

Karol Tyszkowski, Zbigniew Kneba

Dobór parametrów platformy załadowczo-rozładunkowej

JEL: L62. DOI: 10.24136/atest.2018.338.

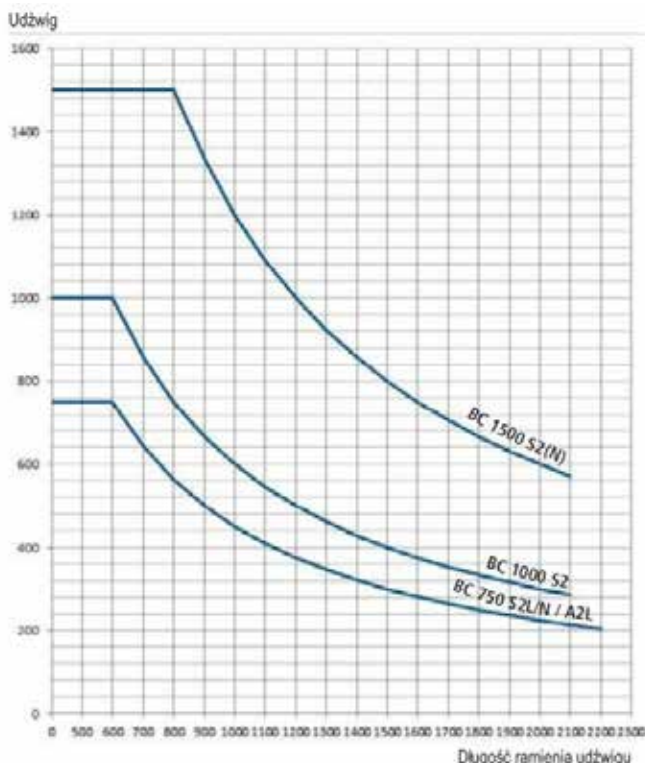
Data zgłoszenia: 30.03.2018. Data akceptacji: 31.07.2018.

Artykuł opisuje propozycję zastosowania pneumatycznego mechanizmu napędowego windy załadowczej zasilanej sprężonym powietrzem z układu hamulcowego samochodu ciężarowego. Autorzy starają się określić moc poszczególnych urządzeń napędu. W tym celu wykonano symulację komputerową ruchu platformy windy, na podstawie której określono momenty jakie muszą wytworzyć silniki pneumatyczne. Obliczono czasy opadania i podnoszenia platformy.

Słowa kluczowe: pneumatyczny mechanizm napędowy, silnik pneumatyczny, symulacja komputerowa.

Wstęp

Windy załadowcze stały się popularne w samochodach ciężarowych klasy i średnio ciężkiej (N2). Lżejsze samochody dostawcze wyposaża się w windę o udźwigu do 750 kg. Natomiast samochody klasy średnio ciężkiej wyposażone są w windę o udźwigu do 1500 kg (rys. 1). Samochody ciężarowe charakteryzują się mnogością rodzajów podwozia, do którego należy dobrać odpowiedni typ i sposób montażu windy załadowczej. Producenci samochodów stawiają szereg wymagań, którym konstrukcja windy musi sprostać. Obecnie produkowane windy załadowcze posiadają napęd hydroelektryczny a ich konstrukcja pozwala na montaż do typowych podwozi o ramach z dwoma podłużnicami.



Rys. 1. Udźwig windy załadowczej w zależności od ramienia udźwigu dla samochodów klasy lekkiej [5]

Niniejszy artykuł zawiera rozważania na temat windy załadowczej z napędem pneumatycznym, którą można podłączyć do instalacji sprężonego powietrza używanej do sterowania i wykonywania pracy w układzie hamulcowym. Autorzy artykułu proponują wykorzystanie silników pneumatycznych w celu napędu platformy oraz prezentują rozwiązania konstrukcyjne pozwalające na wdrożenie koncepcji nowego rodzaju napędu.

1. Windy załadowcze

1.1. Wymagania stawiane windom załadowczym

Windy załadowcze są rodzajem zabudowy specjalnej, której montaż wymaga modyfikacji fragmentu podwozia samochodu ciężarowego. Firmy zajmujące się montażem zabudowy specjalnej muszą dostosować się do wytycznych producentów ciężarówek. Do najrygorystyczniej przestrzeganych wymagań zalicza się [1]:

- ◆ Dodatkowe wyposażenie i zabudowę należy rozmieścić w taki sposób, by zapewnić równomierny rozkład obciążenia w kierunku poprzecznym. Przyjmując za podstawę połowę (50%) dopuszczalnego nacisku na oś,
- ◆ Nacisk na przednią oś musi stanowić co najmniej: 25% rzeczywistej masy całkowitej pojazdu w przypadku obciążenia skoncentrowanego na tylnym zwisie,
- ◆ Długość tylnego zwisu zabudowy należy dobrać tak, by zachować pełną zgodność z wymaganiami w zakresie maksymalnych dopuszczalnych nacisków na osie, minimalnego dopuszczalnego nacisku na oś przednią, długości całkowitej, pozycji zaczepu
- ◆ Ponadto należy dobrać minimalny wymagany wskaźnik wytrzymałości przekroju W_x [cm³] ramy pomocniczej dla granicy plastyczności 360 [N/mm²], na której zamontowana ma być winda załadowcza. Wskaźnik ten różni się w zależności od modelu samochodu oraz długości tylnego zwisu.

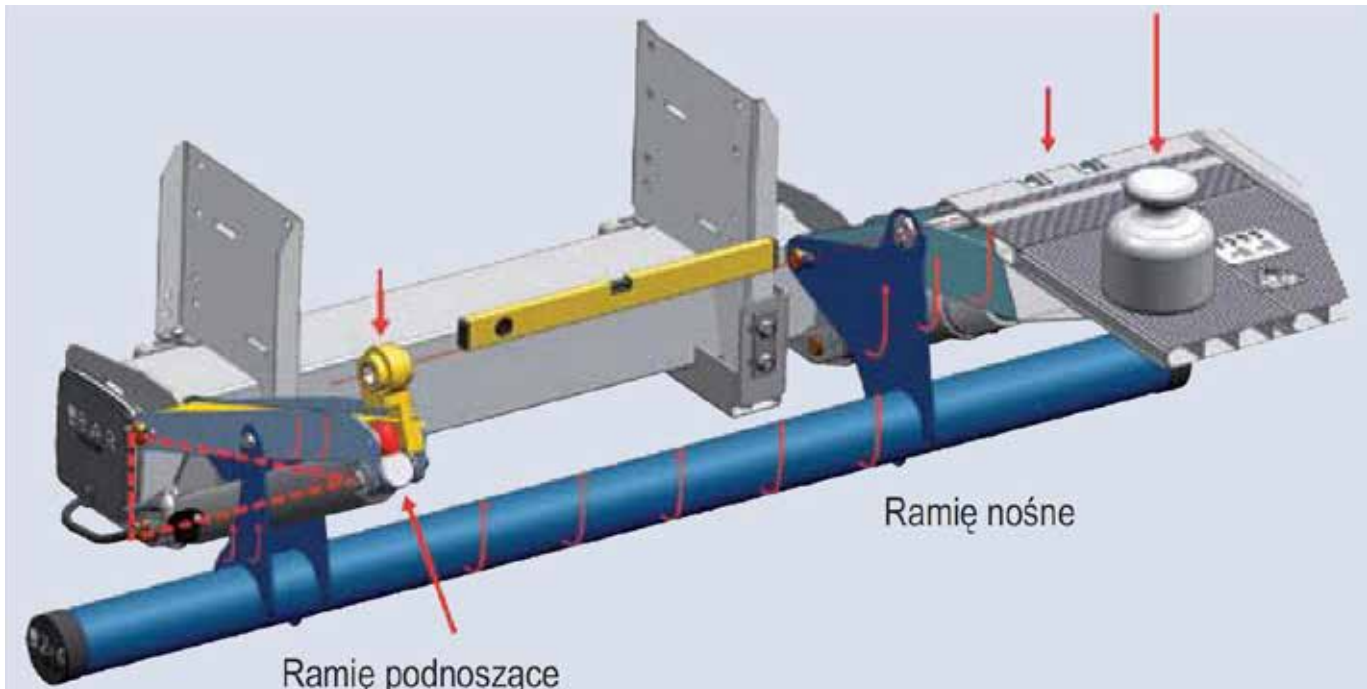
1.2. Standardowy napęd windy załadowczej

Producenci wind załadowczych dla pojazdów użytkowych kategorii N2 stosują rozwiązania oparte na napędach elektrohydraulicznych:

- ◆ napęd dwusiłownikowy, w którym jeden z siłowników służy do sterowania ramieniem nośnym platformy (otwieranie i zamykanie platformy) a drugi do sterowania ramieniem podnoszącym (ruch platformy góra - dół). W windach z ruchomą belką przeciw najazdową przeniesienie sił jakimi siłowniki działają na platformę odbywa się za pomocą belki która odkształca się elastycznie oraz mechanizmu wyrównującego w ramieniu platformy (rys. 2). Natomiast w windach z nieruchomą - trzyczęściową belką przeciw najazdową wyrównanie sił odbywa się jedynie poprzez mechanizm wyrównawczy w ramieniu nośnym. Platformy z nieruchomą belką stosuje się w samochodach o małym prześwicie
- ◆ napęd cztero- lub więcej siłownikowy, w którym platforma posiada 2 ramiona nośne i 2 ramiona podnoszące (rys. 3.) W układzie nie występuje asymetria sił działających na platformę stąd występuje on jedynie w wersji z trzyczęściową belką.

1.3. Alternatywne napędy platform załadowczych

Napęd platformy rozładunkowej jest możliwy do zrealizowania także za pośrednictwem silników pneumatycznych zasilanych bezpośrednio powietrzem z układu hamulcowego. Wykorzystanie



Rys. 2. Mechanizm wyrównawczy oraz przenoszenie siły z jednego ramienia na drugie w urządzeniach z ruchomym zderzakiem p. najazdowym [5]

silników pneumatycznych do napędu platformy wymaga zastosowania mechanizmu który zamieni ruch obrotowy silników na ruch platformy. Tak więc realizacja ruchu platformy odbywa się za pośrednictwem linki, której jeden koniec przymocowany jest do krawędzi platformy a drugi koniec nawijany jest na wał przekładni sprzężonej z silnikiem pneumatycznym. Koncepcja napędu platformy załadowniczej za pomocą pneumatycznego silnika zębatego została przedstawiona już w [6] jednak zakładała ona rozładunek towarów z użyciem rampy a platforma nie wykonywała ruchów unoszenia ładunków.

Pneumatyczne napędy platform w porównaniu do hydroelektrycznych napędów mają następujące zalety:

- ♦ możliwość podłączenia silników do istniejącej instalacji sprężonego powietrza – mniejsza i lżejsza instalacja niż układ hydrauliczny
- ♦ brak możliwości wycieku oleju z instalacji hydraulicznej mogącego zanieczyścić środowisko

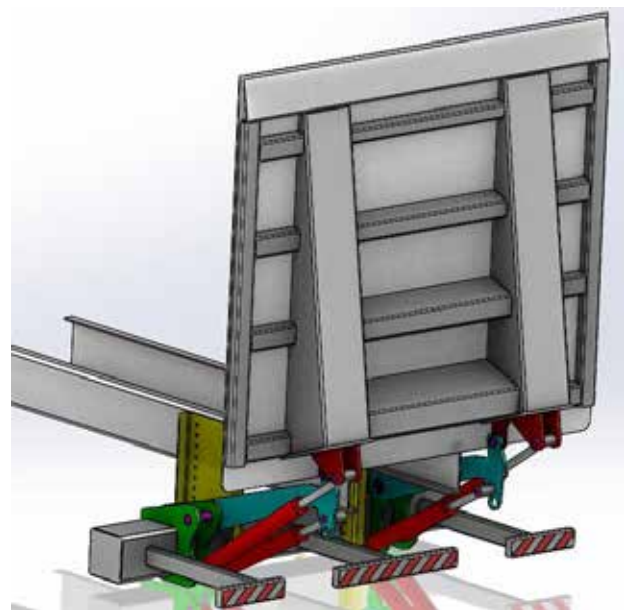
Podłączenie silnika pneumatycznego do instalacji sprężonego powietrza układu hamulcowego wymaga użycia oddzielnego zbiornika połączonego ze zbiornikiem zasilającym hamulce. Pomiędzy zbiornikami znajduje się zawór odcinający sprężony z miernikiem ciśnienia, który ma zapobiec zasilaniu hamulców powietrzem o zbyt niskim ciśnieniu. Schemat połączenia silnika pneumatycznego z dwuobwodowym układem hamulcowym samochodu ciężarowego widoczny jest na rys. 4.

1.4. Koncepcja pneumatycznej windy załadowniczej

W oparciu o wymagania stawiane wodom załadowniczym zbudowano model komputerowy dla symulacji ruchów mechanizmów windy załadowniczej (rys. 5). Winda wyposażona jest w trzyczęściową belkę przeciw najazdową, teleskopowo wysuwane podpory sterowane siłownikami pneumatycznymi, 4 silniki pneumatyczne sterujące ruchem platformy.

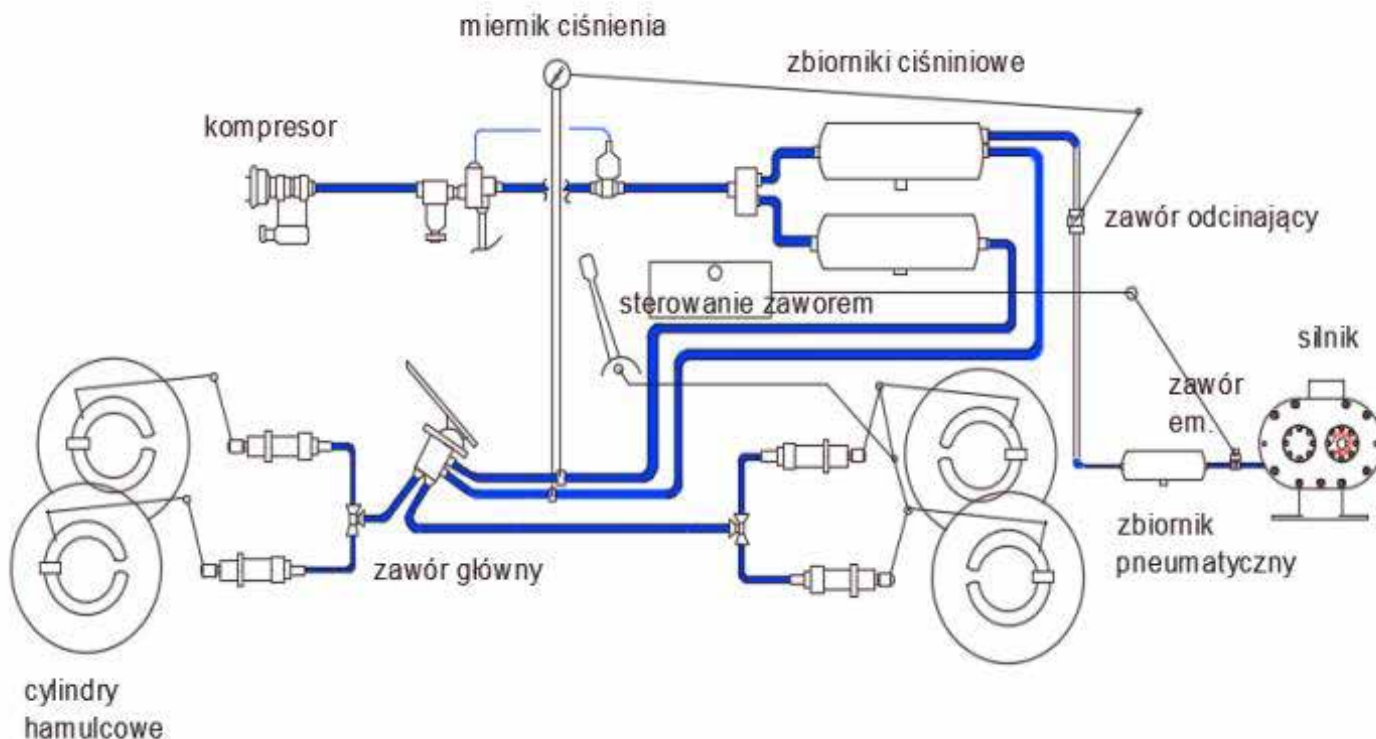
Cykl pracy otwarcia i opadania platformy pneumatycznej jest następujący (rys. 6):

- ♦ wysunięcie się teleskopowych podpór sterowanych siłownikami (rys. 6.1)



Rys. 3. Model windy załadowniczej z 4 siłownikami i 3 częściową belką przeciw najazdową [4]

- ♦ zablokowanie teleskopowych podpór platformy za pomocą blokady sterowanej siłownikami (rys. 6.3)
- ♦ grawitacyjne opadanie platformy (rys 6.4.A) przy hamowaniu jej ruchu przez dławienia przepływu powietrza w silnikach pneumatycznych. Opadanie platformy zakończone jest uderzeniem końców platformy o zderzak (rys. 6.4 B)
- ♦ zwolnienie blokady opadania platformy sterowanej parą siłowników pneumatycznych (rys 6.6)
- ♦ opadanie platformy na ziemię. Silniki pneumatyczne sterujące podnoszeniem platformy pracują przy zasilaniu sprężonym powietrzem zdławionym przez zawór. Moment wytwarzany przez silniki jest zbyt mały jednak platforma zamiast uderzyć o ziemię opada powoli (rys 6.7)



Rys. 4. Schemat połączenia silnika pneumatycznego z dwuobwodowym układem hamulcowym samochodu ciężarowego

Cykl pracy podniesienia platformy i jej zamknięcia jest następujący:

- ♦ praca silników pneumatycznych sterujących podnoszeniem platformy
- ♦ zablokowanie zamka platformy sterowanego przez siłowniki pneumatyczne
- ♦ praca silników pneumatycznych do podnoszenia platformy zakończone zamknięciem platformy
- ♦ zwolnienie blokady podpór, wylot powietrza z siłowników, sprężyna przytwierdzona do blokady cofa ją na pozycję wyjściową
- ♦ chowanie się podpór platformy, wylot powietrza z siłowników sterujących podpórmi, sprężyna przytwierdzona do podpór cofa je na pozycję wyjściową.

1.5. Rozdział powietrza zasilającego urządzenia napędu platformy pneumatycznej

Schemat rozdziału powietrza zasilającego urządzenia platformy pneumatycznej widoczny jest na rys. 7. Wśród urządzeń sterujących ruchem platformy wyróżnić możemy:

- ♦ siłowniki poruszające podporami
- ♦ siłowniki blokujące podpory
- ♦ siłowniki blokujące platformę w pozycji poziomej
- ♦ motoreduktory pneumatyczne otwierania i zamykania platformy
- ♦ motoreduktory pneumatyczne opuszczania i podnoszenia platformy

Rozdział powietrza pomiędzy poszczególne urządzenia napędu platformy odbywa się za pośrednictwem zaworów rozdzielających 2/2. Natomiast sterownie siłowników platformy odbywa się za pośrednictwem zaworów 3/2. Wszystkie siłowniki wchodzące w skład napędu platformy są siłownikami jednostronnego działania których powrót do pozycji wyjściowej umożliwia sprężyna przytwierdzona do końca siłownika.

2. Dobór Parametrów platformy pneumatycznej

2.1. Określenie masy platformy

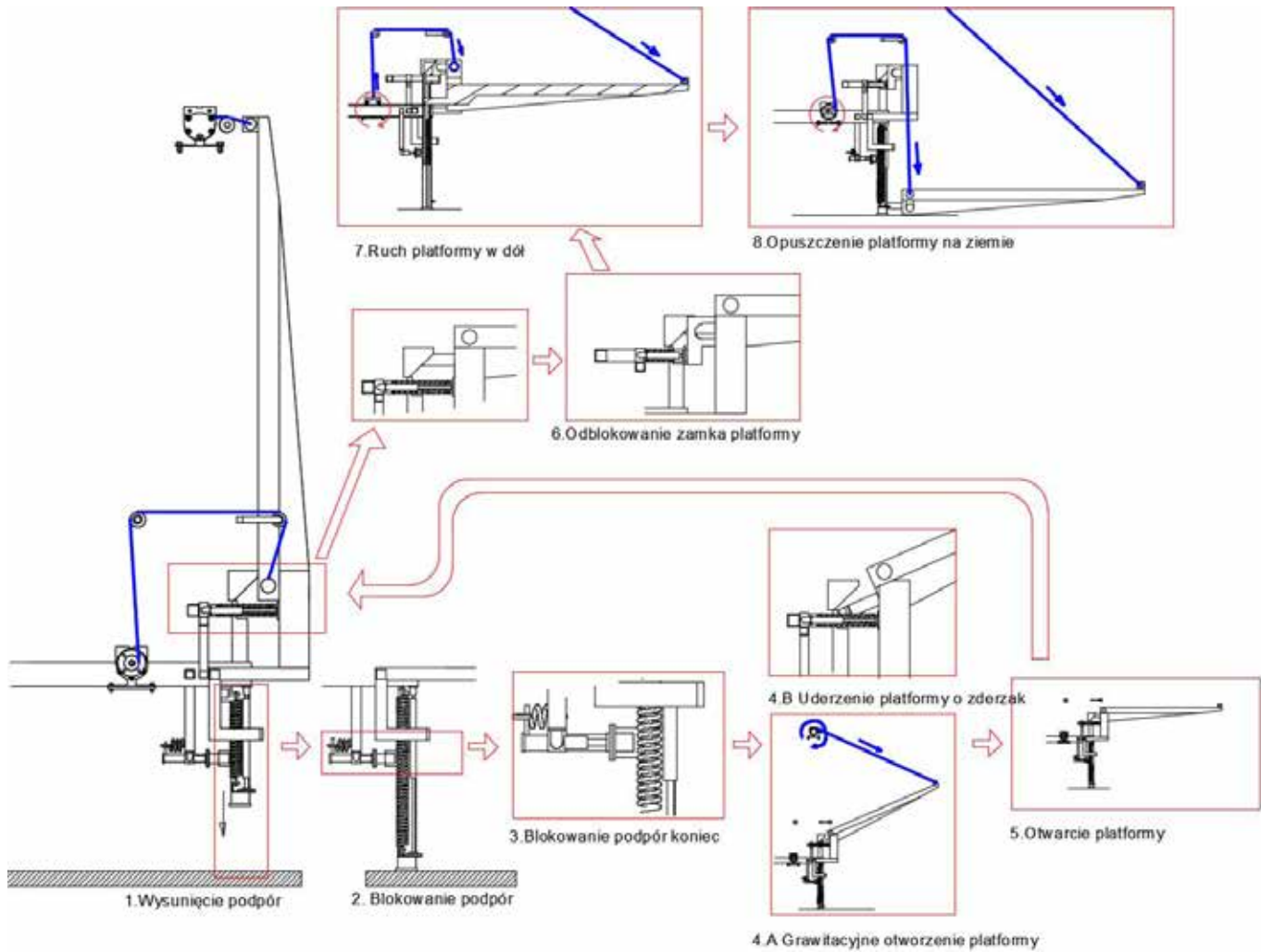
W celu określenia wielkości silników pneumatycznych zdolnych do obsługi platformy pneumatycznej określono masę platformy. Masa platformy wykonanej w całości ze stopu aluminium o gęstości $\rho = 2770 \text{ kg/m}^3$ dla wymiarów $50 \times 1535 \times 1900$ wynosi $301,53 \text{ kg}$. Dla porównania zamieszczono tabelę w której podano wymiary i masy platform różnych producentów

2.2. Symulacja ruchu platformy

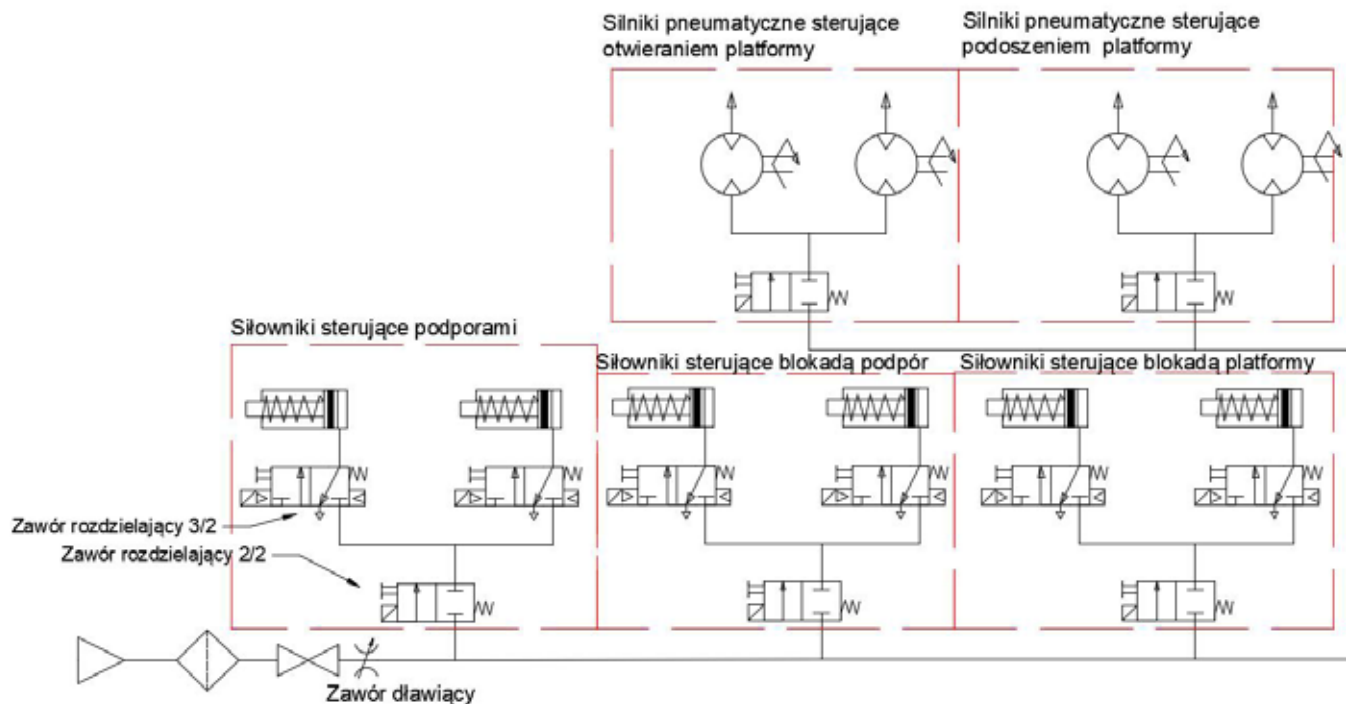
Wprowadzając konieczne uproszczenia geometrii elementów mechanizmów windy przygotowano komputerowy model służący obliczeniom symulacyjnym. Następnie podjęto próbę określenia właściwego momentu jaki muszą wytwarzać silniki pneumatyczne



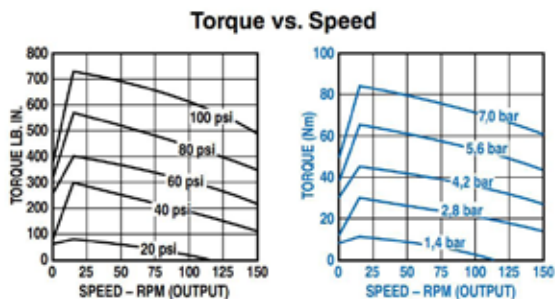
Rys. 5. Model windy pneumatycznej zamontowanej w ciężarówce Iveco Eurocargo 80E



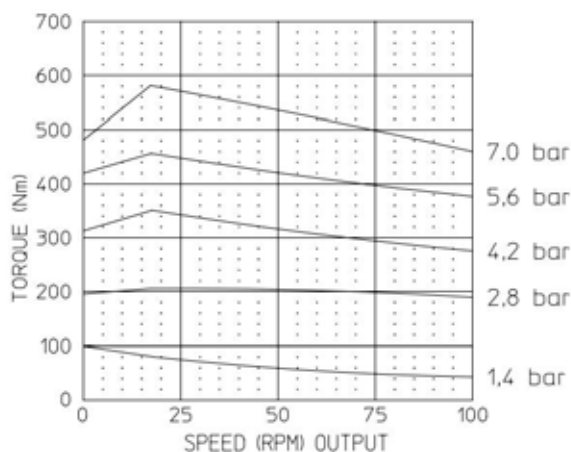
Rys. 6. Schemat koncepcyjny windy pneumatycznej zamontowanej w ciężarówce Iveco Eurocargo 80E



Rys. 7. Schemat pneumatyczny napędu windy rozładawczej



Rys. 8. Charakterystyki prędkościowe silnika pneumatycznego 4AM 70C-CB20 firmy Gast [2]



Rys. 9. Charakterystyki prędkościowe silnika pneumatycznego 16AM-HB20 GM [3]

w czasie pracy windy przy jej otwieraniu, opuszczaniu, podnoszeniu i zamykaniu. W tym celu wykonano symulację pracy windy w programie ANSYS 16.00. Kryterium wyznaczenia właściwego momentu były przyspieszenia elementów ruchomych i czasy faz pracy windy.

Symulacja zamykania platformy

Model numeryczny składa się z dwóch brył reprezentujących bloczek i platformę złączonych ze sobą równaniami więzów, dla których dopuszczalny jest ruch obrotowy. Do bloczka przyłożony jest moment o ruchu przeciwnym do kierunku otwierania platformy. Celem symulacji jest wyznaczenie minimalnego momentu przyłożonego do bloczka przy którym platforma zaczyna się unosić oraz momentu, przy którym czas zamykania platformy jest akceptowalny.

Symulacja podnoszenia platformy

Bryły będące częścią tego modelu reprezentują platformę wraz z obciążeniem oraz bloczek. Dla platformy dozwolony jest tylko ruch w górę. Podobnie jak poprzednio bryły związane są ze sobą równaniami więzów. Celem symulacji jest wyznaczenie minimalnego momentu przyłożonego do bloczka przy którym platforma zaczyna się podnosić oraz momentu dla którego czas podnoszenia platformy jest odpowiedni. Wstępnie dobrano masę ładunku podnoszonego na platformie na poziomie 500 kg. Niestety okazało się że typoszereg łopatkowych silników pneumatycznych wytwarzających moment obrotowych nie jest w stanie podnieść platformy. Stąd zdecydowano się obniżyć masę ładunku do 400 kg i powtórzyć symulację.

Symulacja opadania platformy

Model numeryczny jest identyczny jak w przypadku symulacji podnoszenia platformy z tym że moment przyłożony do bloczka jest

zbyt mały aby spowodować podniesienie platformy ale na tyle duży aby uniemożliwić upadek platformy na ziemię z dużą prędkością.

2.3. Wyniki symulacji

Zbiornicze zestawienie wyników symulacji ruchu platformy zostało przedstawione w tabeli.

2.4. Dobór silników pneumatycznych

Po przeprowadzeniu symulacji ruchu platformy i określeniu właściwych momentów wytwarzanych przez napęd platformy dobrano następujące urządzenia (rys. 8, 9)

- ♦ 2 silniki pneumatyczne firmy Gast Airmotors 4AM 70C-CB20 sterujące zamykaniem platformy
- ♦ 2 silniki pneumatyczne firmy Gast Airmotors 16AM-HB20 GM sterujące podnoszeniem i opadaniem platformy

Wnioski

Przeprowadzone symulacje ruchu platformy wskazują że napęd platformy pneumatycznej o udźwigu większym niż 400 kg wymaga użycia większej liczby silników lub silników o większej mocy niż silniki które zostały dobrane. Napęd platformy w całości oparty na urządzeniach pneumatycznych zasilanych z sieci sprężonego powietrza układu hamulcowego wymaga użycia innego mechanizmu, który pozwoliłby na wykorzystanie większej ilości silników pneumatycznych sterujących podnoszeniem platformy. Projekt platformy sterowanej obrotowymi silnikami pneumatycznymi można również zrealizować przy użyciu silników elektrycznych.

Bibliografia:

1. Euro 6 Eurocargo Instrukcje dla firm zabudowujących, Torino 2013.
2. http://gastmfg.com/uploads/catalogs/Airmotor_D-10_Catalog_Final_Feb09-2012_lo-res.pdf (dostęp 28.03.2018).
3. <http://gastmfg.com/uploads/data-sheets/LTD115.pdf> (dostęp 28.03.2018).
4. <https://grabcad.com/library/hydraulic-tail-lift-tail-gate-1> (dostęp 28.03.2018).
5. <https://www.baer-cargolift.com/pl/produkty/standard-s2-free-access-a2l/> (dostęp 28.03.2018).
6. Tyszkowski K., *Propozycja silnika pneumatycznego wysokomomentowego do napędu urządzeń rozładunkowo załadunkowych pojazdów*, „Autobusy – Technika, Eksploatacja, Systemy Transportowe” 2013, nr 11.

The selection of the pneumatic tail lift parameters

The article concerns the discussion of a pneumatic tail lift entirely powered by pneumatic devices powered with compressed air from the brake system of truck. The authors try to set up the drive parameters and the size of the engines.

For this purpose, a computer simulation of the platform's motion was made on the basis of which the torques of pneumatic engines were determined and the times of falling and lifting.

Keywords: pneumatic tail lift, pneumatic engine, computer simulation.

Autorzy:

dr hab. inż. **Zbigniew Kneba** – Politechnika Gdańska, Wydział Mechaniczny
mgr inż. **Karol Tyszkowski** – Politechnika Gdańska, Wydział Mechaniczny