

WYBRANE ZAGADNIENIA OPTIMALNEGO PROJEKTOWANIA JEDNOSTKI PALETOWEJ

W artykule przedstawiono zagadnienia związane z optymalizacją projektowania paletowej jednostki ładunkowej. Zaproponowana została funkcja celu, która uwzględnia obowiązujące przepisy i zwyczaje stosowane w obrocie ładunkami, umieszczonymi na paletach.

WSTĘP

Opakowania transportowe-magazynowe są formowane między innymi 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].

Opakowaniami w rozumieniu Ustawy „O opakowaniach i odpadach opakowaniowych” są to wprowadzone do obrotu wyroby wykonane z jakichkolwiek materiałów, przeznaczone do przechowywania, ochrony, przewozu, dostarczania lub prezentacji wszelkich produktów, od surowców do towarów przetworzonych [5].

Jedną z form jednostki ładunkowej jest paletowa jednostka ładunkowa. Czyli towar umieszczony i zabezpieczony na odpowiedniej platformie, przeznaczonej do przenoszenia i składowania towarów mniejszych lub równych swojej wielkości. W obrocie towarowym stosowane jest wiele rodzajów palet. Według Polskiego Komitetu Międzynarodowego EPAL w Polsce znajduje się kilkadziesiąt milionów palet.

W praktyce najczęściej formowane są jednostki ładunkowe z wykorzystaniem klasycznej palety EUR1, jest ona najpopularniejszym typem drewnianej platformy do przewozu towarów w Europie. Użytkowane rodzaje palet EUR przedstawiono na rys.1.

a)



b)



c)



d)



Rys. 1. Palety EUR: a) EUR 1, b) EUR 2, c) EUR 3, EUR 6 [6]

W praktyce gospodarczej możemy spotkać się z szeregiem innych palet, różniących się między innymi:

- rozmiarami,
- ładownością,
- materiałem, z którego są wykonane,
- kształtem,
- przeznaczeniem.

Produkcja, naprawa i użytkowanie palet jest regulowana wieloma przepisami krajowymi i międzynarodowymi. Do najważniejszych można zaliczyć:

- PN-EN 13698-1 – norma określająca wymagania produkcyjne dotyczące palet płaskich drewnianych o wymiarach 800 mm x 1200 mm,
- Karta UIC 435-2 - norma jakościowa dla europejskiej palety płaskiej z drewna 4 wejściowej o wymiarach 800 x 1200mm,
- Karta UIC 435-3 - norma jakościowa dla europejskiej 4 wejściowej palety skrzyniowej "Y" ze stali o wymiarach 800 x 1200 mm
- Karta UIC 435-4 – dotyczy zasad naprawy palet płaskich EUR i palet skrzyniowych "Y" EUR.

1. PROJEKTOWANIE PALETOWEJ JEDNOSTKI ŁADUNKOWEJ

Zgodnie z zaleceniami wynikającymi z literatury przedmiotu, kształtując jednostkę ładunkową dąży się aby stopień wykorzystania palety był jak największy. W zależności od rodzaju ładunku wykorzystanie palety możemy wyrazić przez:

- wskaźnik objętościowy

$$W_o = \frac{V_l}{D_p \cdot S_p \cdot (H_p - h_p)} \cdot 100\% \quad (1)$$

gdzie: V_l – objętość ładunku [m³], D_p – długość palety [m], S_p – szerokość palety [m], H_p – dopuszczalna wysokość jednostki ładunkowej [m], h_p – wysokość palety [m].

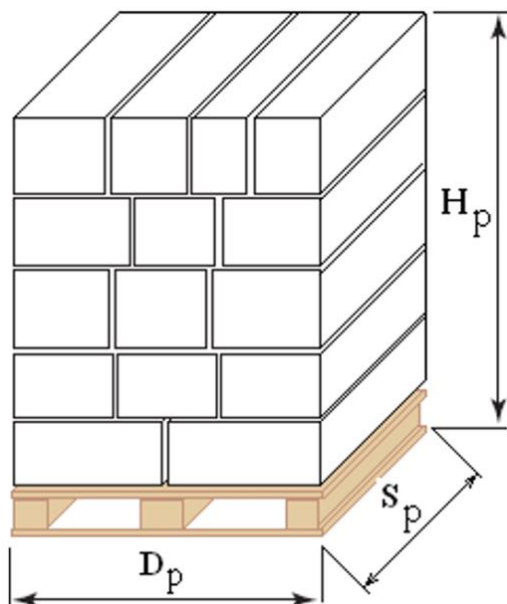
- wskaźnik masowy

$$W_m = \frac{M_l}{M_d} \cdot 100\% \quad (2)$$

gdzie: M_l – masa ładunku [kg], M_d – dopuszczalne obciążenie palety [kg].

Dla ładunków lekkich wiodącym wskaźnikiem jest (1), dla ciężkich (2).

Podstawową zasadę przy formowaniu paletowej jednostki ładunkowej jest to, aby układane na palecie ładunki nie wystawały poza jej wymiary gabarytowe (rys. 2). Za wymiary gabarytowe należy przyjąć znormalizowane wymiary jednostki ładunkowej, przedstawione w normach polskich i międzynarodowych (PN-89/O-79021 „Opakowania. System wymiarowy” i PN-93/M-78003 „Wielkości jednostek ładunkowych. Wymiary” – tłumaczenie normy ISO 3676:1983).



Rys. 2. Wymiary gabarytowe jednostki paletowej

Wymiar H_p - może odbiegać od wartości znormalizowanej, gdyż firmy świadczące usługi transportowe dopuszczają inne wartości (np. PKAES S.A. 1800mm, DHL 2100mm).

W dalszej części opracowania została zaproponowana funkcja celu, możliwa do zastosowania w optymalizacji jednostki paletowej, na której są układane ładunki w opakowaniach tekturowych. Problem obliczeniowy polega na znalezieniu parametrów, dla których funkcja celu osiąga największą bądź najmniejszą wartość.

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

$$l_j = l + \Delta l + b + \frac{c}{k} + \frac{f}{k} \quad (3)$$

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 napelnionego 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].

Korzystając ze wzoru (3) i dokonując odpowiednich przekształceń otrzymujemy funkcję celu w postaci:

$$f(K_D, K_S, K_H) = \frac{D_p - \alpha_1 \cdot K_D - \alpha_D}{l_{jD}} \cdot \frac{S_p - \alpha_2 \cdot K_S - \alpha_S}{l_{jS}} \cdot \frac{H_p - \alpha_3 \cdot K_H - \alpha_H - h_p}{l_{jH}} \rightarrow \max \quad (4)$$

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].

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 [4].

Zmienne K_D, K_S, K_H są zdeterminowane i przyjmują wartości liczbowe zależne od:

- wymiarów opakowań zalecanych np. przez FEFCO (European Federation of Corrugated Board Manufacturers czyli Europejska Federacja Producentów Tektury).
- masy ładunków - w związku z tym, że prace kompletacji i dekompletacji jednostek paletowych wykonywane są ręcznie dopuszczalne wartości podnoszonych i przenoszonych ciężarów są określone w polskich normach [3].

Ponadto o liczbie warstw opakowań zbiorczych umieszczonych na palecie – czyli o ostatecznej wartości K_H decyduje odporność opakowania na ściskanie BCT (Box Compression Test). Stosując odpowiednią metodę badania, określa się odporności na ściskanie gotowego, uformowanego opakowania. Metoda ta pozwala określić:

- maksymalny nacisk jaki jest w stanie wytrzymać gotowe opakowanie,
- ilość warstw, w jakich opakowania z zawartością mogą być składowane.

Wyznaczanie BCT polega na umieszczeniu opakowania pomiędzy dwiema płytami ściskającymi. W teście ściskania zwiększa się nacisk płyt, aż do momentu wystąpienia odkształceń powodujących utratę wytrzymałości. W teście składowania wywiera się określony nacisk przez określony czas lub do momentu wystąpienia odkształceń.

Dla opakowań wykonanych z tektury empiryczny wzór jest następujący [2]:

$$BCT = 5,87 \sqrt{2 \cdot (A + B) \cdot gr} \cdot ECT \quad [\text{kg}] \quad (5)$$

gdzie:

- A – długość opakowania zbiorczego [m],
 B – szerokość opakowania zbiorczego [m],
 gr – grubość tektury [mm],
 ECT – wskaźnik wytrzymałości tektury na ściskanie kolumnowe [kN/m].

W praktyce istotniejszy jest wskaźnik $BCT_{0,6}$, który uwzględnia pomniejszenie wytrzymałości opakowania spowodowane np. działaniem czynników klimatycznych:

$$BCT_{0,6} = 0,6 \cdot BCT \quad [\text{kg}] \quad (6)$$

Test BCT jest sposobem na racjonalizację kosztów opakowania, czyli produkowanie takich, które wymaganą wytrzymałość BCT uzyskują przy jak najniższych kosztach materiału użytego do produkcji opakowania.

PODSUMOWANIE

Projektowanie paletowych jednostek ładunkowych jest zagadnieniem złożonym, wymaga uwzględnienia wielu czynników. Oczywistym jest, że dobrze zaprojektowana jednostka ładunkowa – to jednostka optymalna pod względem wymiarowym i/lub masowym.

Właściwie zaprojektowana jednostka ładunkowa pozwala racjonalnie wykorzystać możliwości ładunkowe środków transportu oraz magazynów. A to w znacznej mierze decyduje o kosztach funkcjonowania firm biorących udział w obrocie towarowym, bazującym na ładunkach umieszczonych na paletach.

W artykule zaprezentowano wybrane zagadnienia związane z optymalnym kształtowaniem paletowej jednostki ładunkowej. Zaproponowana została funkcja celu, uwzględniająca kryteria ograniczające obszar poszukiwania optymalnego rozwiązania. Kryteria ograniczające uwzględniają parametry należące do grupy:

- wymiarowej,
- masy ładunków,
- odporności na ściskanie.

BIBLIOGRAFIA

1. Jakubowski L.: Technologia prac ładunkowych, Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa 2003.
2. PN-EN ISO 12048:2004. *Metoda badania odporności opakowania na ściskanie*.
3. Rozporządzenie Ministra Pracy i Polityki Społecznej „W sprawie bezpieczeństwa i higieny pracy przy ręcznych pracach transportowych”, Dz.U.00.26.313 i Dz.U.02.127.1092
4. Stadnicki J.: Teoria i praktyka rozwiązywania zadań optymalizacji, Warszawa, Wydawnictwa Naukowo-Techniczne 2006.
5. Ustawa „O opakowaniach i odpadach opakowaniowych”, Dz.U. 01.63.638.
6. http://www.epal.org.pl/index.php?strona=rodzaje_palet_EUR

Selected issues of optimized design of a pallet unit

The article presents issues related to design optimization of a pallet transport unit. A goal function has been proposed, which takes into consideration binding provisions of law and customs applied in the distribution of cargo placed on pallets.

Autor:

dr inż. **Ignacy Bomba** – Uniwersytet Technologiczno-Humanistyczny im. Kazimierza Pułaskiego w Radomiu, tel. (048) 361-77-83, i.bomba@uthrad.pl

JEL: L62 DOI: 10.24136/atest.2018.220

Data zgłoszenia: 2018.05.28 Data akceptacji: 2018.06.15