

Cees J. Tilburgs\*

Grupa Nedcon – Holandia

# Regały dla poprawnie użytkowanych wózków (Cz. 2)

## Projektowanie regałów z uwzględnieniem dynamiki wózków widłowych

### Co znaczy „regały wystarczająco bezpiecznie”?

Prawdziwsza i częściej używana definicja brzmi:

*„świadoma zgoda na ryzyko wypadku, które jest jeszcze do przyjęcia”.*

„Świadoma zgoda” oznacza, że zdajemy sobie sprawę z możliwości występowania wypadków. „Do przyjęcia” oznacza, że zaryzykujemy wypadki do poziomu zaakceptowanego przez społeczeństwo. Przy czym ważną rolę odgrywa tu zależność pomiędzy uwzględnionym w procesie projektowania ryzykiem wypadków (liczba wypadków, ich stopień) a opłacalnością wykonania odpornych na nie regałów.

Należy pamiętać, że zakres ryzyka wystąpienia kolizji akceptowalny przez użytkowników zmienia się z upływem czasu, ponieważ zmienia się również nasza ocena bezpieczeństwa. Przykładowo, kryteria bezpieczeństwa jakim powinny dzisiaj odpowiadać samochody są znacznie ostrzejsze niż 25 lat temu.

### Między bezpiecznym użytkowaniem a wypadkiem.

W przypadku konstrukcji nośnych, a więc również regałów paletowych, jako „wystarczająco bezpieczne” przyjmuje się: „wystarczającą minimalnie gwarantowaną rezerwę pomiędzy obliczonymi naprężeniami powstającymi podczas użytkowania regałów a naprężeniami przy których konstrukcja ulega zniszczeniu.” (ryc. 27)

Określenie „minimalnie zagwarantowana” znaczy, że przy projektowaniu uwzględnia się dane, które pozwalają stwierdzić pewność obliczeń. Aby móc polegać na obliczeniach bierze się pod uwagę między innymi:

- minimalnie gwarantowane właściwości konstrukcyjne stali, z której są produkowane elementy regału (stal atestowana);
- znormalizowane metody wykonania prób potrzebnych do ustalenia konstrukcyjnych właściwości elementów regału (zob. ryc. 3,7 i 11);
- odpowiednią interpretację statystycznych wyników prób, mającej na celu ustalenie charakterystycznych wartości w procesie projektowania;
- najbardziej niekorzystne błędy montażowe konstrukcji, które są jeszcze akceptowalne (dotyczy to np. wypoziomowania ram, podkładek, zakotwienia).

Stwierdzenie „obliczone naprężenie” oznacza wynik, który uzyskuje się drogą obliczeniową. Jest niemożliwe, aby regał zaaprobować do użytku dopiero po jego zmontowaniu i próbnym obciążeniu.

Obliczone obciążenie niszczące jest pewne gdy:

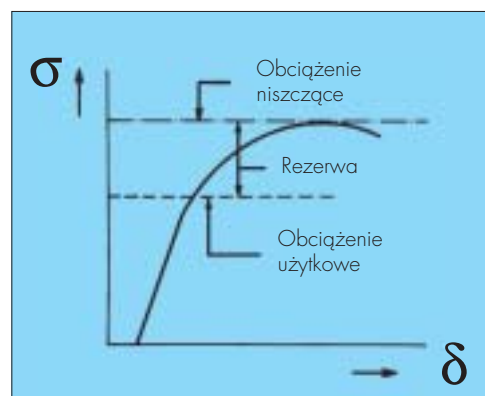
- do obliczeń konstrukcji regału przyjęto odpowiedni schemat statyczny, zgodnie z zasadami mechaniki ogólnej i statyki, (zobacz np. FEM 10.2.02 jako przykład obliczeniowy);
- przewidywany sposób użytkowania regału jest w odpowiedni sposób „przełożony” na obciążenia, które

**Tab. 2.** Współczynniki związane z niewłaściwym użytkowaniem:  $\Upsilon = \Upsilon_{\text{użytkowanie}} \times \Upsilon_M \times \Upsilon_f$

Sposób użytkowania	$\Upsilon$ użytkowanie
Magazyn automatyczny z układarkami	1.0
Magazyn z wąskimi drogami	1.1
„Spokojny” magazyn z wózkami widłowymi	1.1
„Normalny” magazyn z wózkami widłowymi	1.2
„Gorączkowy” magazyn z wózkami widłowymi	1.5

również uwzględnia się w procesie projektowania.

Współczynnik materiału  $\Upsilon_M$  zależy od używanego materiału i jest ustalany na podstawie prawdopodobieństwa zaniżenia wyspecyfikowanych właściwości (np. tolerancje przekroju). Przykładowo w „Eurocode” wynosi on



**Ryc. 27.** Wykres typowego naprężenia przy wzroście obciążenia do momentu zniszczenia regału.

\* Autor jest: – dyrektorem technicznym Grupy Nedcon posiadającą fabryki regałów w Holandii i w Czechach oraz przedstawicielstwa handlowe w 9 krajach europejskich (m. in. Nedcon Silesia we Wrocławiu) i w Stanach Zjednoczonych; – przewodniczącym Komitetu Technicznego FEM Sekcji X – WG2 i WG3 (zajmującej się projektowaniem regałów w Europejskim Zrzeszeniu Branżowym Producentów Regałów w ramach Federation Européenne de la Manutention); – przewodniczącym Holenderskiego Komitetu Technicznego dla Eurocode – część 1.3 (zimmowalcowane przekroje i blachy)



**Ryc. 28.** Przykład poważnego uszkodzenia słupa na wysokości około 1m nad posadzką. Regał był "normalnie" używany

dla stali  $\gamma_M = 1,1$ ; dla płyt wiórowych,  $\gamma_M = 1,3$ ; dla betonu,  $\gamma_M = 1,5$ .

W tabeli 1 (I część artykułu, Logistyka 1/2001 s. 39) podane są wartości  $\gamma_f$ , które przyjmuje się w poszczególnych krajach do ustalenia maksymalnego dozwolonego ciężaru palet, stosowanego przy projektowaniu regałów. Z powyższych rozważań wynika, że rezerwa bezpieczeństwa powinna być oceniana również w odniesieniu do sił poziomych (występujących w czasie procesu obsługi regałów)  $H_{obst}$  i obliczeniowego odchylenia regału od pionu.



**Ryc. 29.** Przykład poważnego uszkodzenia słupa. Regał był "normalnie" używany



**Ryc. 30.** Przykład tylnej belki z trzema paletami po poważnej kolizji w skutek zbyt dużego pochylenia widel i zbyt niskiego wjazdu do regału. Palety jeszcze "normalnie" leżą na belce

### Zależność sposobu użytkowania regału a odpowiednie siły projektowe

Nawiązując do podrozdziału „Oddziaływanie wózka widłowego na regał paletowy” (I część artykułu Logistyka 1/2001, s. 36) można stwierdzić, że przemysł regałów paletowych nie uwzględnia przy projektowaniu regałów żadnej siły poziomej, powstającej przy wkładaniu i pobieraniu palet przez wózek widłowy lub przyjmuje stosunkowo małą jej wartość – 0 kN – 0,5 kN. Należy podkreślić, że wielkość ta nie musi być uwzględniana jako obciążenie poprzeczne brane do obliczeń stężenia ramy (poziome i skośne profile łączące słupy). Nasuwa się więc pytanie, czy stopień bezpieczeństwa wynikający z tego sposobu projektowania odpowiada normom bezpieczeństwa i ochrony zdrowia? Inne pytanie, jakie pojawia się przy ogólnej ocenie bezpieczeństwa (Cen-Cenelec Memorandum Nr 9) to: „Jak należy zdefiniować stopień nieprawidłowego użytkowania regału?” lub też „Jak uwzględnić nieprawidłowe użytkowanie w projektowaniu regałów?”.

Są to zagadnienia, które interesują użytkownika regałów dopiero przy analizie przyczyn wypadku (np. uszkodzenia – ryc. 28, 29, 30 lub zawalenia regału ryc. 31). Dopiero wtedy okazuje się, że użytkownik jest zdziwiony stosunkowo małymi przyjętymi wielkościami sił poziomych jako wpływ użytkownika wózka widłowego na konstrukcję regału.

Wydaje się celowym, aby producenci regałów uzgadniali wyżej omawiane problemy z użytkownikami regałów jak i z instytucjami, które mogą być włączone do oceny zaistniałego wypadku, zwłaszcza, gdy miało miejsce zranienie lub śmierć człowieka.

Zwraca się uwagę, aby autorzy polskiej dyrektywy IL-B001 i polskiej normy M-78321, która zawiera odnośnik do normy B-02004, byli świadomi tej problematyki. (Patrz również na Tab. 1 – wartość  $H_{acc}$  i odnośnik 3).

Wskazanim byłoby uwzględnienie następujących zagadnień przy wykonywaniu projektu regałów paletowych oraz późniejsze włączenie ich do kontraktu lub zamówienia:

- ustalenie założeń technicznych, przyjmowanych przy projektowaniu, które jednoznacznie opisują sposób obliczenia nośności regałów paletowych, np. powszechnie stosowana w Europie dyrektywa FEM 10.2.02;
- zdefiniowanie tzw. „współczynnika użytkowania” ( $\gamma_{uzytkowanie}$ ). Jest to dodatkowy element dla współczynnika bezpieczeństwa FEM ( $\gamma_M$ ,  $\gamma_f$ ), który powoduje, że regał jest bardziej odporny na uszkodzenia. Uwzględnia się tu prawdopodobieństwo wystąpienia nieprawidłowej obsługi regału przez operatora wózka widłowego. Współczynnik ten jest zależny od sposobu użytkowania (zob.: tab. 2);
- przestrzeżenie wymaganych odle-



**Ryc. 31.** Awaria regałów

głości, gwarantujących wystarczający obszar manewrowy dla wózków. (zobacz I część artykułu i FEM 10.2.03);

- d. umieszczenie odpowiednich wolnostojących elementów ochronnych w narożnikach regałów (ryc. 32 i 33) i w przejściach pod regałem.

Uwaga: Ze względu na polskie normy B-02004 i dyrektywę II-B001, w polskich projektach zaleca się wyposażać każdy słup przy drodze manipulacyjnej w wolno stojącą ochronę. Należy przy tym odpowiednio powiększyć szerokość tej drogi manipulacyjnej.

#### Przeglądy okresowe

W praktyce, nawet przy wykwalifikowanym zespole operatorów wózków

i przy odpowiednich obszarach manewrowania, na skutek nieumyślnego błędu obsługi, może dojść do istotnego uszkodzenia słupów lub belek. Nikt przecież nie jest nieomylny. W takim przypadku zmniejsza się nośność uszkodzonych części regału. Przy poważnym uszkodzeniu (ryc. 28, 29, 30) redukcja nośności może być tak duża, że obciążenie przy którym regał ulega zniszczeniu zbliża się do obciążenia jakie zostało podane przez producenta jako dozwolone obciążenie użytkowe. Istnieje wtedy bezpośrednio niebezpieczeństwo wypadku!! Schematycznie sytuacja ta jest pokazana na ryc. 34.

Uszkodzenia regału mogą mieć bardzo poważne konsekwencje, dlatego należy koniecznie przestrzegać następujących zasad:

- a. Po spowodowaniu lub zauważeniu



**Ryc. 32.** Wolnostojąca ochrona ramy, montowana w narożach rzędu regału paletowego. Zobacz również ryc. 1 w I części artykułu („Logistyka” nr 1/2001 s. 33)

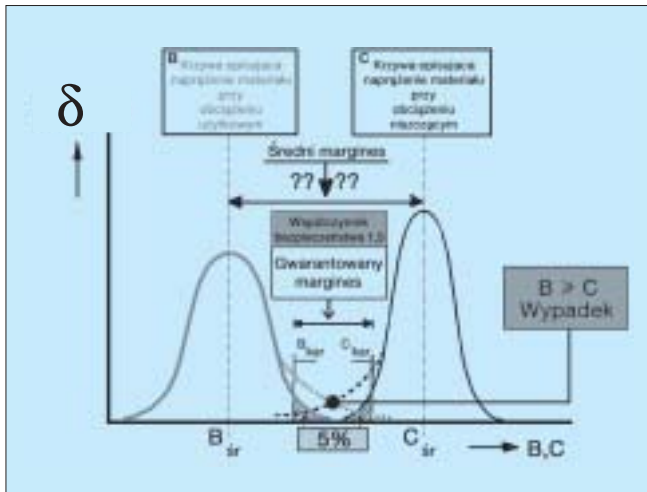


**Ryc. 33.** Wolnostojąca ochrony słupa regału

uszkodzenia, należy niezwłocznie poinformować o tym wyznaczoną i kompetentną osobę.

- b. W przypadku uszkodzenia belki należy niezwłocznie odciążyć dany poziom i wymienić belkę.
- c. Gdy słup regału jest uszkodzony, nie można używać kolumn regałowych po obu stronach słupa. Należy wyjąć składowane w nich palety. Wyjątkowo dozwolone jest użytkowanie tych kolumn ale z obciążeniem tylko do 70% obciążenia dopuszczonego przed uszkodzeniem ( $1/1,5 = 0,67$ ;  $1/1,43 = 0,70$ ) oraz pod warunkiem, że obsługa techniczna jest w stanie zapewnić nie przekraczanie obniżenia 70% wartości obciążenia. Uszkodzony słup musi zostać jak





**Rys. 34.** Schematyczne przedstawienie ryzyka zawalenia się regału. W wyniku uszkodzenia nośność C jest zmniejszona. Przez niewłaściwą obsługę regału obciążenie może wzrastać w stosunku do zaprojektowanego obciążenia (zależne od rzeczywistych aktualnych ciężarów palet). Kiedy nośność jest mniejsza od działających na regał sił, występuje awaria regału

najszybciej wymieniony lub w odpowiedni sposób naprawiony.

d. Wymagane jest dokonywanie regularnych przeglądów okresowych ze szczególnym zwróceniem uwagi na stan regałów i sposób ich użytkowania. Przegląd musi być przeprowadzany przez osobę z dostateczną znajomością konstrukcyjnych właściwości regałów. Przeglądy powinny odbywać się przynajmniej raz w roku lub częściej, jeśli w magazynie rejestruje się dużą liczbę uszkodzeń. Osobą kompetentną do dokonywania przeglądów jest odpowiednia osoba reprezentująca producenta regałów. W niektórych krajach istnieją również niezależni wykwalifikowani konsultanci, którzy często są jednak związani z producentami regałów.

W celu szybkiej wymiany uszkodzonych części zaleca się posiadanie rezerwy kilku belek i ram regałowych lub słupów razem z profilami stężącymi ramy.

Nie jest prostą sprawą jednoznaczne stwierdzenie, czy opisane wyżej działania są konieczne. Nigdzie też nie jest ustalone, czy i w jakim stopniu podczas użytkowania regału poziom bezpieczeństwa może się obniżyć w stosunku do pierwotnego poziomu na skutek niewielkich uszkodzeń. Europejskie zrzeszenie branżowe FEM Sekcja X nie zajęło jeszcze ostatecznego

stanowiska, które obniżają nośność regału, mogą doprowadzić do poważnych wypadków. Ryc. 31 pokazuje wypadek w magazynie z regałami paletowymi, gdzie wystąpiły uszkodzenia prezentowane na ryc. 28-30. Regały o mocno obniżonej nośności były jednak dalej normalnie użytkowane, co w rezultacie doprowadziło do poważnego wypadku. Zniszczeniu uległy regały oraz składowany na nich towar. Dobrze, że nie ucierpiał żaden z pracowników obsługujących magazyn. Ze względu na powagę sprawy użytkownik zwrócił się do niezależnego biura inżynierskiego, specjalizującego się w dziedzinie regałów magazynowych. Ekspertyza wykazała, że konstrukcja regałów paletowych odpowiadała „Założeniom Technicznym”, zarówno zawartych w normie FEM 10.2.02 jak i w niemieckim RAL RG 614 połączonym z DIN 18800. Stwierdzono, że przyczyną tak groźnego wypadku były poważne uszkodzenia regałów powstałe w wyniku uderzeń wózkami.

#### Podsumowanie

Regały paletowe są projektowane przede wszystkim na przenoszenie obciążeń pionowych (ciężary palet), w dużo mniejszym stopniu odporne są na siły poziome powodowane niewłaściwą obsługą wózków. Jest to widoczne kiedy porównamy wymiary słu-

pa regału z wymiarami i energią kinetyczną wózka widłowego (masa około 4000 kg; szybkość 5 do 15 km/godz). Z tego też powodu regał nie jest „odporny” na oddziaływanie wózka.

pa regału z wymiarami i energią kinetyczną wózka widłowego (masa około 4000 kg; szybkość 5 do 15 km/godz). Z tego też powodu regał nie jest „odporny” na oddziaływanie wózka.

Bezpieczne użytkowanie regałów wymaga przestrzegania następujących zasad:

1. Operator wózka musi być wykwalifikowany.
2. Obsługa regałów musi się odbywać we właściwy sposób.
3. Palety muszą być dobrej jakości a wymiary i ciężar palety wraz z ładunkiem nie mogą przekraczać założonych wartości.
4. Umiejscowienie i konfiguracja regału musi zapewniać wystarczający obszar manewrowy dla wózka. Przy czym trzeba zwrócić uwagę na promień skrętu wózka widłowego i wózków używanych do kompletacji zamówień.
5. Przy zakupie regałów zaleca się uwzględnić pewną rezerwę nośności (przewymiarowej).
6. Należy stosować wolno stojące ochrony przynajmniej przy narożnikach regału i w przejściach pod regałem. Polska norma B-02004 i dyrektywa II-B001 zaleca stosowanie ochrony również przy wszystkich słupach, które graniczą z drogą magazynowania.
7. W przypadku widocznego uszkodzenia konstrukcji regałowej należy bezzwłocznie podjąć odpowiednie działania. Przeglądy okresowe muszą być przeprowadzone przez osobę wykwalifikowaną w zakresie stanu utrzymania (z uwzględnieniem uszkodzeń powodowanych przez wózki) i sposobu użytkowania konstrukcji regałowych.

Na końcu należy jeszcze zwrócić uwagę na to, że większość omówionych w tym artykule zagadnień, dotyczących ramowych regałów paletowych odnosi się również do innych typów regałów, obsługiwanych przez wózki widłowe, jak np. regałów wjezdnych.

*Tłumaczenie z języka holenderskiego: ing. Ruben Nooitgedagt, spec. d/s techniczno-handlowych, Nedcon Silesia Sp. z o. o.*