METODA WYZNACZANIA WSPÓŁCZYNNIKA „k” UCHWYTÓW MOCOWANIA ŁADUNKU

W artykule opisany został doświadczalny sposób (wg PN- EN 12195-1: 2003) wyznaczenia współczynnika k przeniesienia siły naciągu pasa transportowego przy zastosowaniu uchwytów mocowania ładunku. Współczynnik „ k ” charakteryzujący stosunek przeniesienia siły przez pas transportowy musi się zawierać w przedziale $1,5 \div 2,0$. Dla pasa z napinaczem po jednej stronie współczynnik przeniesienia siły $k=1,5$. Norma EN 12195-1:2003 przewidywała możliwość zwiększenia współczynnika „ k ” dla pasa z jednym napinaczem pod warunkiem udokumentowanego określenia siły naciągu pasa po stronie bez napinacza. W opracowaniu autorzy chcieli przedstawić przyjętą metodę wyznaczenia współczynnika „ k ” z zastosowaniem uchwytów mocowania ładunku.

WSTĘP

Zapewnienie bezpieczeństwa transportu przewożonych ładunków przez pojazdy ciężarowe stanowi ważny i skomplikowany proces logistyczny, mający na celu zminimalizowanie ryzyka wystąpienia wypadku (niekiedy tragicznego w skutkach), spowodowanego niekontrolowanym przemieszczeniem się transportowanego ładunku. Na bezpieczeństwo transportowanego ładunku ma wpływ szereg czynników, gdzie jedną z najistotniejszych kwestii stanowi sposób zamocowania ładunku. Najczęściej stosowaną metodą mocowania ładunku jest użycie pasów transportowych, rzadziej stosuje się mocowania łańcuchowe oraz inne. W zależności od regionu świata, a co za tym idzie różnych rozporządzeń i regulacji prawnych odnośnie transportu ładunku, liczba stosowanych pasów transportowych do zabezpieczenia takiego samego ładunku w takich samych warunkach może być różna.

Jedną z najbardziej restrykcyjnych norm w kwestii zamocowania transportowanego ładunku była europejska norma EN 12195-1:2003, dla której obliczeniowa minimalna liczba pasów transportowych, wymaganych do zamocowania ładunku była zazwyczaj większa (rys 1a), niż w przypadku obliczeń obowiązującymi w innych regionach świata normami (rys 1b) np. USA, Australia [1].

a) Najwyższe wymagania, 57 pasów (EN 2003 / ALRG)

b) Najniższe wymagania 4 pasy (NACSS)

Rys.1. Najwyższe i najniższe wymagania dla mokrej i brudnej powierzchni bez blokowania [1].

Konieczność zastosowania większej ilości pasów zabezpieczających ładunek powodowała podniesienie kosztów transportu oraz zwiększenie czasu potrzebnego do przygotowania ładunku do transportu. Jednym z powodów, które powodowały że liczba pasów transportowych wymaganych wg. EN 12195-1:2003 była większa, niż w przypadku obliczeń innymi normami, to przyjęcie przez ustawodawcę, że wartość współczynnika „ k ” charakteryzującego stosunek przeniesienia siły przez pas transportowy i musi się zawierać w przedziale $1,5 \div 2,0$. W w/w normie współczynnik „ k ” dla pasa z napinaczem po jednej stronie (najczęściej stosowane) wskazywał,

że siła po stronie bez napinacza jest o 50% (w wyniku powstałego tarcia pomiędzy pasem i ładunkiem oraz zmiany kierunku pasa w punktach docisku) mniejsza, niż po stronie naciągu więc wymaga przyjęcie współczynnika przeniesienia siły $k=1,5$. Natomiast dla pasa z dwoma napinaczami współl. „ k ” wynosi 2.0. Norma EN 12195-1:2003 przewiduje możliwość zwiększenia współczynnika „ k ” dla pasa z jednym napinaczem pod warunkiem udokumentowanego określenia siły naciągu pasa po stronie bez napinacza.

Dzięki zwiększeniu przyjętej wartości „ k ” osiągamy zmniejszenie liczby wymaganych pasów dla zamocowania określonego ładunku, a co za tym idzie oszczędności czasu i środków dla firm transportowych. Zwiększenia wartości współczynnika „ k ” może odbywać się różnymi metodami. Jedną z nich jest zastosowanie ochraniaczy pasów transportowych. Elementy te są zalecane m.in. przez Międzynarodową Unię Transportu Drogowego [3]. Ochraniające ładunków, a zarazem pasów transportowych są obecnie powszechnie wykorzystywane w transporcie drogowym i stanowią standardowe wyposażenie niemal wszystkich pojazdów świadczących usługi transportowe. Korzyści wynikające z zastosowania uchwytów (ochraniaczy) ładunku to m.in.: zabezpieczenie przed zniszczeniem (zgnieceniem) transportowanego towaru przez napinany pas, ochrona samego pasa oraz uzyskanie równomiernego rozkładu siły na całej długości pasa czyli zwiększenie Współczynnika „ k ”.

Obecnie norma EN12195-1:2003 została zastąpiona normą EN12195-1:2010 później EN12195-1:2011 która znosi współczynnik „ k ” niemniej w świadomości konsumenckiej oraz producentów nadal funkcjonuje potrzeba, aby obecnie produkowane ochraniacze ładunków były przebadane pod kątem przeniesienia siły naciągu pasa transportowego. Z tego powodu na zlecenie projektantów i producentów autorzy zdecydowali się przeprowadzić przedstawione w artykule badania mając świadomość nie występowania współczynnika „ k ” w aktualnie obowiązującej normie.

1.1. Współczynnik przeniesienia siły „ k ”

W normie EN 12195-1:2003 „Zestawy do utwierdzania ładunków na pojazdach drogowych -- Bezpieczeństwo -- Część 1: Obliczanie sił mocowania”

Na rys.2. przytoczono wytyczne normowe do przyjmowania współczynnika „ k ”.

6.2 Przenoszenie siły podczas mocowania ciernego

Podczas mocowania ciernego zwykle występują trudności w ustaleniu wartości sił napinania. Nawet jeżeli siły napinania są uważnie dobrane przed transportem, mogą zmieniać się podczas transportu. Główną regułą jest to, że siły napinania podczas transportu należy kontrolować w określonych przedziałach czasowych.

Kleijną zasadą jest, że obliczenia sił napinania podczas mocowania ciernego można zastąpić:

- obecnością wskaźników siły napinania lub innego osprzętu dla sprawdzenia i dostosowania sił napinania
- mogą być stosowane urządzenia napinające, które są oznakowane znormalizowaną siłą napinania S_{TF} .

Jeżeli wymagania podstawowe dwóch poprzednich rozdziałów są spełnione, współczynniki k są ważne dla następujących wartości:

$k = 1,5$, jeżeli stosuje się jedno urządzenie napinające do mocowania;

$k \leq 2,0$, jeżeli stosuje się mocowanie z dwoma urządzeniami napinającymi przypadającymi na mocowanie lub jeżeli wartość została potwierdzona wskaźnikiem siły napinania znajdującym się po innej stronie niż urządzenie napinające.

Rys. 2. Wartości współt. „k” wg. EN 12195-1:2003

Na rysunku 3 przedstawiono pas transportowy z napinaczem po jednej stronie wykorzystywany podczas prowadzonych badań.

Rys. 3. Pas transportowy z napinaczem po jednej stronie

1.2. Podstawy teoretyczne

Cięgno to napięty wiotki ustrój jednowymiarowy np.: lina, taśma czy łańcuch. Jeżeli powierzchnia zetknięcia cięgna z krążkiem jest chropowata o znanym współczynniku tarcia suchego (rys. 4) to:

Cięgno opasujące krążek

Rys. 4. Cięgno opasujące krążek na łuku tzw. wzór Eulera

$$S_1 > S_3 \text{ jeżeli } c = e^{\mu\alpha} \text{ to } S_1 = S_3 \cdot c$$

Rys. 5. Utrata siły wstępnego napinania w wyniku tarcia na brzegach ładunków.

Jak pokazano na rys. 5 w przypadku opasania (mocowania) ładunku pas transportowy służący do mocowania jest zaginany dwukrotnie tym samym kątem α . Na każdym zagięciu, siła napinania wstępnego S_1 jest zmniejszona o współczynnik $c = e^{\mu\alpha}$. Współczynnik tarcia μ użyty tutaj odnosi się do tarcia między taśmą a badanym uchwytem.

$$c^2 = \frac{S_2}{S_1}$$

to otrzymamy

Do wyznaczenia rzeczywistego współczynnika przeniesienia siły „k” niezbędne jest poznanie siły naciągu pasa po stronie napinacza S_1 oraz po stronie mocowania pasa bez napinacza S_2 w rezultacie otrzymamy:

$$k = 1 + c^2 \text{ ostatecznie} \quad k = 1 + \frac{S_2}{S_1}$$

gdzie:

S₁- siła po stronie pasa z napinaczem

S₂- siła po stronie pasa bez napinacza

1.3. Stanowisko badawcze

Na rysunku 6. przedstawiono schemat stanowiska badawczego użytego podczas badań do wyznaczenia współczynnika przeniesienia siły „k”. Stanowisko badawcze składało się z „Siłomierza S_1 ” którego zadaniem było pomiar siły po stronie pasa z napinaczem, „Siłomierza S_2 ” którego zadaniem był pomiar siły po stronie pasa bez napinacza oraz „Siłomierza S_H ” którego zadaniem było pomiar siły działającej na rękę napinacza. Uchwyty mocowania ładunku opasane były pasem mocującym.

Rys. 6. Schemat stanowiska badawczego użytego podczas badań do wyznaczenia współczynnika przeniesienia siły k

Na rysunku 7 przedstawiono stanowisko pomiarowe wykorzystane w do przeprowadzenia badań wyznaczenia rzeczywistego współczynnika przeniesienia siły „k” dla uchwytów mocowania ładunku.

Stanowisko składa się z następujących elementów:

- wzmacniacz pomiarowy HBM QuantumX MX840B
- HBM S2M - Siłomierz S_H o zakresie pomiarowym 0÷1000 N
- HBM S9M - Siłomierz S_1 , Siłomierz S_2 , o zakresie pomiarowym 0÷50 kN
- HBM Catman AP – oprogramowanie
- komputera przenośnego laptop DELL
- pas ładunkowy z napinaczem po jednej stronie

Rys. 7. Stanowisko do wyznaczenia rzeczywistego współczynnika przeniesienia siły „k”

1.4. Opis przeprowadzonych pomiarów

Wyznaczenie współczynnika „k” wg EN 12195-1 dla uchwytów mocowania ładunku – odbywało się na przygotowanym stanowisku pomiarowym przedstawionym na rys. 7. Pomiary zostały przeprowadzone według następującego schematu:

- zamontowanie badanego uchwyty pomiarowego na stanowisku pomiarowym;
- kalibracja aparatury pomiarowej oraz uruchomienie aparatury pomiarowej;
- rozpoczęcie pomiaru współczynnika „k” zwiększając siłę naciągu pasa napinaczem z kontrolowaną siłą (Siłomierz S_H);
- rejestracja sił poprzez siłomierz po stronie napinacza (Siłomierz S_1) oraz po stronie bez napinacza (Siłomierz S_2);
- wyznaczenie współczynnika „k”.

Odczyty z siłomierza po stronie napinacza (Siłomierz S_1) oraz po stronie bez napinacza (Siłomierz S_2) były dokonywane z częstotliwością 50 Hz, następnie dla każdego odczytu automatycznie wyznaczona została wartość chwilowa współczynnika „k”.

1.5. Uchwyt mocowania ładunku – 2Max

Pierwszy poddany badaniom uchwyt mocowania ładunku o nazwie kodowej 2Max pokazano na rysunku rys. 8. Uchwyt został zamocowany na stanowisku badawczym gdzie podjęto próbę wyznaczenia współczynnika „k” wg EN 12195-1:2003.

Rys. 8. Uchwyt mocowania ładunku 2MAX

Na rys. 9. przedstawiono stanowisko pomiarowe z zamontowanymi uchwyty mocowania ładunku oraz kątomierzami sprawdzającymi aktualny kąt nachylenia pasa transportowego.

Rys. 9. Uchwyt mocowania ładunku 2MAX w trakcie przeprowadzanych badań

Przykładowo na rys. 10. przedstawiono zapis rejestratora QuantumX MX840B firmy HBM dla uchwyty mocowania ładunku 2MAX w trakcie przeprowadzanych badań. Do rejestracji posłużono się programem Catman AP dostarczonym przez producenta aparatury pomiarowej.

Rys. 10. Wskazania rejestratora dla uchwyt mocowania ładunku 2MAX w trakcie przeprowadzanych badań (wartość chwilowa współczynnika „k”)

Wartość współczynnika „k” dla cyklu pomiarowego badanego typu uchwytów mocowania ładunku, wyznaczana była jako średnia arytmetyczna z każdej wartości chwilowej współczynnika „k” zarejestrowanej w trakcie cyklu pomiarowego. Dla każdego uchwyty mocowania ładunku były przeprowadzane trzy cykle pomiarowe dla dwóch par danego typu uchwytu.

Wartość ostateczna współczynnika „k” dla badanego typu uchwytu wyznaczona została jako średnia z 6 cykli pomiarowych uzyskanych dla identycznych dwóch par uchwytów (3 cykle dla jednej pary nr1 i nr2 oraz 3 cykle dla drugiej pary nr 3 i nr 4).

W tabeli 1. przedstawiono wyniki z przeprowadzonych pomiarów dla badanego uchwyty mocowania ładunku.

Tab. 1. Wyniki badań uchwyt mocowania ładunku 2 MAX.

Uchwytów mocowania ładunku 2 MAX		
Cykl pomiarowy	Uchwytów mocowania nr1 nr2, wartość współczynnika „k” dla danego cyklu pomiarowego	Uchwytów mocowania nr3 nr4, wartość współczynnika „k” dla danego cyklu pomiarowego
P1	1,789	1,802
P2	1,794	1,772
P3	1,841	1,800
Wartość współczynnika „k”		1,80

Uzyskane wartości rzeczywistego współczynnika „k” dla badanego uchwytu 2MAX wskazują że w każdym cyklu pomiarowym uzyskana wartość jest większa od zakładanej przez normę EN 12195-1:2003 $k=1,5$. Wartość współczynnika „k” uzyskanego w badaniach dla uchwytu 2MAX wynosi $k=1,80$.

1.6. Uchwyt mocowania ładunku – KPM

Drugim wykorzystanym podczas badań uchwytom jest uchwyt oznaczony jako KPM który pokazano na rysunku 11. Dla uchwytu KPM przeprowadzono taką samą serię pomiarową jak uchwytu 2MAX.

Rys. 11 Uchwyt mocowania ładunku KPM

Na rysunku 12. przedstawiono uchwyt mocowania ładunku KPM w trakcie przeprowadzanych badań.

Rys. 12. Uchwyt mocowania ładunku KPM w trakcie przeprowadzanych badań

Przykładowo na rys. 13. przedstawiono zapis rejestratora QuantumX MX840B firmy HBM dla uchwytu mocowania ładunku KPM w trakcie przeprowadzanych badań.

Rys. 13. Wskazania rejestratora dla uchwytu mocowania ładunku KPM w trakcie przeprowadzanych badań (wartość chwilowa współczynnika „k”)

W tabeli 2. przedstawiono dane uzyskane z przeprowadzonych badań dla uchwytu mocowania ładunku KPM.

Tab. 2. Wyniki badań uchwytu mocowania ładunku KPM

Uchwytów mocowania ładunku KPM		
Cykl pomiarowy	Uchwytów mocowania nr1 nr2, wartość współczynnika „k” dla danego cyklu pomiarowego	Uchwytów mocowania nr3 nr4, wartość współczynnika „k” dla danego cyklu pomiarowego
P1	1,665	1,713
P2	1,687	1,726
P3	1,695	1,727
Wartość współczynnika „k”		1,70

Uzyskane wartości rzeczywistego współczynnika „k” dla badanego uchwytu KPM wskazują że w każdym cyklu pomiarowym jego wartość jest większa od zakładanej przez normę EN 12195-1:2003 $k=1,5$. Średnia wartość współczynnika „k” uzyskanego w badaniach dla uchwytu 2MAX wynosi $k=1,70$.

1.7. Uchwyt mocowania ładunku – KPD

Trzecim wykorzystanym podczas badań uchwytom jest uchwyt oznaczony jako KPD który pokazano na rysunku 14. Dla uchwytu KPD przeprowadzono taką samą serię pomiarową jak uchwytu 2MAX oraz KPM.

Rys. 14. Uchwyt mocowania ładunku KPD w trakcie przeprowadzanych badań

Przykładowo na rys. 15. przedstawiono zapis rejestratora Qu-antumX MX840B firmy HBM dla uchwytu mocowania ładunku **KPD** w trakcie przeprowadzanych badań.

Rys 15. Wskazania rejestratora dla uchwyt mocowania ładunku **KPD** w trakcie przeprowadzanych badań (wartość chwilowa współczynnika „k”).

W tabeli 3 przedstawiono dane uzyskane z przeprowadzonych badań uchwytu mocowania ładunku **KPD**.

Tab. 3. Wyniki badań uchwytu mocowania ładunku **KPD**

Uchwytów mocowania ładunku KPD		
Cykl pomiarowy	Uchwytów mocowania nr1 nr2, wartość współczynnika „k” dla danego cyklu pomiarowego	Uchwytów mocowania nr3 nr4, wartość współczynnika „k” dla danego cyklu pomiarowego
P1	1,775	1,784
P2	1,795	1,768
P3	1,840	1,802
Wartość współczynnika „k”		1,79

Uzyskane wartości rzeczywistego współczynnika „k” dla badanego uchwytu KPD wskazują że w każdym cyklu pomiarowym jego wartość jest większa od zakładanej przez normę EN 12195-1:2003 $k=1,5$. Średnia wartość współczynnika „k” uzyskanego w badaniach dla uchwytu 2MAX wynosi $k=1,79$.

1.8. Uchwyt mocowania ładunku – KPSW

Ostatnim wykorzystanym podczas badań uchwytom jest uchwyt oznaczony jako KPSW który pokazano na rysunku 16. Dla uchwytu KPSW przeprowadzono taką samą serię pomiarową jak uchwytu 2MAX, KPM oraz KPD

Rys. 16. Uchwyt mocowania ładunku **KPSW** w trakcie przeprowadzanych badań

Przykładowo na rys. 17. przedstawiono zapis rejestratora Qu-antumX MX840B firmy HBM dla uchwytu mocowania ładunku **KPSW** w trakcie przeprowadzanych badań.

Rys 17. Wskazania rejestratora dla uchwyt mocowania ładunku **KPSW** w trakcie przeprowadzanych badań (wartość chwilowa współczynnika „k”)

W tabeli 4. przedstawiono dane uzyskane z przeprowadzonych badań dla uchwytu mocowania ładunku **KPSW**.

Tab. 4. Wyniki badań uchwytu mocowania ładunku **KPSW**

Uchwytów mocowania ładunku KPSW		
Cykl pomiarowy	Uchwytów mocowania nr1 nr2, wartość współczynnika „k” dla danego cyklu pomiarowego	Uchwytów mocowania nr3 nr4, wartość współczynnika „k” dla danego cyklu pomiarowego
P1	1,782	1,775
P2	1,806	1,785
P3	1,815	1,749
Wartość współczynnika „k”		1,79

Uzyskane wartości rzeczywistego współczynnika „k” dla badanego uchwytu KPSW wskazują że w każdym cyklu pomiarowym jego wartość jest większa od zakładanej przez normę EN 12195-1:2003 $k=1,5$. Średnia wartość współczynnika „k” uzyskanego w badaniach dla uchwytu KPSW wynosi $k=1,79$.

PODSUMOWANIE

Zgodnie z normą EN 12195-1:2003 „Zestawy do utwierdzania ładunków na pojazdach drogowych – Bezpieczeństwo – Część 1: Obliczanie sił mocowania” wyznaczony został rzeczywisty współczynnik przenoszenia „k” dla uchwytów mocowania ładunku – 2 MAX, KPM, KPSW, KPD. Wyniki z uzyskanych badań zestawiono w tabeli 5.

Tabela 5. Uzyskane współczynniki przenoszenia „k” dla uchwytów mocowania ładunku – KPD, 2 MAX, KPM, KPSW.

Uchwytów mocowania ładunku	Wartość współczynnika „k”
2 MAX	1,80
KPM	1,70
KPSW	1,79
KPD	1,79

Jak wynika z przeprowadzonych pomiarów dla wszystkich przedstawionych uchwytów mocowania ładunku wartości wyznaczonego rzeczywistego współczynnika „k” dla pasa z jednym napinaczem są przy zastosowaniu badanych uchwytów większe niż zakładana w normie EN 12195-1:2003 wartość $k=1,5$ i zawierają się w przedziale $1,70 \div 1,80$.

Z przeprowadzonych badań wynika że stosowanie uchwytów mocowania ładunku korzystnie wpływa na rozkład siły w napinanym pasie transportowym co czyni stosowanie tych elementów w celu zabezpieczenia i transportu ładunku zasadne.

BIBLIOGRAFIA

1. ANDERSSON Peter „Differences in cargo securing regulations. How could we achieve harmonization?” 12th International Symposium on Heavy Vehicle Transportation Technology: Sweden – 2012
2. Hermann Kaps “Securing cargo for the road – the facts” Bremen 20 May 2013
3. 2015 IRU I-0323 (pl) Wydanie: IRU_CIT-2014 version 01 Partnerzy: maritem AB; TYA; HSA. Projekt: IRU Sekretariat Generalny, 2014 Geneva/Switzerland Tłumaczenie na język polski: Tomasz Małyszko, ZMPD „Międzynarodowe wytyczne odnośnie bezpiecznego mocowania ładunków w transporcie drogowym”
4. EN 12195-1:2003 Load restraint assemblies on road vehicles — Safety — Part 1: Calculation of lashing forces. CEN 2003
5. EN 12195-1:2010 Load restraining on road vehicles — Safety — Part 1: Calculation of Securing forces. CEN 2010
6. European best practice guidelines on cargo securing for road transport - Online document. - [Brussels : European Commission, Directorate-General for Energy and Transport], 2006. - 208 pages. - [Authors: Andersson Peter i inni]
7. LOAD RESTRAINT GUIDE – Guidelines and Performance Standards for the Safe Carriage of Loads on Road Vehicles, National (Australian) Road Transport Commission & Roads & Traffic Authority NSW, 2. wydanie, 2004, ISBN 0 7313 134 X1
8. Driver's Handbook on Cargo Securement - A Guide to the North American Cargo Securement Standard, 2003
9. Jagelčák, J., Rievaj, V. (2009), Standard tension force: tension forces in web-lashing for load securing created by a ratchet tensioner - [1st ed.]. - Köln : Lambert Academic Publishing AG & Co. KG, ISBN 978-3-8383-1817-2

Method of determining the coefficient “K” for cargo lashing holders

The article discusses the experimental method of determining the transfer coefficient of the transport belt tension force "k" according to EN12195-1: 2003 using the cargo lashing holders.

Autorzy:

dr inż. **Sławomir Badura** – Akademia Górniczo-Hutnicza w Krakowie. Wydział Inżynierii Mechanicznej i Robotyki, Katedra Wytrzymałości Materiałów i Konstrukcji.

Email: Sbadura@agh.edu.pl

dr inż. **Filip Matachowski** – Akademia Górniczo-Hutnicza w Krakowie. Wydział Inżynierii Mechanicznej i Robotyki, Katedra Wytrzymałości Materiałów i Konstrukcji.

Email: filip.matachowski@agh.edu.pl

JEL: L62 DOI: 10.24136/atest.2018.033

Data zgłoszenia: 2018.05.17 Data akceptacji: 2018.06.15