewozowo-przeładunkowe, dąży się do ich racjonalizacji. Cel ten jest osiąganym między innymi przez ujednoczenie postaci transportowej ładunków – w efekcie stosowania znormalizowanych opakowań, jednostek ładunkowych.

Opakowaniami w rozumieniu Ustawy „O opakowaniach i odpadach opakowaniowych” są wprowadzone do obrotu wyroby wykonane z jakichkolwiek materiałów, przeznaczone do przechowywania, ochrony, przewozu, dostarczania lub prezentacji wszelkich produktów, od surowców do towarów przetworzonych.

Opakowania obejmują następujące kategorie:

- **jednostkowe**, służące do przekazywania produktu użytkownikowi w miejscu zakupu, w tym przeznaczone do konsumpcji produktów naczynia jednorazowego użytku;

¹ Politechnika Radomska, Wydział Transportu i Elektrotechniki; 26-600 Radom; ul. Malczewskiego 29.
tel: + 48 48 361-77-38, Fax: + 48 48 361-77-42, e-mail: i.bomba@pr.radom.pl

- **zbiorcze**, zawierające wielokrotność opakowań jednostkowych produktów, niezależnie od tego, czy są one przekazywane użytkownikowi, czy też służą zaopatrywaniu punktów sprzedaży i które można zdjąć z produktu bez naruszenia jego cech;
- **transportowe**, służące do transportu produktów w opakowaniach jednostkowych lub zbiorczych w celu zapobiegania ich uszkodzeniom, z wyłączeniem kontenerów do transportu drogowego, kolejowego, wodnego lub lotniczego[4].

Opakowania jednostkowe i zbiorcze wykonywane są z różnych materiałów, między innymi z papieru i tektury, tworzyw sztucznych, szkła, metalu, drewna, ceramiki. Natomiast opakowania transportowe są formowane w jednostki ładunkowe.

Jednostką ładunkową jest określona ilość ładunku zestawionego w jedną całość, z wykorzystaniem pomocniczych środków wiążących lub urządzeń transportowych, w sposób zapewniający trwałość jej kształtu, wymiarów i zawartości od miejsca jej zestawienia poprzez cały łańcuch transportowy aż do chwili rozformowania, umożliwiającą pełną mechanizację przeładunków na drodze swego przebiegu, z zachowaniem warunków bezpieczeństwa i higieny pracy przy przewozie, przeładunkach i składowaniu [1].

Jedną z form jednostki ładunkowej jest paletowa jednostka ładunkowa. W praktyce najczęściej formowane są jednostki ładunkowe z wykorzystaniem palety EUR. Klasyczną paletę EUR, wyprodukowaną w oparciu o Kartę UIC-435, przedstawiono na rys.1.



Wymiary przy 22% zawartości wilgotności		
Długość [mm]	Szerokość [mm]	Wysokość [mm]
1200	800	144

Rys.1. Paleta EUR

Źródło: http://www.epal.org.pl/index.php?strona=rodzaje_palet_EUR

2. STOPIEŃ WYKORZYSTANIA PALETY

Kształtując paletowe jednostki ładunkowe zgodnie z zaleceniami Polskich Norm i literatury przedmiotu, dąży się do takiego rozmieszczenia ładunku, aby stopień wykorzystania palety był największy. Ponadto wymiarowo powinny być dostosowane do przewozu w intermodalnych jednostkach transportowych [3]. Stopień wykorzystania palety jest określany w procentach i dotyczy jej powierzchni. Jest to uproszczenie obarczone błędem, wynikającym z faktu iż ładunek jest bryłą, która ma trzeci wymiar w postaci wysokości. W związku z tym stopień wykorzystania palety powinien być odnoszony do objętości.

W dalszej części opracowania została zaproponowana procedura pomocna przy formowaniu paletowej jednostki, z uwzględnieniem trzech wymiarów ładunku. Procedura optymalizacji rozwiązania technicznego, wykorzystująca matematyczną teorię obliczeń. Problem obliczeniowy polega na znalezieniu parametrów dla których funkcja celu osiąga największą bądź najmniejszą wartość.

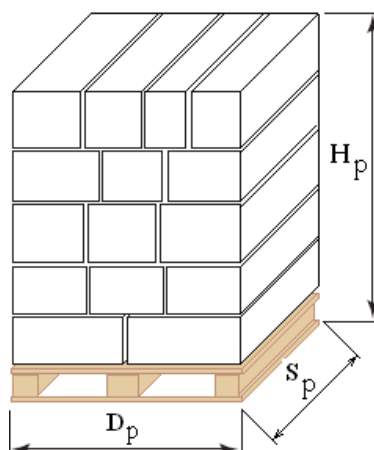
Przestrzeń poszukiwania wartości parametrów jest ograniczona wymiarami gabarytowymi jednostki ładunkowej.

Podstawową zasadą przy formowaniu paletowej jednostki ładunkowej jest to, aby układane na paletę ładunki nie wystawały poza jej wymiary gabarytowe (rys.2.):

- D_p - długość,
- S_p - szerokość,
- H_p - wysokość.

Za wymiary gabarytowe należy przyjąć znormalizowane wymiary jednostki ładunkowej. Normy polskie i międzynarodowe (PN-89/O-79021 „Opakowania. System wymiarowy” i PN-93/M-78003 „Wielkości jednostek ładunkowych. Wymiary” – tłumaczenie normy ISO 3676:1983) dotyczą tylko wymiarów gabarytowych podstawy ładunku ($D_p \times S_p$).

Wymiar H_p - wysokość palety z towarem nie jest znormalizowana, w związku z tym za wartość gabarytową można przyjąć wielkość zalecaną przez firmy świadczące usługi transportowe (np. PKAES S.A. Błonie zaleca $H_p = 1800mm$, Siódemka S.A. zaleca $H_p = 2200mm$).



Rys. 2. Wymiary gabarytowe jednostki paletowej

Dla wyznaczenia funkcji celu wykorzystano z PN-89/O-79021 wzór na teoretyczny zewnętrzny wymiar opakowania jednostkowego:

$$l_j = l + \Delta l + b + \frac{c}{k} + \frac{f}{k} \quad (1)$$

gdzie:

- l_j - teoretyczny zewnętrzny wymiar opakowania jednostkowego (długość, szerokość, wysokość) [mm],
- l - wewnętrzny wymiar opakowania jednostkowego (długość, szerokość, wysokość) [mm],
- Δl - sumaryczna wielkość deformacji napełnionego opakowania [mm],
- b - sumaryczna grubość ścianek opakowania z uwzględnieniem elementów zwiększających jego wymiary (burty, rączki, itp.) [mm],
- c - wielkość luzu niezbędnego do układania opakowań [mm],
- f - łączny wymiar elementów uzupełniających (przekładki, przegródki, itp.) [mm],
- k - liczba opakowań jednostkowych w rzędzie dla jednego wymiaru wewnętrznego opakowania transportowego [sztuk].

Jako zadanie optymalizacyjne przyjęto znalezienie maksimum funkcji, która opisuje liczbę ładunków jednostkowych w opakowaniach zbiorczych umieszczonych na palecie:

$$f(l_{jD}, l_{jS}, l_{jH}, K_D, K_S, K_H) \rightarrow \max \quad (2)$$

gdzie:

- l_{jD} - teoretyczna długość zewnętrzna opakowania jednostkowego [mm],
- l_{jS} - teoretyczna szerokość zewnętrzna opakowania jednostkowego [mm],
- l_{jH} - teoretyczna wysokość zewnętrzna opakowania jednostkowego [mm],
- K_D - liczba opakowań zbiorczych w rzędzie (wzdłuż boku D_p) [sztuk],
- K_S - liczba opakowań zbiorczych w rzędzie (wzdłuż boku S_p) [sztuk],
- K_H - liczba opakowań zbiorczych w kolumnie (wzdłuż wysokości H_p) [sztuk].

Korzystając ze wzoru (1) i dokonując odpowiednich przekształceń otrzymujemy funkcję celu w postaci:

$$f(l_{jD}, l_{jS}, l_{jH}, K_D, K_S, K_H) = \frac{D_p - \alpha_1 \cdot K_D - \alpha_D}{l_{jD}} \cdot \frac{S_p - \alpha_2 \cdot K_S - \alpha_S}{l_{jS}} \cdot \frac{H_p - \alpha_3 \cdot K_H - \alpha_H - h_p}{l_{jH}} \quad (3)$$

gdzie:

- α_1 - sumaryczna wielkość deformacji i grubości ścianek wyznaczona dla długości opakowania zbiorczego [mm];

- α_2 - sumaryczna wielkość deformacji i grubości ścianek wyznaczona dla szerokości opakowania zbiorczego [mm];
 α_3 - sumaryczna wielkość deformacji i grubości ścianek wyznaczona dla wysokości opakowania zbiorczego [mm];
 α_D - łączny wymiar luzu i elementów wypełniających między opakowaniami zbiorczymi, zastosowane wzdłuż długości palety [mm];
 α_S - łączny wymiar luzu i elementów wypełniających między opakowaniami zbiorczymi, zastosowane wzdłuż szerokości palety [mm];
 α_H - łączny wymiar luzu i elementów wypełniających między opakowaniami zbiorczymi, zastosowane wzdłuż wysokości palety [mm];
 h_p - wysokość palety [mm].

Często dziedziną funkcji celu jest ograniczona (tzn. że zmienne decyzyjne nie mogą przyjmować dowolnych wartości), mamy wtedy do czynienia z optymalizacją z ograniczeniami [2].

Zmienne l_{jD}, l_{jS}, l_{jH} są zdeterminowane wymiarami zewnętrznymi opakowania jednostkowego i przyjmują wartości liczbowe wyznaczone ze wzoru (1).

Zmienne K_D, K_S, K_H są również zdeterminowane i przyjmują wartości liczbowe, które podstawione do równań (4), (5) i (6) dają w wyniku zalecane np. przez FEFCO (European Federation of Corrugated Board Manufacturers czyli Europejska Federacja Producentów Tektury) wymiary (AxBxH) opakowań zbiorczych:

$$\frac{D_p - \alpha_D}{K_D} - \Delta L_D = A \quad (4)$$

$$\frac{S_p - \alpha_S}{K_S} - \Delta L_S = B \quad (5)$$

$$\frac{H_p - \alpha_H - h_p}{K_H} - \Delta L_H = H \quad (6)$$

gdzie:

- ΔL_D - sumaryczna wielkość deformacji długości napełnionego opakowania zbiorczego [mm],
 ΔL_S - sumaryczna wielkość deformacji szerokości napełnionego opakowania zbiorczego [mm],
 ΔL_H - sumaryczna wielkość deformacji wysokości napełnionego opakowania zbiorczego [mm].

Obliczenia można wykonać korzystając z programów komputerowych, przykładem jest SOLVER – narzędzie dostępne w Microsoft Excel.

3. WNIOSKI

Zagadnienie maksymalizacji ilości ładunków jednostkowych, umieszczanych na paletach jest bardzo istotne z punktu widzenia racjonalnego wykorzystania możliwości ładunkowych środków transportu. O zdolności przewozowej środków transportu decydują między innymi wymiary przestrzeni ładunkowej, zależne od jej szerokości, długości i wysokości. Natomiast w odpowiednich normach dotyczących stopnia wykorzystania możliwości ładunkowych palet, uwzględnia się tylko jej powierzchnie. W związku z tym w artykule zaproponowano uwzględnienie wszystkich trzech wymiarów, w procesie optymalizacji paletowej jednostki ładunkowej. Opracowano procedurę tejże optymalizacji, którą można wykonać posługując się programami komputerowymi.

4. BIBLIOGRAFIA

- [1] Jakubowski L.: *Technologia prac ładunkowych*, Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa 2003.
- [2] Stadnicki J.: *Teoria i praktyka rozwiązywania zadań optymalizacji*, Warszawa, Wydawnictwa Naukowo-Techniczne 2006.
- [3] Stokłosa J.: Harmonizacja standardów intermodalnych jednostek ładunkowych w UE, *Spedycja Transport Logistyka* 3/2003.
- [4] Ustawa „*O opakowaniach i odpadach opakowaniowych*”, Dz.U. 01.63.638.