



Aleksander Nieoczym
František Brumerčík

Maszyny i urządzenia transportu bliskiego



POD RĘCZNIKI

Maszyny i urządzenia transportu bliskiego

Podręczniki – Politechnika Lubelska



Politechnika Lubelska
Wydział Mechaniczny
ul. Nadbystrzycka 36
20-618 LUBLIN

Aleksander Nieoczym
František Brumerčík

Maszyny i urządzenia transportu bliskiego



Politechnika Lubelska
Lublin 2015

Recenzenci:

prof. dr hab. inż. Józef Jonak, Politechnika Lubelska

dr inż. Leszek Krzywonos, Politechnika Lubelska

Autorzy:

František Brumerčík (rozdział 1, 2 - 3,40 ark. wyd.)

Aleksander Nieoczym (rozdział 3, 4, 5 - 3,16 ark. wyd.)

Publikacja wydana za zgodą Rektora Politechniki Lubelskiej

© Copyright by Politechnika Lubelska 2015

ISBN: 978-83-7947-123-2

Wydawca: Politechnika Lubelska

ul. Nadbystrzycka 38D, 20-618 Lublin

Realizacja: Biblioteka Politechniki Lubelskiej

Ośrodek ds. Wydawnictw i Biblioteki Cyfrowej

ul. Nadbystrzycka 36A, 20-618 Lublin

tel. (81) 538-46-59, email: wydawca@pollub.pl

www.biblioteka.pollub.pl

Druk: TOP Agencja Reklamowa Agnieszka Łuczak

www.agencjatorp.pl

Elektroniczna wersja książki dostępna w Bibliotece Cyfrowej PL www.bc.pollub.pl

Nakład: 100 egz.

Spis treści

Spis ważniejszych oznaczeń	7
Wstęp	9
1. Przenośniki	10
1.1. Przenośniki toczne	10
1.2. Przenośniki ciągnowe	17
1.2.1. Przenośniki taśmowe nieckowe	17
1.2.2. Przenośniki taśmowe płaskie	18
1.2.3. Przenośniki członowe	22
1.2.4. Przenośniki łańcuchowe	24
1.2.5. Warunki pracy przenośników ciągnowych	26
1.3. Przenośniki podwieszane	28
1.4. Przenośniki o zmiennej długości	30
1.4.1. Przenośniki toczne rozciągane	30
1.4.2. Przenośniki rozciągane	33
1.5. Przenośniki pionowe	34
1.5.1. Przenośniki windowe	34
1.5.2. Przenośniki grippowe	35
1.5.3. Przenośniki spiralne	36
1.6. Urządzenia dodatkowe	39
2. Wózki transportowe	42
2.1. Wózki unoszące	43
2.2. Wózki podnośnikowe uniwersalne	46
2.3. Wózki podnośnikowe korytarzowe	51
2.3.1. Wózki korytarzowe wysokoregalowe	51
2.3.2. Wózki kompletacyjne	54
2.4. Wózki podnośnikowe o specjalnej konstrukcji	58
2.4.1. Wózki wielokierunkowe	58
2.4.2. Wózki przegubowe	59
2.5. Wózki przewożące ciągnikowe	60
2.6. Specjalistyczne pojazdy transportowe	65
2.7. Wyposażenie dodatkowe wózków widłowych	71
2.8. Wydajność pracy wózków transportowych	74
3. Układnice regałowe	77
3.1. Układnice do ciężkich ładunków	77
3.2. Układnice pojemnikowe	81
3.3. Modelowanie cyklu pracy i wydajności układnic regałowych	86
4. Dźwignice	91
4.1. Suwnice	91
4.1.1. Suwnice pomostowe	91
4.1.2. Suwnice bramowe	94

4.1.3. Charakterystyki funkcjonalne suwnic	96
4.2. Żurawie	99
4.3. Ocena intensywności pracy dźwignic i ich mechanizmów	102
4.4. Obciążenie maszyn dźwignicowych	107
4.5. Ocena wydajności pracy dźwignic	112
4.6. Zawiesia	114
4.6.1. Zawiesia linowe	115
4.6.2. Zawiesia łańcuchowe	123
4.7. Oprzyrządowanie dodatkowe	128
5. Normy techniczne w transporcie	133
Literatura	135

Spis ważniejszych oznaczeń

- a – odstęp pomiędzy ładunkami na linii przesyłkowej [m],
- a – zastępcze przyspieszenie rozruchu i hamowania układnicy [m/s²],
- a^+ – przyspieszenie rozruchu układnicy [m/s²],
- a^- – przyspieszenie hamowania układnicy [m/s²],
- A_{st} – szerokość operacyjna korytarza międzyregalowego [m],
- DOR – dopuszczalne obciążenie robocze zawiesi ciągowych [t],
- h_1 – wysokość masztu wózka widłowego po złożeniu [m]
- h_3 – maksymalną wysokość masztu w wózku widłowym [m]
- h_4 – wysokość podnoszenia wózka widłowego [m]
- H – wysokość regału obsługiwane przez układnicę [m],
- i – ilość cykli roboczych na godzinę,
- k_1 – stopień wykorzystania udźwigu zależny od klasy obciążenia dźwignicy,
- k_2 – współczynnik nierównomierności obsługi ładunków zależny od grupy natężenia pracy dźwignicy,
- k_3 – współczynnik wykorzystania czasu pracy dźwignicy,
- L – długość linii przesyłkowej [m]; długość regału obsługiwane przez układnicę [m],
- m – liczba jednostek ładunkowych jednocześnie zabieranych przez środek transportu,
-
- m – wymagana masowa wydajność procesu transportowego [kg/s],
-
- m_w – masowa wydajność transportowa w jednym cyklu operacyjnym [kg/s],
- M – liczba korytarzy regalowych obsługiwanych przez układnicę,
-
- n – wymagana zmianowa wydajność procesu transportowego [jł/zmiana],
-
- n_w – wydajność obsługowa wózka [jł/h],
- N_U – moc użyteczna [W],
- Q – udźwig wózka transportowego [kg],
- Q_{jt} – masa jednostki transportowej [kg],
- Q_p – ciężar podnoszony przez dźwignicę [t],
- Q_o – ciężar urządzeń chwytnych dźwignicy [t],
- t_p – takt podawania jednostek ładunkowych na linię przesyłkową [s],
- t_d – czas pracy czynnej wózka w ciągu jednej zmiany [s],
- t_z – cykl załadunku jednostki ładunkowej na przesyłnik [s/jłp],
- T_d – czas jednego cyklu pracy dźwignicy [s],
- T_m – suma czasów manipulacji ładunkowych w cyklu pracy dźwignicy [s],
- T_p – łączny czas transportu ładunku w jednym cyklu pracy dźwignicy [s],
- u_{wk} – przełożenie wielokrążka,

- v – prędkość liniowa środka transportu [m/s]
- v_x – prędkość jazdy układnicy [m/s],
- v_y – prędkość podnoszenia ładunku przez układnicę [m/s],
- W_o – wydajność teoretyczna objętościowa [m^3/h],
- W – wydajność masowa [kg/h],
- z – liczba wózków widłowych dokonujących załadunku przenośnika,
- Z – skok układu podającego / wybierającego ładunek w gnieździe regałowym układnicy [m].

Wstęp

Transport to zespół czynności związanych z przemieszczaniem towarów z użyciem odpowiedniego systemu informatycznego. Maszyny i urządzenia techniczne umożliwiające wykonanie czynności transportowych noszą nazwę środków transportu. Ze względu na zasięg działania dzieli się je na środki transportu bliskiego i dalekiego. Transport bliski jest ograniczony przestrzennie do jednej hali, magazynu czy też jednego zakładu produkcyjnego lub centrum logistycznego. Transport daleki związany jest z przemieszczaniem ładunków pomiędzy odbiorcami, może to być transport drogowy, kolejowy, morski lub lotniczy. Na końcu drogi transportu towar jest składowany i kompletowany w magazynach.

Książka „Maszyny i urządzenia transportu bliskiego” jest kolejnym podręcznikiem poświęconym zagadnieniom funkcjonowania magazynów dystrybucyjnych i magazynów związanych z procesami produkcji. Pierwszy podręcznik „Logistyka w obszarze produkcji i magazynowania” autorstwa Józefa Jonaka i Aleksandra Nieoczyma obejmował całokształt zagadnień związanych z przepływem strumieni ładunków i informacji w obszarach magazynowych. Zamieszczono także treści dotyczące składowania ładunków, formowania jednostek wysyłkowych oraz modernizacji obiektów magazynowych związanych z ich informatyzacją oraz stosowaniem nowoczesnego wyposażenia stałego.

Współpraca z *Katedra konštruovania a častí strojov Strojníckej fakulty Žilinskej univerzity* a w szczególności z zakładem *Oddelenie častí strojov a prevodov* kierowanym przez dr hab. inż. Františka Brumerčika związana jest z realizacją wspólnych prac naukowo – badawczych. Ich wynikiem są artykuły pracowników Katedry Podstaw Konstrukcji Maszyn i Mechatroniki Politechniki Lubelskiej oraz zakładu *Oddelenie častí strojov a prevodov*. Ponadto prowadzenie wykładów zamawianych związanych z logistyką i transportem wewnętrznym dało możliwość weryfikacji wiedzy i jej dostosowania do treści wymaganych programami nauczania. Czynniki te były podstawą do wspólnych prac nad podręcznikiem „Maszyny i urządzenia transportu bliskiego”.

Publikowana książka ma służyć jako zbiór podstawowych informacji wykorzystywanych przez studentów podczas realizacji przedmiotu „Transport wewnętrzny” – ćwiczenia. Przedstawione treści dotyczą opisu środków transportu bliskiego: wózków transportowych, przenośników oraz układnic. Obok charakterystyk technicznych zamieszczono wzory matematyczne umożliwiające obliczanie parametrów pracy i wydajności poszczególnych maszyn i urządzeń.

1. Przenośniki

Przenośniki to urządzenia transportu bliskiego pracujące w sposób ciągły. Warunkiem ciągłości pracy jest stałe dostarczanie i stały odbiór przenoszonego ładunku. Urządzenia te są głównie stosowane tam, gdzie drogi transportu są geometrycznie ustalone zgodnie z przyjętym procesem technologicznym bądź z czynnościami magazynowymi [6].

W zależności od cech konstrukcyjnych przenośniki dzieli się na dwie grupy:

- bezciągnowe – wałkowe, śrubowe, wstrząsowe,
- ciągnowe – taśmowe, członowe, łańcuchowe.

Kolejny podział przenośników odnosi się do płaszczyzny transportu:

- poziome,
- pionowe – windowe, grippowe, spiralne.

Przenośniki poziome budowane ze znormalizowanych modułów mają możliwość transportu ładunku w płaszczyźnie nachylonej pod kątem w stosunku do powierzchni podłoża w rezultacie czego przemieszczają ładunek na wyższy poziom układu magazynowego.

1.1. Przenośniki toczne

W przenośnikach tocznych elementem nośnym są wałki transportowe osadzone w ramie przenośnika. Wśród tych urządzeń najbardziej rozpowszechnioną grupą są przenośniki wałkowe z napędem. Współpracują one z przenośnikami bez napędu oraz z urządzeniami służącymi do zmiany kierunku i poziomu transportu: obrotnicami, transferami kątowymi i windami. Przenośniki z napędem stanowią typ modułowego przenośnika, którego układ konstrukcyjny i funkcje kinematyczne są skonfigurowane w zależności od: natężenia pracy, wydajności, masy i wymiarów przewożonych ładunków. Sterowanie może odbywać się w trybie manualnym lub automatycznym, indywidualnie dla każdego modułu lub z szafy sterowniczej dla całego układu transportowego. Przenośniki stosowane są głównie do transportu poziomego ale także mogą być wykorzystane do transportu wielopiętrowego w regałach lub na estakadach.

Podział przenośników tocznych dokonywany jest ze względu na masę przewożonego ładunku, gdyż ta wielkość decyduje o zainstalowanych mocach silników napędowych oraz wymiarach geometrycznych elementów konstrukcyjnych. Wyróżnia się więc przenośniki do palet oraz do opakowań kartonowych i skrzynek.

Przenośniki z napędem do palet w wersji standardowej wyposażone są w wałki stalowe, ocynkowane, napędzane łańcuchem. Umożliwiają transport ładunku spaletyzowanego o masie do 1200 kg (rys. 1.1). Dane techniczne

standardowego przenośnika do transportu palet przedstawiono w tabeli 1.1. natomiast wymiary geometryczne modułu konstrukcyjnego przenośnika wałkowego z napędem zestawiono w tabeli 1.2.

Tab. 1.1. Standardowe dane techniczne przenośnika wałkowego z napędem [35]

Parametry przenośnika wałkowego z napędem	
Szerokość robocza rolki	100÷2800 mm
Długość przenośnika	400÷20000 mm
Wysokość przenośnika	80÷1500 mm±50 mm
Prędkość transportu stała i regulowana	0,02÷0,6 m/s
Dopuszczalne obciążenie	Do ok. 500 kg/mb
Temperatura pracy	10÷80 °C
Typ silnika	3x400 V; 1x230 V

Napęd wałków może być indywidualny z użyciem tzw. elektrowałków lub grupowy poprzez zastosowanie:

- cięgien łańcuchowych napędzających wszystkie lub co drugi wałek,
- cięgien pasowych lub sznurowych w postaci elastomerycznych linek naprężonych rolkami,
- cięgien taśmowych.



Rys. 1.1. Przenośnik wałkowy z napędem przeznaczony do transportu palet [47]

Tab. 1.2. Wymiary modułu przenośnika wałkowego z napędem do palet [24]

Moduł przenośnika wałkowy z napędem		
Długość modułu	TL	1000-17200 mm w zależności od podziałki
Średnica rolki	D	50/54 mm
Nominalna szerokość	NW	300, 400, 500, 600, 800, 1000 mm
Podziałka	P	60, 100, 140, 180 mm

Układ przenośników może być wyposażony w pozycjonery i stopery ładunku. Przenośniki z napędem mogą pracować także jako bufor ładunków oczekujących na kolejną operację magazynową lub na pobranie wózkiem widłowym.

W przenośnikach wałkowych bez napędu (grawitacyjnych) stosowanych do transportu palet przemieszczenie ładunku następuje na skutek zewnętrznych wymuszeń przekazywanych ręcznie lub na skutek sił bezwładności wcześniej rozpędzonego ładunku. W przypadku pochylenia powierzchni przenośników, przemieszczenie ładunku odbywa się pod wpływem sił grawitacji. Wartość kąta nachylenia zależy od sposobu ułożyskowania wałków, ciężaru ładunków i przyjmuje wartości:

Dla pojemników o ciężarze: 1 – 3 kN, pochylenie 2 – 3%,
 3 – 15 kN, pochylenie 2 – 2,5%,
 15 – 50 kN, pochylenie 1,5 – 2%.

Zatrzymanie ładunku realizowane jest za pomocą zderzaka mechanicznego umieszczonego na końcu linii lub poprzez stopery pneumatyczne. Przenośniki mogą być dodatkowo wyposażone w wałki hamujące lub moduły odbiorcze pozwalające na rozładunek palet wózkami widłowymi. Przenośniki grawitacyjne stosowane są także jako bufory do odbioru palet na końcach linii.

Linie transportowe wałkowe bez napędu budowane są ze znormalizowanych modułów, których wymiary geometryczne przedstawiono w tabeli 1.3. Cechami charakterystycznymi tych przenośników jest:

- możliwość dokonywania zmian podziałki wałków bez konieczności wykonywania prac dodatkowych,
- perforacja burty pozwalająca na zagęszczanie wałków w miejscach załadunku i rozładunku palet oraz na montaż wałków na różnych wysokościach burty,
- możliwość dokonania zmian w konfiguracji linii w zakresie długości, szerokości i wysokości,
- możliwość konfiguracji układu transportu z modułów przenośników wałkowych z napędem i bez napędu o różnych długościach nominalnych wraz z obrotnicami, windami, modułami uchylnymi lub przejezdnymi,
- możliwość transportu ładunków o szerokości większej niż szerokość przenośnika.

Tab. 1.3. Wymiary modułu przenośnika wałkowego grawitacyjnego do palet [24]

Przenośnik wałkowy grawitacyjny		
Długość modułu	TL	600-3000 mm
Średnica rolki	D	50 mm
Nominalna szerokość	NW	300, 400, 500, 600, 800, 1000 mm
Podziałka	P	60, 100, 140, 180 mm

Transport i sortowanie ładunków jednostkowych o małym ciężarze takich jak paczki, skrzynki, pudełka itp. w magazynach dystrybucyjnych i terminalach spedycyjnych realizowany jest w oparciu o wałkowe przenośniki lekkie z napędem lub grawitacyjne (rys. 1.2). Mogą współpracować z windami, łukami rolkowymi i taśmowymi oraz z transferami kątowymi. Na modułach końcowych

przeñośników często instalowane są obkurczarki folii, zaklejarki, wagi, drukarki, a także skanery kodów zintegrowe z nadrzędym programem WMS zarządzającym magazynem. Podobnie jak przeñośniki do palet, są one także przystosowane do zabudowy w regałach lub na estakadach. Linia transportowa może być wykonana z materiałów z atestem spożywczym spełniającym wymogi HACCP. W przeñośnikach bez napędu, kąt pochylenia przyjmuje następujące wartości:

Dla pojemników o ciężarze: 0,15 – 0,3 kN, pochylenie 6 – 7%
 0,3 – 0,8 kN, pochylenie 5 – 6%
 0,8 – 2,5 kN, pochylenie 4 – 5%.



a



b

Rys. 1.2. Przeñośnik wałkowy lekki [15]: a – z napędem b – grawitacyjny (bez napędu)

Cechy przeñośników wałkowych lekkich :

- unifikacja konstrukcyjna przeñośników grawitacyjnych i z napędem,
- podpory przeñośników posiadają płynną regulację wysokości pozwalającą na uzyskanie ergonomicznej wysokości pracy dla pracowników obsługujących linię,
- otwory mocujące wałki wykonane są w dwóch równoległych rzędach; mocowanie wałków w górnym rzędzie umożliwiając transport towarów szerszych niż bieżnia wałka; w drugim przypadku jest możliwość wykorzystania burt w charakterze prowadnic.

Przeñośniki wałkowe z napędem i bez napędu (grawitacyjne) zmontowane kompaktowo z regałami wałkowymi stanowią powszechnie stosowane rozwiązanie w procesach komisjonowania w miejscu składowania (rys. 1.3) oraz procesach buforowania towaru.



Rys. 1.3. Przenośniki wałkowe zintegrowane z regałami półkowymi [15, 39]

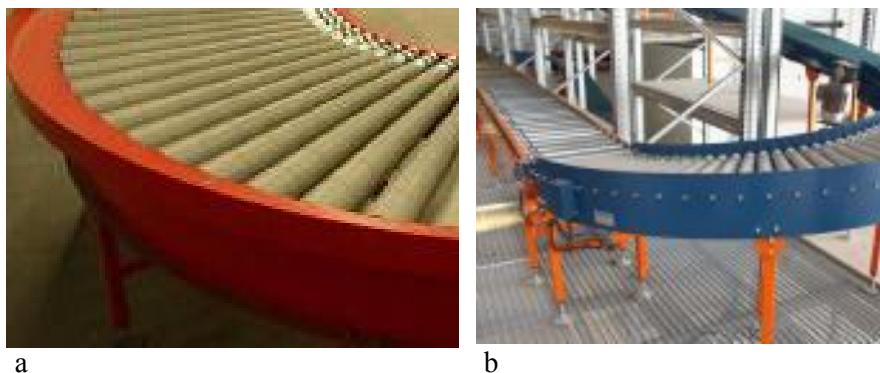
Przenośniki wałkowe z napędem oraz grawitacyjne nie mogą tworzyć jedynie prostoliniowych układów transportowych, muszą także zapewniać zmianę kierunku ruchu czy przenoszenie ładunku w kierunku poprzecznym. Z tego względu moduły przenośników łączy się z urządzeniami dodatkowymi takimi jak: łuki rolkowe (rys. 1.4), transfery kątowe i wywrotnice (rys. 1.5) oraz obrotnice (rys. 1.6).

Łuki kątowe wykonywane są bez napędu wałków (grawitacyjne) lub z napędem. W przypadku łuku z napędem, moment obrotowy z silnika napędowego przenoszony jest na wałki za pomocą pasków lub łańcuchów.

Cechy charakterystyczne łuków rolkowych:

- przeznaczone do zmiany kierunku transportu wałkowego o kąt 90° ,
- łuki rolkowe zestawione kompaktowo umożliwiając uzyskanie zmiany kierunku ruchu o kąt 180° ,
- mogą być łączone z przenośnikami taśmowymi,
- pozwalają na konstrukcję łuków o dowolnym kącie i promieniu.

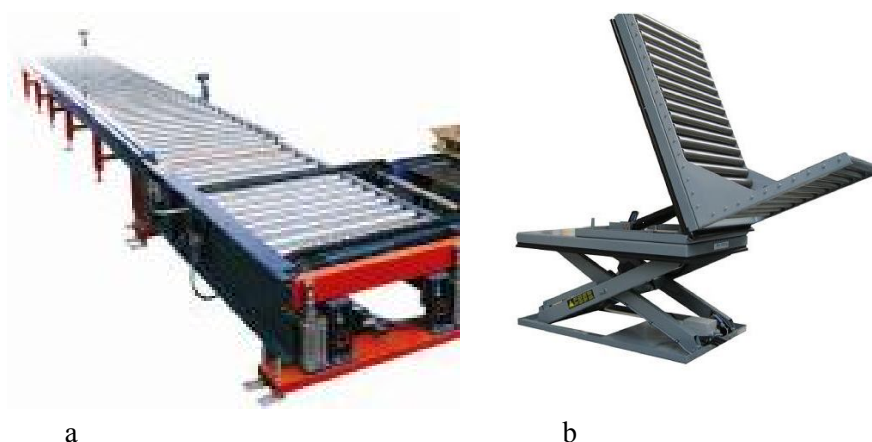
Transfery kątowe i wywrotnice służą do zmiany kierunku transportu o kąt 90° z jednoczesną zmianą usytuowania ładunku o kąt 90° w stosunku do kierunku transportu. Wyposażone są w siłowniki hydrauliczne w przypadku przenoszenia ciężkich palet lub w siłowniki pneumatyczne przy transporcie lekkich towarów. Transfery umożliwiają łączenie przenośników łańcuchowych z rolkowymi w dowolnej konfiguracji. Transfery i wywrotnice wymagają układu sterowania zintegrowanego z całym układem transportowym.



a

b

Rys. 1.4. Łuki wałkowe[15]: a – grawitacyjne, b – z napędem



a

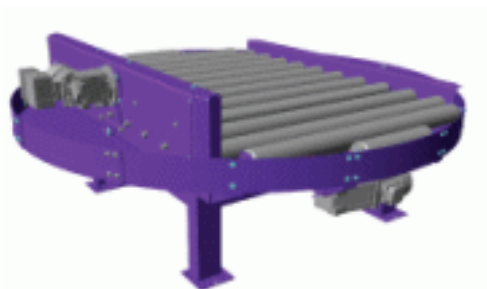
b

Rys. 1.5. Urządzenia do zmiany kierunku transportu [14]: a – transfer kątowy w układzie przenośnika wałkowego z napędem, b – wywrotnica z napędem hydraulicznym

Obrotnice wykonywane są jako urządzenia z napędem lub bez napędu. Obrotnice z napędem unifikowane są z przenośnikami wałkowymi z napędem i bez napędu oraz z windami i modułami odbiorczymi palet. Mogą być wykonane w standardzie z napędem wałków i obrotu lub też opcjonalnie z jednym z nich. Obrotnice bez napędu posiadają blokadę obrotu i układ hamulcowy rolek w celu zapewnienia obsłudze bezpiecznej pracy. Wyposażeniem dodatkowym obrotnic w liniach całkowicie zautomatyzowanych są czujniki do identyfikacji obecności ładunku. Obrotnice mogą mieć sterowanie indywidualne niezależne od sterowania całą linią. Takie rozwiązanie umożliwia wykonanie dodatkowych czynności np. zakładanie etykiet, narożników krawędziowych lub wyrównanie stosu na palecie przed foliowaniem palety.



a



b

Rys. 1.6. Obrotnice wałkowe [14]: a – zmiana kierunku transportu ładunku spaletyzowanego, b – widok urządzenia

1.2. Przenośniki cięgnowe

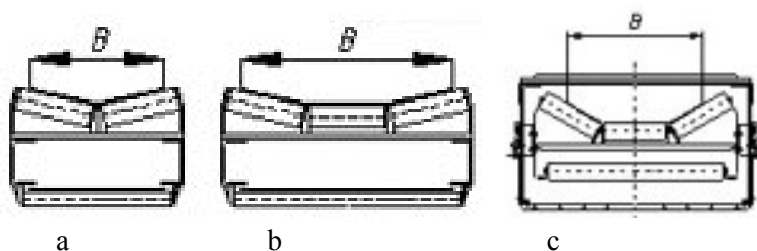
Przenośniki cięgnowe przemieszczają ładunek w sposób ciągły lub cykliczny za pośrednictwem napędzanych i odpowiednio posadowionych zespołów konstrukcyjnych ukształtowanych w postaci ciągów: taśmowych, linowych, łańcuchowych lub członowych. W grupie przenośników cięgnowych rozróżnia się przenośniki: taśmowe, członowe oraz łańcuchowe.

1.2.1. Przenośniki taśmowe nieckowe

Przenośniki taśmowe nieckowe wykorzystywane są do transportu ładunków sypkich. Konstrukcja przenośnika bazuje na taśmie prowadzonej na wałkach. W zależności od ciężaru transportowanego ładunku stosuje się przenośniki taśmowe z niecką dwu lub trójkątną (rys. 1.7). Kształt niecki uzależniony jest od rodzaju ładunku, wydajności transportu i kąta nachylenia przenośnika. Napięcie taśmy realizowane jest przez zastosowanie naciągów śrubowych lub masowych wiszących. Przenośniki taśmowe nieckowe do transportu bliskiego są najczęściej budowane o długości nie przekraczającej 100 [m], posiadają taśmę o szerokości $0,2 \div 1,2$ [m]. Napęd taśmy może pochodzić z bębna napędowego lub wprost z elektrobębna, prędkość przesuwu taśmy zawiera się w granicach $0,1 \div 1$ [m/s]. Maksymalne obciążenie masowe nie przekracza 100 [kg/m].

Przenośniki taśmowe nieckowe obudowane (rys. 1.7c) wykorzystywane są w zakładach chemicznych, zakładach artykułów spożywczych, cukrowniach, młynach, itp. Obudowa ma gwarantować zabezpieczenie ładunku przed zanieczyszczeniem zewnętrznym oraz utrzymanie zadanej temperatury nosiwa.

Przeñośniki obudowane stosowane są te¿ w przypadku gdy nosiwo ma szkodliwe oddziaływanie na środowisko i człowieka. W zale¿ności od indywidualnych potrzeb i wymagan: BHP, HACCP, ppoz., obudowa mo¿e by pyłuszczelna lub hermetyczna. Podpory przeñośnika w wykonaniu standardowym pozwalają na całej konstrukcji pod dowolnym kątem w stosunku do podłõza oraz na dowolnej wysokości. Pokrywy lub okienka wizyjne umo¿liwiają obserwacj nosiwa podczas pracy przeñośnika oraz umo¿liwiają dostęp w celu wykonania konserwacji lub napraw (rys. 1.8).



Rys. 1.7. Przeñośnik taśmowy[4]: a – z niek dwukrżkow, b – z niek trjkrżkow, c – z niek trjkrżkow obudowany; B – szerokość transportowa



a



b

Rys. 1.8. Przeñośniki taśmowe obudowane [39, 47]: a – rozmieszczenie przeñośników na różnych poziomach, b – okienko wizyjne na powierzchni bocznej obudowy

1.2.2. Przeñośniki taśmowe płaskie

Przeñośniki taśmowe płaskie posiadają tam prowadzoną na poziomych elementach konstrukcyjnych: wałkach lub blachach ślizgowych. Przeñośniki znajdują one zastosowanie w transporcie magazynowym i midyoperacyjnym lekkich ładunk. Zunifikowane są z lekkimi przeñośnikami wałkowymi, są przystosowane do pracy w układcie poziomym i nachylonym. W magazynach

dystrybucyjnych mogą być zabudowane w regałach półkowych (rys. 1.9). Burty przenośnika są dostosowane do mocowania dodatkowych barierek i czujników. Napęd taśmy pochodzi z bębna napędowego lub z elektrobębna. Ciągi transportowe przenośników taśmowych płaskich budowane są z modułów konstrukcyjnych. Przykładowe wymiary geometryczne modułu przenośnika przedstawiono w tabeli 1.4.

Przenośniki taśmowe płaskie projektowane dla przemysłu spożywczego wykonane są ze stali kwasoodpornej, powinny posiadać atesty spożywcze na wszystkie komponenty mające kontakt z żywnością zgodnie z wymogami HACCP¹ (możliwy transport na taśmie nieopakowanych produktów spożywczych). Istnieją przesłanki aby urządzenia mające kontakt z żywnością były konstruowane według zaleceń EHEDG².



Rys. 1.9. Przenośniki taśmowe płaskie zabudowane przy regałach półkowych [19, 47]

W celu zmiany kierunku transportu stosowane są łuki taśmowe (rys. 1.10). Łuki takie mogą być także wbudowane pomiędzy prostoliniowe odcinki przenośników rolkowych.

¹ HACCP (ang. Hazard Analysis and Critical Control Points) – System Analizy Zagrożeń i Krytycznych Punktów Kontroli – postępowanie mające na celu zapewnienie bezpieczeństwa żywności przez identyfikację i oszacowanie skali zagrożeń z punktu widzenia wymagań zdrowotnych żywności oraz ryzyka wystąpienia zagrożeń podczas przebiegu wszystkich etapów produkcji i obrotu żywnością produktami spożywczymi; system ten ma również na celu określenie metod eliminacji lub ograniczania zagrożeń oraz ustalenie działań korygujących.

² EHEDG (Europejska Grupa Projektowa Urządzeń Higienicznych) – organ określający zasady jakie należy przestrzegać, aby zaprojektowany wyrób cechował się wysoką higienicznością wykonania. Zalecenia EHEDG wskazują na zastosowanie stali nierdzewnej o odpowiedniej chropowatości powierzchni, jako czynnika determinującego czystość i higieniczność powierzchni elementów mających kontakt z żywnością. Zalecenia projektowe zawierają również zalecane zasady projektowania np. dotyczące łączenia elementów w sposób zapewniający łatwość czyszczenia, brak zalegania żywności itd.



Rys. 1.10. Łuk taśmowy płaski [47]

Tab. 1.4. Wymiary modułu przenośnika taśmowego płaskiego[24]

Przenośniki taśmowy płaski		
Długość modułu	TL	800-20200 mm
Średnica rolki napędowej	D	54/80 mm
Szerokość taśmy	BB	270, 370, 470, 570, 770 mm
Nominalna szerokość	NW	300, 400, 500, 600, 800 mm

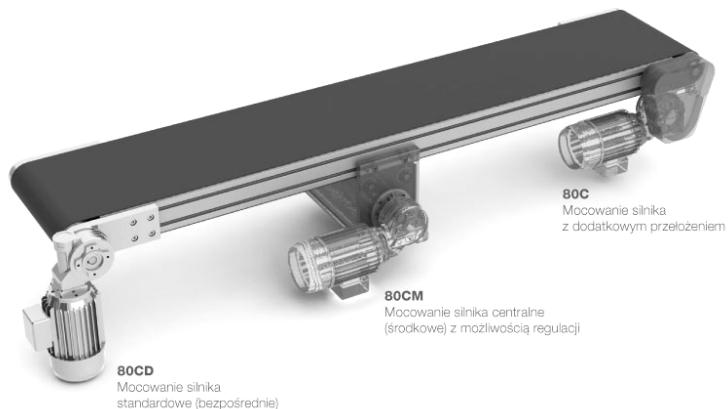
Charakterystyka standardowego przenośnika taśmowego płaskiego:

- podstawa oraz rama przenośnika wykonane na bazie profili stalowych lub aluminiowych,
- taśmą transportującą podparta na płycie z blachy nierdzewnej z prostą lub zagiętą krawędzią (ograniczenie boczne),

- możliwość wyboru typu taśmy transportowej np. taśma z zabierakami poprzecznymi, falbaną boczną lub z klinem prowadzącym na dolnej powierzchni,
- przenośniki o długości powyżej 2 [m] wyposażone w wałki podpierające taśmę transportową; wałki o średnicy $\varnothing 50$ [mm] wykonane ze stopów aluminium lub z PCV,
- napęd przenośnika realizowany za pomocą asynchronicznego trójfazowego silnika z przekładnią ślimakową; układ napędowy może być uzupełniony o dodatkową przekładnię pasową,
- prędkość przesuwu taśmy stała lub regulowana przy pomocy przemiennika częstotliwości; w przenośnikach z przekładnią pasową możliwość regulacji prędkości poprzez stosowanie kół pasowych o różnych średnicach,
- przenośnik może być wykonany zarówno z podstawą jak i bez niej.

Specjalne rozwiązania konstrukcyjne przenośnika taśmowego płaskiego:

- napęd taśmy realizowany przez elektrobęben, rozwiązanie stosowane w przypadku braku miejsca na zamontowanie motoreduktora (rys. 1.11),
- przenośnik łamany umożliwiający transport na zadaną wysokość,
- przenośnik z taśmą siatkowo-metalową stosowany do transportu materiałów o wysokiej temperaturze (do 200 °C) lub elementów z ostrymi krawędziami,
- przenośnik wyposażony w pasek antystatyczny,
- przenośnik wyposażony w mechaniczne końcowe ograniczniki oraz stałe lub regulowane ograniczniki boczne



Rys. 1.11. Przenośnik taśmowy z alternatywnymi miejscami mocowania silnika napędowego [25]

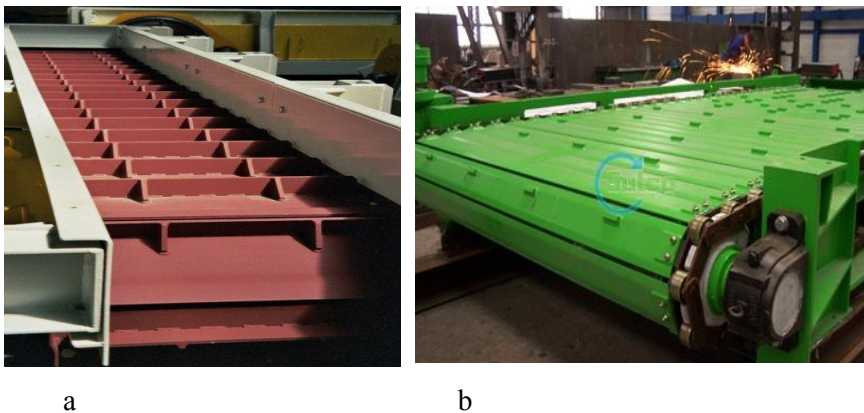
W przenośnikach taśmowych oprócz taśm gładkich stosowane są taśmy perforowane, które mogą posiadać:

- zabieraki wzdłużne i poprzeczne o różnej wysokości i kącie pochylenia,
- gumowaną powierzchnię antypoślizgową.

Zaletą taśm jest możliwość ich łatwego mycia, osuszania, przedmuchiwania bezpośrednio na pracującym przenośniku. Posiadają wysoką trwałość, można je łatwo naprawiać.

1.2.3. Przenośniki członowe

Przenośniki członowe obok przenośników taśmowych stanowią najbardziej rozpowszechnioną grupę urządzeń transportu ciągłego. Są to przenośniki przemieszczające materiały luzem bądź ładunki jednostkowe, a w przypadku zachowania szczelności pomiędzy członami – także materiały sypkie lub granulowane. Transportowany materiał spoczywa na różnie ukształtowanych członach połączonych za pośrednictwem cięgien w łańcuchy pociągowe, obejmujące jeden nieprzerwany obwód (rys. 1.12).



Rys. 1.12. Przenośniki członowe [44]: a – z zabierakami na powierzchni roboczej członów do transportu kruszywa, b – z członami płaskimi do transportu ciężkich ładunków

Kształt i wymiary członów są dostosowane do rodzaju transportowanego materiału. Jednym z parametrów konstrukcyjnych jest szerokość członów B , którą dobiera się w zależności od gabarytów transportowanego materiału zgodnie z zależnością:

$$B = X \cdot a_{\max} + 200 \quad [mm] \quad (1.1)$$

gdzie: a_{\max} – największy wymiar transportowanych materiałów [mm],
 X – współczynnik (dla materiałów niesortowalnych $X=1,7$, dla sortowanych $X=2,5$) [6].

Przenośnik członowy działa na podobnej zasadzie jak przenośnik taśmowy, przy czym funkcję napędową i napinającą stanowią tu koła łańcuchowe. Łańcuchy pociągowe dodatkowo zaopatrzone są w rolki biegiowe umocowane na ramie przenośnika. Prędkość ruchu przenośników członowych jest mniejsza niż przenośników taśmowych, najczęściej przyjmuje wartość $v = 0,3 - 0,6$ [m/s]. W porównaniu z przenośnikami taśmowymi przenośniki członowe mają wiele zalet. Można do nich zaliczyć:

- dużą odporność członów na ścieranie,
- dużą wytrzymałość łańcuchów umożliwiającą uzyskanie dużej wydajności transportowej na długich odcinkach (wynika z możliwości transportu ładunków o znacznej masie),
- możliwość skracania i wydłużania łańcucha,
- możliwość transportu materiałów o ostrych krawędziach,
- spokojną pracę dzięki małej prędkości liniowej,
- możliwość wykonywania specjalnych technologicznych operacji bezpośrednio na przenośniku np.: przedmuchiwanie, odłuszczenia, spływanie olejów do wanny pod przenośnikiem, itp.,
- redukcję kosztów i czasu przestoju przenośnika (przy uszkodzeniu wymienia się tylko niezbędną ilość członów),
- możliwość stosowania różnych rodzajów członów (elementy modułowe).

Wadami przenośników członowych są wysokie koszty wykonania oraz konieczność starannej konserwacji ze względu na liczne połączenia przegubowe.

Przenośniki członowe przeznaczone do transportu ładunków o masie do kilku kilogramów, tzw. przenośniki członowe lekkie mogą służyć jako transportery buforujące w przemyśle farmaceutycznym i spożywczym, w różnych procesach technologicznych, np.: napełniania, etykietowania, zamykania, kapslowania, sortowania, itp. Stosowane są często przy procesach gdzie wymagana jest odporność wysokotemperaturowa oraz chemiczna. Moduły urządzenia mogą pracować w ruchu poziomym lub pod nachyleniem, prostobieżnie lub po łuku, posiadać budowę jedno lub wielorzędową (rys. 1.13).

Przenośniki członowe lekkie posiadają następujące cechy konstrukcyjne:

- płynność ruchu łańcucha pociągowego uzyskana dzięki zębate osadzeniu kół łańcuchowych na wałku napędowym oraz zwrotnym (napinającym),
- modułowa konstrukcja łańcucha wykonanego ze stali lub tworzywa sztucznego (podziałka od 1/2' do 3,15'); moduły łączone za pomocą stalowych sworzni,
- trójfazowy lub jednofazowy asynchroniczny silnik napędowy zblokowany z przekładnią ślimakową,
- stała lub regulowana (za pomocą przemiennika częstotliwości) prędkość liniowa łańcucha transportowego; prędkość do 50 [m/min],
- kompensacja wydłużenia łańcucha oraz eliminacja kołysania się na długości (spowodowane np. wzrostu temperatury),



Rys. 1.13. Przenośniki członowe lekkie do transportu opakowań szklanych [32]

Ważnym elementem konstrukcyjnym przenośnika członowego lekkiego są w różny sposób konfigurowane burty boczne dzięki, którym można bezpiecznie przemieszczać produkty o dużym zakresie wysokości i różnych średnicach. Charakterystyczną, szczególnie docenianą zaletą przenośnika płytkowego jest niezwykle płynny, łagodny transfer, możliwość swobodnego przemieszczania ładunków po szerokich łukach. Konstrukcje wielorzędowe zapewniają buforowanie transportowanego produktu (butelki, słoiki, puszki), gwarantując tym samym większe wydajności linii produkcyjnych oraz zmniejszenie odległości między urządzeniami pracującymi w linii.

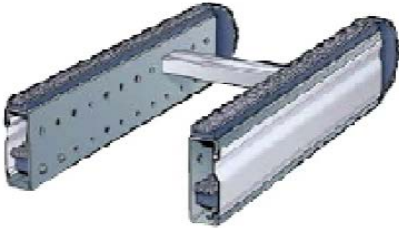
1.2.4. Przenośniki łańcuchowe

Przenośniki łańcuchowe używane są wszędzie tam, gdzie nie ma możliwości zastosowania przenośników taśmowych i członowych. Urządzenia tego typu wykorzystywane są głównie do przenoszenia palet, skrzyń, kontenerów plastikowych i metalowych (rys. 1.14). Przenośniki te budowane są ze znormalizowanych modułowych elementów; przykładowe wymiary modułu zestawiono w tabeli 1.5. Przenośniki łańcuchowe dedykowane są do transportu ładunków o masie nie przekraczającym 1500 [kg].

Funkcję pociągowo – przenośną pełnią tutaj łańcuchy umieszczone w specjalnych prowadnicach ślizgowych z tworzywa sztucznego o dużej wytrzymałości na nacisk i ścieranie. W zależności od potrzeb można zastosować od 2 do 5 cięgien. Cięgna łańcuchowe rozpięte pomiędzy kołem łańcuchowym napędzanym a zwrotnym (pełniącym również funkcje napinania) przenoszą ładunek na swojej górnej części nośnej. Takie rozwiązanie konstrukcyjne zapewnia bezpieczny transport zarówno lekkich jak i ciężkich produktów. Mogą również łączyć różne urządzenia technologiczne w ciągach magazynowych. Przenośniki te można stosować samodzielnie lub jako część linii produkcyjnej.

Tab. 1.5. Wymiary modułu przenośnika łańcuchowego [24]

Przenośniki paletowe łańcuchowe		
Długość modułu	TL	1000 – 1200 mm
Odległość osi łańcuchów	CC	500, 1000 mm
Nominalna szerokość	NW	500, 1000 mm



a



b

Rys. 1.14. Przenośnik łańcuchowy: a – do transportu palet [10], b – do transportu opakowań kartonowych [25]

Cechy konstrukcyjne standardowego przenośnika łańcuchowego do palet:

- prowadnice łańcuch wykonane z tworzyw sztucznych; prowadnice płaskie lub z wyobloną krawędzią tworzącą ograniczenie boczne przenośnika,
- rolki łańcucha wykonane ze stali lub tworzyw sztucznych,
- zwrotna część łańcucha umieszczona wewnątrz profilu aluminiowego,
- napęd realizowany poprzez asynchroniczny trójfazowy silnik sprzężony z przekładnią ślimakową,
- prędkość liniowa łańcucha stała lub regulowana poprzez przemiennik częstotliwości.

1.2.5. Parametry pracy przenośników ciągłych

Podstawowymi parametrami pracy przenośników ciągłych są: moc silnika napędowego oraz wydajność.

Moc potrzebna do przemieszczania ładunku odpowiada mocy silnika napędowego użytego do napędu przenośnika i jest sumą:

- Mocy użytecznej potrzebnej do przeniesienia ładunku:

$$N_U = \frac{1}{360} \cdot W \cdot H \cdot g \quad [W] \quad (1.2)$$

- Mocy potrzebnej do pokonania oporów ruchu przenośnika przy przemieszczaniu ładunku w poziomie z prędkością v :

$$N_o = P \cdot v \quad [W] \quad (1.3)$$

gdzie: W – wydajność masowa [kg/h],

H – wysokość transportowania ładunku [m],

g – przyspieszenie ziemskie [m/s²],

P – siła oporów od wszystkich części ruchomych przenośnika [N],

V – prędkość liniowa przenośnika [m/s].

Wydajność teoretyczna przenośników to wydajność objętościowa:

$$W_o = 3600 \cdot A \cdot v \quad [m^3 / h] \quad (1.4)$$

lub wydajność masową:

$$W = 3600 \cdot G \cdot v \quad [kg / h] \quad (1.5)$$

gdzie: A – przekrój poprzeczny strumienia ładunku na przenośniku [m²],

G – masa przewożonego ładunku przypadająca na jeden metr długości elementu roboczego przenośnika (np. taśmy) [kg/m]

v – prędkość liniowa transportowanego materiału [m/s]

W przypadku transportu oddzielnych jednostek ładunkowych (sztukowych), wydajność definiujemy jako wydajność sztukową:

$$W_i = \frac{v}{a} \quad [sztuk / s] \quad (1.6)$$

gdzie: a – odstęp pomiędzy ładunkami na linii przenośnikowej [m].

v – prędkość liniowa transportowanego materiału [m/s].

Liczba jednostek ładunkowych z_o na linii przenośnikowej:

$$t_o = \frac{L}{v} \quad [s] \quad (1.7)$$

$$z_o = \frac{t_o}{t_p} = \frac{L}{v} \cdot W_i \quad [sztuk] \quad (1.8)$$

gdzie: L – długość linii przenośnikowej [m],

t_p – takt czasowy podawania jednostek ładunkowych na linię [s].

Prędkość przenośnika taśmowego zależy od rodzaju przenoszonego ładunku – tabela 1.6.

Tabela 1.6. Zalecane prędkości przenośnika taśmowego w zależności od rodzaju transportowanego ładunku

Lp	Ładunek	Prędkość liniowa taśmy [m/s]
1	Niezdzierający np. zboże	0,5 ÷ 4,0
2	Zdzierający np. koks, tłuczeń	1,0 ÷ 2,5
3	Drobnica	0,5 ÷ 0,75
4	Węgiel kamienny i brunatny	3,0 ÷ 4,5

Źródło: opracowanie własne na podstawie [6]

Maksymalna wydajność transportowa dla ładunków tzw. sztukowych zależy od prędkości liniowej cięgna v [m/s] oraz od minimalnej dopuszczalnej odległości a [m] między punktami środkowymi dwóch kolejnych ładunków:

$$W^{\max} = 3600 \frac{v}{a} \quad [jm/h] \quad (1.9)$$

Prędkość v zależy od masy ładunków i od mocy napędów. Minimalna odległość a uzależniona jest od wydajności urządzeń obsługujących, które dostarczają i odbierają ładunek (wózek widłowy, suwnica) – rys. 1.15.

Przyjmując:

- t_z – czas cyklu załadunku [s/jłp],
- z – liczba wózków dokonujących załadunku.

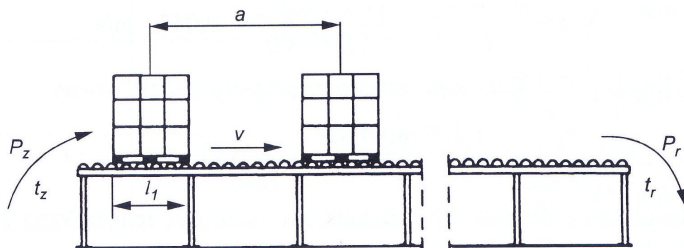
Odstęp między jednostkami ładunkowymi wyrażony będzie zależnością:

$$a = \frac{t_z}{z} v \quad [m] \quad (1.10)$$

Wstawiając wyrażenie (1.9) do (1.10) otrzymujemy:

$$W^{\max} = 3600 \frac{z}{t_z} [jm/h] \quad (1.11)$$

Analiza wzoru (1.11) doprowadza do wniosku, że wydajność przenośnika (środka o działaniu ciągłym) zależy nie tylko od jego prędkości lecz i od wydajności załadunku tego przenośnika.



Rys. 1.15. Schemat do obliczania wydajności środków o działaniu ciągłym [1]

Dodatkowo konieczne jest spełnienie warunku ograniczającego:

$$\frac{t_z}{z} v \geq l_1 + b \quad (1.12)$$

gdzie: b – minimalna odległość między ładunkami; w przypadku jednostek ładunkowych paletowych (jłp) przyjmuje się $b = 0,3 - 0,4$ [m].

1.3. Przenośniki podwieszane

Systemy transportu podwieszanego instaluje się głównie w pomieszczeniach zamkniętych: halach produkcyjnych, magazynach, itp. Na podwieszanych do sufitu hali aluminiowych konstrukcjach (przypominających złożony układ torów) przemieszczają się wózki (tzw. trolleys). Konstrukcja posiada zwrotnice pozwalające na swobodne kierowanie towaru w wymagany obszar magazynu (rys. 1.16). Kierunek jazdy wózekków i związany z nim przepływ towaru kontrolowany jest poprzez oprogramowanie współpracujące z systemami WMS³ oraz układy skanerów. Wymiary wózekków dostosowane są do masy i gabarytów przewożonego towaru, np. w hurtowniach odzieżowych mają długość ok. 500 [mm] i nośność do 35 [kg].

Systemy te współpracują zarówno z technologią RFID, jak i z bardziej powszechnymi kodami kreskowymi. Ze względu na to, że kody kreskowe oraz tagi RFID⁴ są powiązane z nośnikami, na których umieszczany jest towar, uzyskiwany jest wiarygodny system rozpoznawania każdej sztuki towaru.

³ WMS (ang. Warehouse Management System) – program do zarządzania ruchem produktów w magazynach. Głównym zadaniem realizowanym w ramach systemów WMS jest bezbłędna lokalizacja towarów w magazynie oraz kontrola przebiegu obrotu magazynowego. W systemie WMS operator może wygenerować odpowiednią etykietę i oznaczyć nią jednostki towarowe lub w momencie przyjmowania towaru do magazynu przyjąć do systemu informacje zawarte na etykietce nadanej jej wcześniej przez inny podmiot.

⁴ RFID (ang. Radio-frequency identification) – technika, która wykorzystuje fale radiowe do przesyłania danych oraz zasilania elektronicznego układu (etykieta RFID) stanowiącego etykietę obiektu przez czytnik, w celu identyfikacji obiektu. System odczytu umożliwia także identyfikację wielu etykiet znajdujących się jednocześnie w polu odczytu.



Rys. 1.16. Przykładowy układ torów systemu transportu podwieszanego [28]

Z punktu widzenia centrum dystrybucyjnego, systemy transportu podwieszanego gwarantują dobre wykorzystanie przestrzeni magazynowej, łatwe i szybkie przemieszczanie towaru w obrębie danego poziomu i pomiędzy poziomami magazynu, przejrzysty sposób składowania połączony z możliwością śledzenia każdej partii towaru we wszystkich procesach magazynowych i transportu, znaczne skrócenie czasu kompletacji towaru i sortowania na destynacje (wykorzystanie zbiorczego pobierania towaru i sortowania grupy zamówień w obrębie jednej fali).

Do zalet systemów transportu podwieszanego należą:

- wysoki poziom wykorzystania dostępnej powierzchni magazynowej,
- znaczna poprawa gęstości składowania towaru,
- redukcja dróg kompletacji oraz czasu pieszego przemieszczania się operatorów,
- niskie koszty utrzymania, duża łatwość obsługi oraz bardzo niski poziom hałasu,
- stosunkowo niskie koszty inwestycji,
- możliwość obsługi całkowicie ręcznej oraz automatycznej, w zależności od potrzeb operacyjnych,
- dostępna technologia automatycznego sortowania towaru na poszczególne miejsca dostaw,
- śledzenie towaru na poziomie pojedynczych sztuk (adapter L-VIS),
- możliwość elastycznej rozbudowy systemu w zależności od wolumenu produkcji lub magazynowania,
- kompatybilność z maszynami pakującymi.



Rys. 1.17. Zastosowanie transportu podwieszonoego w zakładzie produkcyjnym [28]

1.4. Przenośniki o zmiennej długości

Przenośniki o zmiennej długości to mobilne urządzenia transportu poziomego, których cechą konstrukcyjną jest bezstopniowa zmiana długości. Elementami umożliwiającymi transport są rolki, wałki lub taśma płaska.

1.4.1. Przenośniki toczne rozciągane

Przenośniki rozciągane to mobilne urządzenia transportowe o płynnie regulowanej długości oraz wysokości (rys. 1.18). Służą przede wszystkim jako bufory, łączniki i końcowe odcinki w liniach produkcyjnych, a także jako stanowiska montażowe. Ponadto, wykorzystywane są do przeładunku pojazdów i kontenerów. Jako element toczny wykorzystywane są rolki lub wałki. Dzięki współczynnikowi wydłużenia nawet do 4:1 po złożeniu, uwalniają użytkową powierzchnię magazynową. Transportery tego typu posiadają możliwość elastycznej konfiguracji linii przebiegu transportu. Produkty w czasie ruchu zachowują tor przenośnika bez konieczności stosowania burt bocznych. W razie potrzeby istnieje możliwość zamocowania burt zapobiegających ześlizgiwaniu się produktów na zakrętach. Ładunki mogą być przesuwane ręcznie lub transportowane samoistnie pod wpływem sił grawitacji, poprzez ustawienie przenośnika pod odpowiednim kątem.

Typoszeregi tworzy się w zależności od ciężaru transportowanych ładunków. Przenośniki wałkowe lekkie posiadają nośność 300 [kg/mb], ciężkie wytrzymują nacisk do 460 [kg/mb]. Przenośniki rolkowe dostosowane są do przenoszenia lżejszych ładunków, posiadają nośność do 80 [kg/mb].

Stosując przenośniki rolkowe lekkie można uzyskać wymagany kształt konstrukcji, począwszy od łuków o różnych promieniach aż do pełnego okręgu.

Stalowe, ocynkowane rolki rozmieszczone są na osiach naprzemiennie, co gwarantuje utrzymanie zadanego toru przemieszczania ładunków bez konieczności ciągłej kontroli. Dodatkową zaletą tego systemu jest lekkość konstrukcji i łatwość w manewrowaniu.

Podstawowe parametry przenośników rolkowych lekkich [69]:

- standardowe szerokości robocze: 300, 400, 500, 600 [mm],
- modułowa konstrukcja: długość pojedynczego modułu w stanie złożonym: 1 [m], w stanie rozłożonym: od 2 do 9 [m],
- standardowa podziałka rolek: 125 [mm],
- regulowana wysokość podstaw: 580 - 865 [mm],
- samonastawne koła o średnicy 100 [mm] wyposażone w hamulec.



Rys. 1.18. Przenośniki rozciągane [24]: a –rolkowy, b –wałkowy

Przenośniki grawitacyjne wałkowe służą do transportu ładunków o różnej wielkości i nieregularnej podstawie np. kartony, skrzynki, worki, mogą służyć jako łączniki i bufory w różnego rodzaju liniach technologicznych, a także jako zakończenia linii pakujących czy montażowych.

Podstawowe parametry przenośników wałkowych grawitacyjnych [34]:

- standardowe szerokości robocze: 450, 600, 750 i 900 [mm]
- modułowa konstrukcja: długość w stanie złożonym: 1,25 [m], długość w stanie rozłożonym: od 3,75 do 25 [m],
- rolki stalowe, ocynkowane o średnicy 49 [mm],
- standardowa podziałka rolek: 125 [mm] (opcjonalnie: 75 i 100 [mm]),
- maksymalne obciążenie: 300 [kg/mb],
- regulowana wysokość podstaw: 750 - 1040 [mm],
- samonastawne koła o średnicy 125 [mm] wyposażone w hamulec.

Przeñośniki wałkowe napędzane umożliwiają szybki i bezpieczny załadunek i rozładunek pojazdów oraz usprawniają transport wewnętrzny w centrach logistycznych, przeładunkowych, w sortowniach kurierskich, a także w mniejszych firmach produkcyjnych i dystrybucyjnych. Duża elastyczność pozwala na dostosowanie długości przeñośnika do różnego rodzaju pojazdów czy kontenerów. Regulowana prędkość zapewnia adaptację urządzenia do aktualnych potrzeb oraz zwiększa koordynację procesów. Przeñośniki napędzane doskonale sprawdzają się w tradycyjnym systemie dystrybucji towarów, a także w przypadku przeładunku bezpośredniego cross-docking. Mogą być również wykorzystywane do łączenia maszyn i urządzeń w linie technologiczne oraz jako zakończenia linii pakujących czy montażowych.

Podstawowe parametry przeñośników rolkowych napędzanych [34]:

- standardowe szerokości robocze: 450, 600, 750 i 900 [mm],
- modułowa konstrukcja: długość w stanie złożonym: 1,25 [m], długość w stanie rozłożonym: od 3,75 do 25 [m],
- rolki stalowe, ocynkowane o średnicy 40 [mm],
- standardowa podziałka rolek: 125 [mm] (opcjonalnie: 75 i 100 [mm]),
- maksymalne obciążenie: 150 [kg/mb],
- samonastawne koła o średnicy 160 [mm] wyposażone w hamulec
- napęd za pomocą motoreduktorów SEW EURODRIVE o mocy 90 [W],
- prędkość regulowana w zakresie: 10 - 40 [m/min],
- zasilanie: 230/240 [V], 50 [Hz].



Rys. 1.19. Przeñośnik rozciągany wałkowy z napędem [34]

1.4.2. Przenośniki teleskopowe

Przenośniki teleskopowe to transportery wyposażone w płaską taśmę ciągnową, których konstrukcja umożliwia zmianę czynnej długości roboczej. Przenośniki te mogą być stacjonarne (rys. 1.20), instalowane najczęściej w punktach załadunku, łączą magazyn z przestrzenią ładunkową samochodu ciężarowego.

Cechy przenośników teleskopowych stałych:

- przyciski sterujące umieszczone są na obydwu końcach przenośnika,
- możliwość obsługi przez jedną osobę.
- przenośnik może być wyposażony w hydrauliczny podnośnik dzięki czemu można zmieniać kąt pod jakim będzie wysuwany.



Rys. 1.20. Przenośnik teleskopowy stacjonarny [24]



a



b

Rys. 1.21. Zastosowanie przenośniki teleskopowych mobilnych [7]: a – łączenie linii transportowej z wnętrzem pojazdu, b – zautomatyzowany załadunek pojazdu

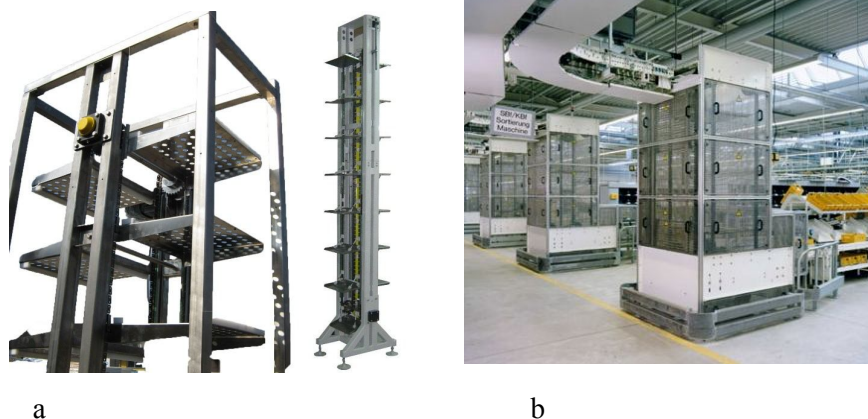
Przenośniki teleskopowe oferowane są również w wersjach mobilnych służących głównie do automatyzacji prac przeładunkowych (rys.1.21). Posiadają ramę nośną wyposażoną w kółka co pozwala ustawienie konstrukcji w dowolnym miejscu. Maksymalna długość przenośnika wynosi 10 [m]

1.5. Przenośniki pionowe

Ze względu na gabaryty ładunku bądź ograniczenia przestrzeni w okolicach linii produkcyjnej, często zachodzi potrzeba przemieszczenia produktu na inne piętro. Transport taki realizowany jest przez trzy rodzaje przenośników pionowych: windowe, indeksowane i cyrkulacyjne. Ich zastosowanie umożliwia lepsze wykorzystanie przestrzeni produkcyjnej oraz magazynowej. Przenośniki pionowe są kompatybilne z przenośnikami poziomymi.

1.5.1. Przenośniki windowe

Przenośniki windowe zwane też przenośnikami pionowymi półkowymi są urządzeniami transportu pionowego służącymi przede wszystkim do podnoszenia i opuszczania ładunku w warunkach ograniczonej przestrzeni manipulacyjnej. Zazwyczaj winda zajmuje bardzo mało miejsca, niewiele więcej niż gabaryty transportowanych produktów. Windy można całkowicie zintegrować z innymi urządzeniami transportowymi, przemieszczony pionowo na odpowiedni poziom ładunek może być dalej przemieszczany kolejną linią transportową (przenośniki łańcuchowe, rolkowe, taśmowe itp.). Płyty poziome wind mają możliwość poruszania się w płaszczyźnie pionowej góra - dół lub zintegrowane są z ciągami wykonującymi ruch okrężny (rys. 1.22, 1.23). Przenośniki windowe cechują się bardzo dużą wydajnością – do 3000 [szt/h], maksymalne obciążenie półki 1,5 [t].

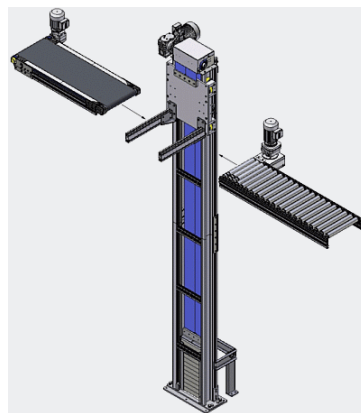


Rys. 1.22. Przenośnik windowy [26, 38]: a – widok ogólny, b – zintegrowany z systemem transportowym wewnątrzzakładowym

Przeñoniki windowe słurowe (rys. 1.23) wyrózniają się mocną, zwartą i prostą budową. Karetka podnośnika poruszająca się „górá-dół” z prędkością do 2 [m/s] może być wyposażona w podajnik rolkowy lub taśmowy. Winda słurowa zapewnia możliwość szybkiej i bezpiecznej dystrybucji ładunków między kilkoma poziomami zabudowy magazynowej. W zależności od wymagań windę można doposażyć w szafę sterującą, dowolnie ją programować i zintegrować z istniejącymi już układami podajników.



a



b

Rys. 1.23. Przeñoniki windowe słurowe: a – widok na karetkę z przeñonikiem taśmowym [4], b – przykład współpracy z przeñonikami poziomymi [40]

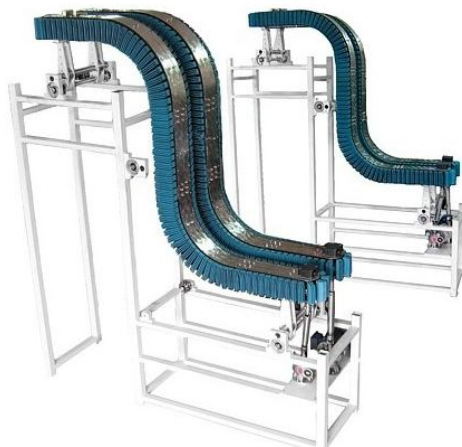
Przeñoniki windowe słurowe posiadają następujące zalety:

- umożliwiają transport ładunków o różnych wymiarach między wieloma poziomami,
- zapewniają wydajność do 200 [szt/h] przy maksymalnym obciążeniu do 1,5 [t],
- dają możliwość załadunku i wyładunku w dowolnym kierunku,
- posiadają regulowaną prędkość unoszenia z zakresem: 0,1; 0,2; 0,5; 1; 1,5; 2,0 [m/s].

1.5.2. Przeñoniki grippowe

Przeñoniki (transportery) grippowe służą do pionowego przemieszczania butelek, słoików, puszek, opakowań kartonowych, aerozoli bez zmiany orientacji transportowanych produktów. Stosowane są wszędzie tam gdzie występuje potrzeba połączenia ze sobą dwóch linii pracujących na różnych poziomach w warunkach zachowania ciągów komunikacyjnych przy małej powierzchni pomieszczenia produkcyjnego. Przeñoniki te sprawdzają się

w przemyśle spożywczym, kosmetycznym i farmaceutycznym. Przenośniki grippowe skonfigurowane są jako dwie równoległe sekcje pracujące w układzie wynoszącym do góry lub opuszczającym w dół, w których transport odbywa się między specjalnymi łańcuchami z nakładkami gumowymi (lamelowymi) zwanymi łańcuchami „grippowymi” (rys. 1.24). Wynoszenie odbywa się na zasadzie klinowania produktów pomiędzy dwoma łańcuchami. Przenośniki mogą być wyposażone w regulowaną szerokość prowadnice, dzięki czemu istnieje możliwość przemieszczania produktów o różnych średnicach i kształtach na jednej linii produkcyjnej (możliwa szybka zmiana asortymentu). Ustawianie parametrów pod konkretny produkt może odbywać się w sposób ręczny lub automatyczny silnikami elektrycznymi.



Rys. 1.24. Przenośniki grippowe [38]

1.5.3. Przenośniki spiralne

Przenośniki spiralne to urządzenia transportu pionowego, w których element wykonawczy tworzy linię spiralną. Przenośniki te pracują w ruchu ciągłym, a ich zasilanie i rozładunek może odbywać się na dowolnym poziomie.

Przykładem przenośnika spiralnego jest transporter łańcuchowo – płytkowy [20], charakteryzujący się modułową budową, z możliwością stosowania różnych szerokości płytek transportowych. Konstrukcja przenośnika umożliwia dowolność kształtowania drogi transportowej spirali na każdym z poziomów bez przerywania ciągu transportowego i konieczności stosowania kolejnych napędów czy układów sterowania (rys. 1.25).

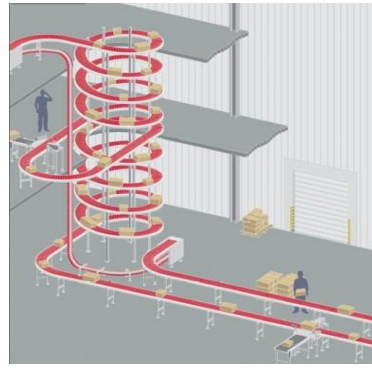
Konstrukcja typu „deniway” umożliwia realizację projektów spiral procesowych i buforujących, w tym spiral dwukierunkowych realizujących równocześnie transport w obu kierunkach, zasilanych przez jeden silnik napędowy (rys. 1.26).

Zalety transportera spiralnego łańcuchowo – płytkowego typu „deniway”:

- niskie koszty eksploatacji, transporter o długości 100 [m] wyposażony jest w napęd o mocy poniżej 1 [kW],
- niskie koszty instalacji i uruchomienia – jeden silnik napędowy przypadający na 300 [m] transportera, dowolne miejsce stacji napędowej, konstrukcja skręcana dostarczana jako gotowa do montażu,
- brak smarowania, brak elementów ciernych i zużywających się, brak konieczności cyklicznych kalibracji,
- praca z prędkością do 3 [m/s], możliwość pracy ciągłej 24 [h/dobę],
- możliwość dowolnej modyfikacji już istniejącej drogi transportowej w związku z przebudową lub nową inwestycją bez konieczności wymiany całych sekcji transportera, możliwość pracy w warunkach aseptycznych (brak pylenia i smarowania).



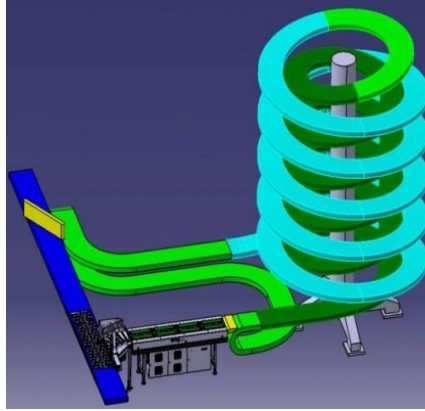
a



b

Rys. 1.25. Transporter spiralny łańcuchowo – płytkowy „Deniway” [20]: a – przykład zastosowania w ośmiopiętrowej drukarni, b – schemat ideowy

Do transportu lekkich produktów na niewielką wysokość stosowane są transportery spiralne typu „deniconda”. Są to transportery zbudowane na bazie pasa modułowego (rys.1.27). Poprzez zastosowanie standardowych elementów i dzięki lekkiej konstrukcji rozwiązanie to charakteryzuje się bardzo wysoką trwałością i niską energochłonnością (jeden napęd). Prostota konstrukcji umożliwia także swobodne kształtowanie transportera, dostosowując jego parametry, takie jak: wysokość, ilość zwojów, kąt wzniosu, kierunek i kąt załadunku/rozładunku spirali, średnicę zewnętrzną szerokość pasa do indywidualnych potrzeb. Dowolność w kształtowaniu przenośnika umożliwia konstruowanie spirali rekordowo małych o średnicy zewnętrznej 1200 [mm].



Rys. 1.26. Transporter spiralny dwukierunkowy typu „deniway” [20]

W przypadku zastosowania przenośnika „denicondy” w przemyśle spożywczym, eliminowane są siedliska zanieczyszczeń: takie jak smarowane łańcuchy i łożyska. Dla specjalnych działów produkcji przeznaczony jest przenośnik w całości wykonany ze stali nierdzewnej, dopuszczony do swobodnego mycia detergentami całej konstrukcji.



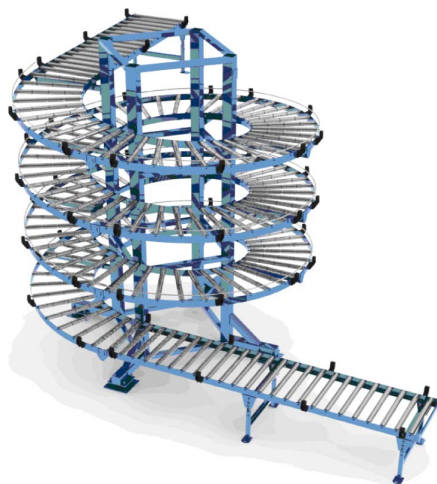
a



b

Rys. 1.27. Transporter spiralny typu „denicody” [20]: a – widok ogólny urządzenia, b – przykład zastosowania w przemyśle spożywczym

Spirala grawitacyjna (rys.1.28) to przenośnik transportu pionowego nie wymagający napędu. Przemieszczanie ładunków odbywa się przy użyciu siły grawitacji. Odpowiednie nachylenie części roboczej konstrukcji zapewnia bezpieczny transport i utrzymanie odpowiedniego toru ładunków bez konieczności stałej kontroli. Rozwiązanie takie umożliwia połączenie kilku poziomów systemu transportowego w magazynie, dzięki czemu na każdym z pięter istnieje możliwość dokładania załadunku. Spirale można zintegrować z automatycznym systemem transportowym poprzez wykorzystanie przenośników rolkowych.



Rys. 1.28. Spirala grawitacyjna [22]

1.6. Urządzenia dodatkowe

Do podstawowych kategorii urządzeń dodatkowych można zaliczyć: stoły buforujące, przenośniki liniujące oraz układy spychania. Urządzenia te instalowane są w miejscu wykonywania specjalistycznych czynności nad transportowanym ładunkiem.

Stoły buforujące (rys. 1.29) mają za zadanie akumulować nadmierną ilość produktów napływających z linii produkcyjnych. Mogą one również wyrównywać ich przepływ, buforować je lub wyodrębnić pojedyncze sztuki. Stoły buforujące zazwyczaj znajdują się na końcu linii produkcyjnej i usprawniają pracę manualną operatorów ciągów technologicznych. Dzięki zastosowaniu tego typu urządzeń pracownicy mają odpowiednią ilość czasu na zapakowanie produktów a także na wyeliminowanie wadliwych sztuk towaru. Urządzenia te sprawdzają się przy wytwarzaniu produktów w opakowaniach jednostkowych typu: pudełka, puszki, kubki.



Rys. 1.29. Stół buforowy [38]

Przenośniki liniujące (rys. 1.30) optymalizują w sposób kontrolowany przepływ produktów w systemach przepływu materiałów, zwiększając ich przepustowość poprzez znaczne zmniejszenie lub całkowite wyeliminowanie tzw. „wąskich gardeł” zapewniając ciągły przepływ. Głównym zadaniem tych urządzeń jest ukierunkowanie produktów dostarczanych z przenośników linii produkcyjnych o kilku rzędach do jednej linii. Każdy pojedynczy tor po, którym przemieszczają się produkty ma inną prędkość przesuwu, jest osobno napędzany i sterowany (bezstopniowe sterowanie). Urządzenia te często wstawiane są między maszynami pakującymi a wagami kontrolnymi, drukarkami etykiet, urządzeniami kontroli jakości.

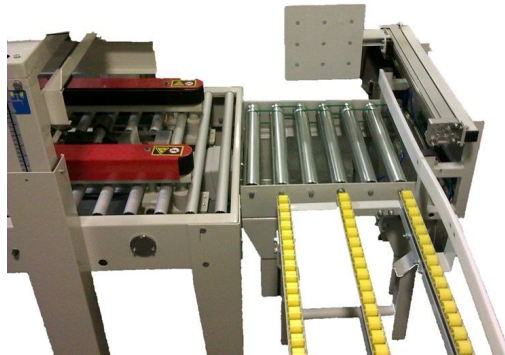


Rys. 1.30. Stół liniujący [28]

Podstawowe zalety stosowanie urządzeń liniujących to:

- szybka i prosta zmiana pasa ruchu,
- wyeliminowanie ręcznego przemieszczania,
- zapewnienie ciągłości przepływu towarów,
- łatwe monitorowanie produkcji,
- możliwość zmiany regulacji dla różnych wielkości opakowań,

Układ spychania (rys. 1.31) służy do przemieszczania zbiorczych opakowań produktu (np. kartonowych) lub grupowania indywidualnych egzemplarzy (tzw. liniowanie). Jego zadaniem jest zmiana kierunku przemieszczanego ładunku gdy kierunki wejść bieżni współpracujących przenośników są różne (np. prostopadłe). W układach spychania jako elementy wykonawcze stosuje się siłowniki jednostronnego działania. Produkty podawane są z jednego przenośnika na drugi w zadanych chwilach dzięki układom fotokomórek zamontowanym na obu przenośnikach. Konstrukcję, gabaryty i sposób zmiany kierunków układów spychania dostosowuje się do indywidualnych zamówień klientów. Zaletami układów spychania są: możliwość integracji z różnymi systemami transportowymi, oszczędność przestrzeni oraz możliwość łączenia linii przenośnikowych o różnych kierunkach



Rys. 1.31. Układ spychania [28]

2. Wózki transportowe

Wózki transportowe definiowane są jako mobilne urządzenia transportowe o ruchu przerywanym i nieograniczonym obszarze działania. Są najbardziej uniwersalnymi urządzeniami, pracują w strefie produkcyjnej, w strefie wejścia jednostek ładunkowych do magazynu, w bezpośredniej strefie składowania i kompletacji ładunków, jak również w strefie wyjścia ładunków z magazynu i ich ekspedycji. Wózki wysokiego składowania oraz kompensacyjne są traktowane jako równorzędne środki transportowo – przeładowcze w stosunku do układnic magazynowych przy wysokości składowania do 12 [m]. Wynika to ze znacznej wysokości podnoszenia ładunków, ich dużej mobilności oraz konstrukcyjnego dostosowania do wymaganych szerokości korytarzy transportowych. Dodatkową zaletą jest możliwość obsługiwanania przez jeden wózek kilku korytarzy (stref) transportowych oraz duża elastyczność we współpracy z innymi środkami transportu ładunków, głównie przenośnikami.

Podstawowa klasyfikacja wózków transportowych [2, 3]:

1 – Wózki unoszące:

a – ręczne:

- widłowe
- platformowe

b – napędowe

- prowadzone
- kierowane

2 – Wózki podnośnikowe (uniwersalne)

a – prowadzone

- z podnoszeniem hydraulicznym o napędzie ręcznym
- z podnoszeniem hydraulicznym o napędzie akumulatorowym

b – kierowane

- czołowe widłowe
- chwytnikowe (kontenerowe)
- boczne widłowe

3 – Wózki podnośnikowe korytarzowe

a – wysokoregalowe

- z wysuwaniem masztem
- z wysuwanymi widłami
- z widłami obrotowo – przesuwными
- z widłami teleskopowymi bocznymi

b – kompletacyjne (do komisjonowania)

- czołowe (z widłami pojedynczymi)
- czołowo – boczne
- boczne

4 – Wózki przewożące (operacyjne)

a – ręczne

- pchane (burtowe)
- ciągnięte (dyszlowe)

b – ciągnikowe

- holujące
- platformowe.

2.1. Wózki unoszące

Wózki unoszące stanowią podstawowy tzw. podręczny sprzęt stosowany do przewozu ładunków skompletowanych w jednostki transportowe. Ze względu na mały prześwit w układzie jezdnym wykorzystuje się je na betonowych lub utwardzonych podłożach.

Wózki unoszące ręczne platformowe (rys. 2.1b) są przeznaczone do transportu ładunków niespaletyzowanych i nietypowych oraz podnoszenia ich na żadaną wysokość. Mechanizm podnoszenia zbudowany jest na bazie podnośnika jedno lub dwunożycowego. Udźwig wózków jednożycowych to maksymalnie 0,5 [t] a największa wysokość podnoszenia to 0,9 [m]. Wózek dwunożycowy ma mniejszy udźwig ale większą wysokość podnoszenia.

Wózki ręczne widłowe (paletowe) (rys. 2.1a) są wyposażone w hydrauliczny układ unoszenia ładunku na wysokość 0,2 [m]. Ich nośność zawiera się w przedziale 1÷ 2 [t]. Wózki te są napędzane za pomocą wychylnego dyszla, który jednocześnie spełnia funkcję uchwytu kierowniczego.



a



b

Rys. 2.1. Wózek ręczny: a – paletowy [48], b – platformowy [45]

Tab. 2.1. Specyfikacja wózka ręcznego paletowego

Parametr	Jednostka	Wartość
Udźwig	kg	2500/3000
Masa wózka	kg	65-80
Wysokość podnoszenia	mm	115
Wysokość widel w stanie opuszczonym	mm	85
Długość widel (opcjonalnie)	mm	1100/1150/1220
Grubość / szerokość zęba	mm	45/160
Szerokość widel (opcjonalnie)	mm	520/550/685
Szerokość korytarza dla palet 1000×1200	mm	1733/1803
Szerokość korytarza dla palet 800×1200	mm	1783/1803
Promień skrętu	mm	1266/1336

Źródło: opracowanie własne na podstawie [48]

Wózki unoszące napędzane mają cechy użytkowe podobne jak wózki unoszące ręczne a różnią się jedynie rodzajem napędu. Napęd mechaniczny stosuje się do wózków o większej nośności, jest to wyłącznie napęd elektryczny akumulatorowy. Wózki napędzane wykonywane są w wersji prowadzonej i kierowanej z miejscem dla operatora na rampie nośnej (rys. 2.2).



Rys. 2.2. Wózki unoszące napędzane [39]: a – prowadzony typu Easy Truck Plus, b – kierowany z podestem dla operatora typu OMG

Wysokość podnoszenia wózków unoszących osiąga wartość 0,15 [m] a udźwig w zakresie $1 \div 3$ [t]. Prędkość jazdy w wersji prowadzonej wynosi $4 \div 6$ [km/h] a w wersji kierowanej $10 \div 15$ [km/h].

Wybrane parametry techniczne wózka unoszącego napędzanego prowadzonego typu Easy Truck Plus [39] – rys. 2.2.a:

- udźwig: 1500 [kg],
- wysokość podnoszenia: 190 [mm],
- długość wideł: 1150 [mm],
- szerokość korytarza roboczego: 1914 [mm],
- bateria: 24/65 [V/Ah],
- maksymalna prędkość jazdy: 5,3-5,8 [km/h].

Charakterystyka wózków unoszących napędzanych prowadzonych [39] :

- elektryczny silnik napędowy z regulowaną prędkością jazdy
- proces unoszenia realizowany ręcznie poprzez siłownik hydrauliczny zblokowany z drążkiem kierowniczym.
- hamulec bezpieczeństwa w standardowym wyposażeniu,
- wskaźnik stanu naładowania akumulatora oraz sygnał dźwiękowy informujący o krytycznie niskim stanie naładowania baterii.

Na rys. 2.2.b przedstawiono wózek unoszący napędowy kierowany typu OMG [39] posiadający automatyczną regulację prędkości na zakrętach oraz elektryczne wspomaganie sterowania, wyposażony w bezobsługowy silnik AC. Wózek jest przystosowany do pracy w wąskich korytarzach i wytwarzany w dwóch wersjach zabudowy platformy: z zabudową tylną oraz z zabezpieczeniami bocznymi.

Podstawowe parametry tego wózka to:

- udźwig: 2000 [kg],
- wysokość podnoszenia: 205 [mm],
- możliwość wydłużenia wideł (co 100 mm),
- szerokość korytarza roboczego: 2080/2525 [mm],
- silnik: do napędu kół – $N = 2,6$ [kW], podnoszenia – $N = 2,0$ [kW],
- bateria: 24/300 [V/Ah],
- maksymalna prędkość jazdy: 8,5 [km/h] (opcja 13 [km/h]).

Wózki unoszące napędzane kierowane serii BT Levio [45] charakteryzują się niewielkimi wymiarami i związaną z tym łatwością manewrowania, a także pełną ochroną operatora, który zajmuje pozycję stojącą prostopadłą do kierunku jazdy. Znajdują one zastosowanie w warunkach intensywnego transportu materiałów na długich trasach. Posiadają udźwig do 2 [t], rozwijana prędkość maksymalną to 12,5 [km/h].



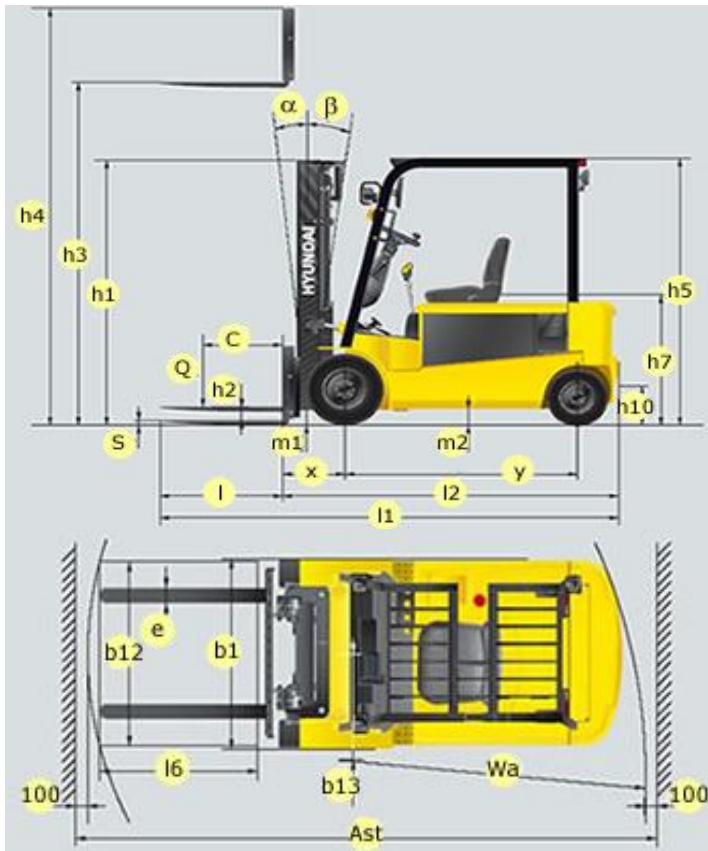
Rys. 2.3. Wózki paletowe z miejscem dla operatora BT Levio serii S [45]

2.2. Wózki podnośnikowe uniwersalne

Wózki podnośnikowe zwane wózkami widłowymi są najpopularniejszym środkiem ładunkowo – przewozowym w transporcie bliskim. Posiadają zdolność jednoczesnej realizacji prac transportowych i przeładowniczych w odniesieniu do jednostek ładunkowych (najczęściej typu paletowego) poddanych piętrzeniu i przemieszczaniu za pomocą hydraulicznego widłowego zespołu manipulacyjnego, posadowionego na mobilnym układzie jezdnym.

Podstawowymi parametrami technicznymi wózków widłowych są (rys. 2.4):

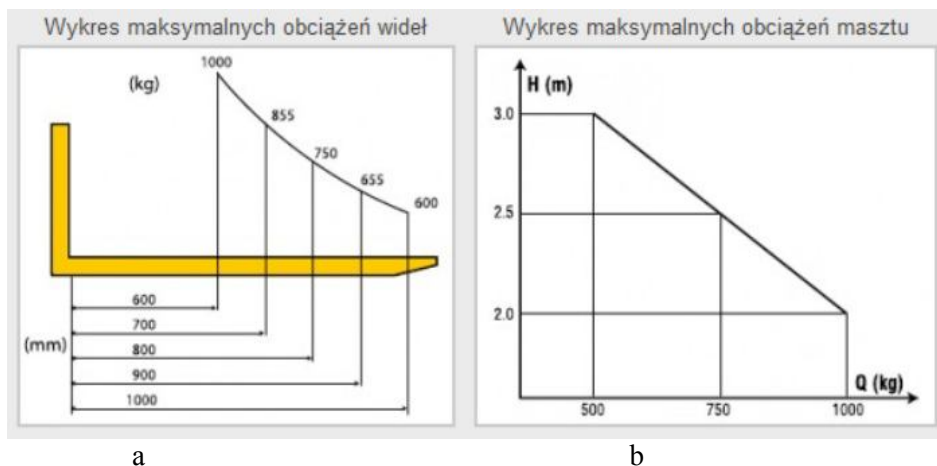
- udźwig nominalny Q definiowany jako największa dopuszczalna masa ładunku transportowanego,
- położenie c środka masy ładunku spoczywającego na widłach,
- długość wózka z widłami l_1 oraz bez widel l_2 ,
- wysokość podnoszenia h_4 czyli największa odległość w pionie między dolnym położeniem ładunku na widłach a położeniem w najwyższym możliwym punkcie, najczęściej $5 \div 7$ [m],
- maksymalna wysokość masztu h_3 i wysokość masztu po złożeniu h_1 ,
- kąt wychylenia masztu z pozycji pionowej: $\alpha = 3 \div 6^\circ$, $\beta = 6 \div 11^\circ$,
- wymiary widel: szerokość B_w ,
długość $l_6 = 1; 1,25; 1,5$ [m],
grubość zęba $s = 0,04; 0,05; 0,06$ [m],
szerokość zęba $e = 0,1; 0,125; 0,15$ [m],
- szerokość wózka $b_f = 1 \div 2,25$ [m],
- minimalny promień skrętu W_a ,
- operacyjna szerokość korytarza międzyregalowego A_{st} ,
- sumaryczna normowa wartość bezpiecznej odległości wózka od lewej i prawej linii wyznaczającej zakres operacyjny szerokości korytarza transportowego, parametr ten przyjmuje wartość 100 [mm].



Rys. 2.4. Parametry wózka podnośnikowego widłowego (opis parametrów w tekście) [25]

Położenie środka masy ładunku (parametr c) ma istotny wpływ udźwig wózka. Dla wózków o udźwigu nominalnym $Q = 1000 \div 5000$ [kg], udźwig jest stały w zakresie $c \leq 500$ [mm], natomiast przy $Q = 5000 \div 16000$ [kg], udźwig jest stały w zakresie $c \leq 600$ [mm].

Na rysunku 2.5 pokazano nomogram spadku udźwigu efektywnego wózka podnośnikowego o udźwigu nominalnym $Q = 1000$ [kg] po przekroczeniu przez położenie środka masy ładunku wartości granicznej $c = 500$ [mm].



Rys. 2.5. Wykresy udźwigności wózka podnośnikowego o udźwigności nominalnym $Q=1000$ kg: a – wykres maksymalnych obciążeń widel, b – wykres maksymalnych obciążeń masztu [28]

Zdolność operacyjną uniwersalnych wózków widłowych kierowanych w głównym stopniu determinują:

- maksymalny udźwig,
- warunki trakcyjne dróg i korytarzy transportowych,
- zasięg i prędkość jazdy,
- maksymalny, możliwy do pokonania wznios,
- zdolność szybkiego pokonywania łuków (stateczność dynamiczna boczna),
- zdolność adaptacji oprzyrządowania dodatkowego,
- stopień automatyzacji czynności operatorskich.

Wózki z podwoziem trzykołowym mają zdolność do poruszania się z prędkością $10 \div 15$ [km/h] i pokonywania wzniosów do 15%, natomiast wózki czteroślupowe poruszają się z prędkością $20 \div 40$ [km/h] i pokonują wzniosy nawet do 40% [3]. Udźwigi nominalne wózków wynoszą: $Q = 0,6 \div 3,2$ [t] w wersji z podwoziem trójślupowym i $Q = 5,0 \div 50$ [t] w wersji czteroślupowej.

Wózki podnośnikowe mogą być wyposażone w napęd spalinowy (rys. 2.6a) lub elektryczny (rys. 2.6 b).

Akumulatorowe wózki widłowe w większości rozwiązań technicznych, zasilane są prądem stałym o napięciu 80 [V], wyposażone są w elektronicznie nadzorowany system ładowania, dzięki któremu mogą pracować w sposób ciągły na trzy zmiany. Specjalne systemy baterii umożliwiają im ładowanie bezpośrednio w strefie pracy wózków, bez konieczności wyjmowania baterii z pojazdu. Dodatkowo wyposażone są w systemy samoczynnego nadzoru i diagnostyki.



Rys. 2.6. Wózek podnośnikowy widłowy z napędem a- spalinowym, b- elektrycznym [4]

Możliwość stosowania tzw. impulsowego sterownika jazdy i układu hydraulicznego sterowanego układem mikroprocesorowym umożliwia płynne, pozbawione zakłóceń podnoszenie, opuszczanie i pochylanie masztu. Dzięki sterowaniu impulsowemu, energia ruchu tracona przy hamowaniu odzyskiwana jest częściowo i gromadzona w akumulatorze. Daje to możliwość rekuperacji energii do 10%. Wózki elektryczne wymagają znacznie mniejszych nakładów na obsługę niż wózki spalinowe. Należy jednak brać pod uwagę fakt, że udźwigi wózków akumulatorowych nie przekraczają 4000 [kg].

Spalinowe wózki podnośnikowe przeznaczone do pracy w otwartym terenie lub magazynach tylko zadaszonych. Są napędzane silnikami spalinowymi wysokoprężnymi. Wózki pracujące w pomieszczeniach obszernych, względnie wysokich mogą być wyposażone w silniki spalinowe z katalizatorem lub silniki zasilane gazem (LPG lub CNG). W przypadku napędu spalinowego jeden silnik stanowi źródło napędu zarówno do jazdy jak i do podnoszenia. Zmianę wartości momentu napędowego układu jezdnego zapewniają przekładnie hydrokinetyczne z przełączaną pod obciążeniem przekładnią mechaniczną. Zespoły te umożliwiają bezstopniową, automatyczną zmianę prędkości jazdy. Przełożenie układu napędowego dostosowuje się automatycznie do obciążenia wózka. Napędy spalinowe są stosowane w wózkach o udźwigu większych od 1600 [kg].

Wózki firmy Still [43] wyposażone są w system napędu spalinowo – elektrycznego. Prądnica napędzana przez silnik wysokoprężny wytwarza prąd dla elektrycznych silników napędzających koła przednie wózka, których działanie jest automatycznie synchronizowane przez układ elektronicznego zadajnika obsługiwanego przez operatora. Silnik wysokoprężny napędzający prądnicę pracuje w znacznym stopniu niezależnie od chwilowych obciążeń zewnętrznych wózka, bardziej równomiernie, we względnie wąskim zakresie

prędkości obrotowej. Umożliwia to uzyskanie lepszej równomierności biegu w porównaniu z wózkami konwencjonalnymi. Silniki wysokoprężne w takich wózkach (przy udźwigu $2 \div 3$ [t]) nie mają w ogóle rozrusznika. Jego rolę przejmuje specjalna prądnica, która w cyklu rozruchowym bardzo szybko, prawie skokowo, osiąga obroty nominalne. Inne zalety tego napędu to:

- hamowanie elektromagnetyczne (przeciwprądowe),
- zdolność zmiany kierunku jazdy praktycznie przy każdej prędkości,
- możliwość tzw. jazdy pełzającej przy jednoczesnym szybkim podnoszeniu ładunku.

W wózkach widłowych skręt kół osi tylnej jest wymuszany ruchem tłoczyska siłownika hydraulicznego dwustronnego działania, który wraz z rozdzielaczem i pompą zasilającą stanowi układ hydrauliczny mechanizmu skrętu. Układ hydrauliczny obejmuje dodatkowo obwody: podnoszenia – opuszczania widel i pochylania masztu. W wózkach widłowych czołowych maszty budowane są w trzech wersjach:

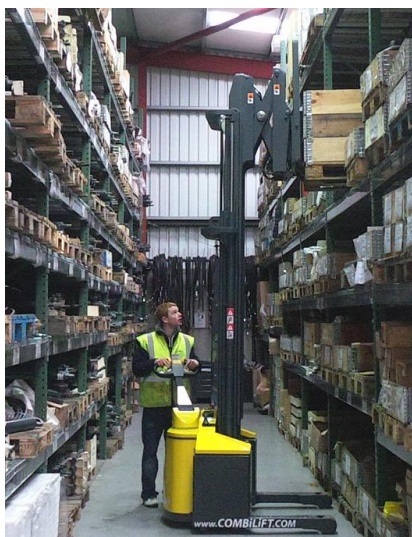
- z jednostopniowym podnoszeniem widel: h_3 do 2,5 [m],
- z dwustopniowym podnoszeniem widel: $h_3 = 3,5 \div 7$ [m],
- z trzystopniowym podnoszeniem widel: $h_3 = 7 \div 10$ [m].

Najlepsza odmiana wózka widłowego to wózek podnośnikowy prowadzony napędzany akumulatorowo. Podczas pracy operator podąża za wózkiem z prędkością $4 \div 6$ [km/h]. Wózek taki ma udźwig od 6,0 [t] do 20 [t] i może być wyposażony w maszt jedno lub dwustopniowy, co zapewnia osiągnięcie użytecznej wysokości podnoszenia w granicach $2,5 \div 3,5$ [m].

Wózek podnośnikowy prowadzony BT Staxio [45] może być wyposażony w funkcje dodatkowe, takie jak: podnoszone dodatkowe ramiona ułatwiające jazdę po nierównych podłożach i na pochyłościach czy też szeroko rozstawione wysięgniki do obsługi palet zamkniętych. Wózki te umożliwiają także obsługę podwójnych palet. Do standardowego wyposażenia należy zaawansowany system napędu i sterowania BT Powerdrive oraz system BT Powertrak optymalizujący przyczepność kół napędowych i zapewniający dzięki temu większą wydajność pracy wózka. Funkcja Sensi-Lift pozwala na precyzyjną kontrolę prędkości podnoszenia za pomocą przełącznika przechylnego znajdującego się na dźwigni sterującej wózka.



a



b

Rys. 2.7. Wózek podnośnikowy prowadzony BT Staxio z platformą do prac na długich dystansach [45]: a – widok ogólny, b – wózek podczas pracy [18]

2.3. Wózki podnośnikowe korytarzowe

Do wózków podnośnikowych korytarzowych zalicza się wózki wysokoregalowe oraz wózki kompletacyjne (do komisjonowania). Wózki te przeznaczone są do prac transportowych w magazynach wysokiego składowania oraz w magazynach gdzie wysoki stopień wykorzystania powierzchni magazynowej wymusza wytyczanie wąskich korytarzów międzyregalowych.

2.3.1. Wózki korytarzowe wysokoregalowe

Wózki korytarzowe wysokoregalowe (wózki wysokiego składowania) przeznaczone są do pracy w magazynach z regałami wysokiego składowania. Cechą charakterystyczną tych wózków jest brak stałych widel czołowych. Główny podział wózków korytarzowych opiera się na konstrukcji widel i ruchu przez nie wykonywanych.

Rozróżnia się wózki:

- z wysuwanymi widłami,
- z widłami obrotowo – przesuwanymi,
- z widłami teleskopowymi bocznymi,

Wózki podnośnikowe kierowane boczne posiadają widły umieszczone bocznie do kierunku jazdy. Są to w zasadzie wózki platformowe o wąskiej, bocznie umieszczonej kabinie operatora, w których w środkowej części umieszczony jest wysuwany układ masztu.

W każdej z wymienionych grup wózków wysokoregalowych wyróżnia się wózki o jednokierunkowym i wielokierunkowym kierunku jazdy.

Wózek z obrotową karetką (rys. 2.8) przeznaczony jest do pracy w bardzo wąskich przejściach mających 1,5 [m] szerokości. Widły obracają się poziomo o 180°, by umożliwić składowanie po obu stronach przejścia. Wózki tego typu zastępują typowe wózki boczne z wysuwym masztem.

Standardowe wyposażenie obejmuje [33]:

- trójsekcyjne maszty z wolnym skokiem o wysokościach podnoszenia od 2900 [mm] do 5700 [mm],
- automatyczny system precyzyjnego podnoszenia ładunku na wcześniej zaprogramowane wysokości regałów,
- wskaźnik wysokości podniesienia widel,
- system informowania o uderzeniu i system zapisu historii zderzeń,
- kabinę przystosowaną do pracy operatora w warunkach chłodniczych.



Rys. 2.8. Wózek wysokiego składowania z obrotową karetką [33]

Wózki wysokiego składowania firmy Promag noszą ogólną nazwę Reach Truck. Budowane są o udźwigu od 1600 [kg] do 2000 [kg]. Standardowo instalowane są w nich urządzenia kontrolujące prędkość jazdy w stosunku do skrętu koła sterującego oraz urządzenia spełniające funkcję automatycznej redukcji prędkości opuszczania i podnoszenia masztu [39]. W wyposażeniu dodatkowym instalowany jest preselektor wysokości unoszenia widel oraz kamera video z kolorowym monitorem. Wózki Reach Truck budowane są także na podwoziu umożliwiającym poruszanie się w czterech kierunkach (rys. 2.9).

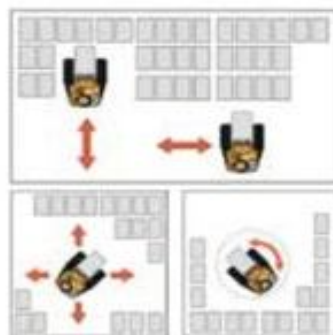
Przeznaczone są one do obsługi regałów wysokiego składowania w bardzo wąskich korytarzach roboczych oraz do obsługi regałów wspornikowych z dłużycami.

Parametry techniczne wózka Reach Truck OMG NEOS 25 4-D:

- udźwig: 2500 [kg],
- wysokość podnoszenia: 4500÷10500 [mm],
- szerokość korytarza roboczego: 2900 [mm],
- bateria: 48 V/620 [Ah].



a



4 kierunki jazdy

b

Rys. 2.9. Wózek wysokiego składowania Reach Truck OMG NEOS 25 4-D [39]: a – widok ogólny, b – możliwość manewrowania

Wózek wysokiego składowania Reach Truck OMG NEOS 25 4-D posiada następujące cechy konstrukcyjne:

- możliwość poruszania się w czterech kierunkach,
- posiada automatyczną blokadę podnoszenia masztu po rozładowaniu baterii powyżej 80 %,
- wbudowany wskaźnik pozycji koła napędowego,
- posiada zintegrowany przesuw boczny widel oraz dodatkowo możliwość instalacji pozycjonera widel,
- możliwość przystosowania wózka do pracy w mroźni i chłodni oraz w strefach zagrożonych wybuchem,

Największą wysokość składowania – do 12,5 [m] posiada wielokierunkowy wózek wysokiego składowania serii BT Reflex [45] (rys. 2.10). Jego udźwig zawiera się w granicach od 1200 do 2700 [kg].



Rys. 2.10. Wielokierunkowy wózek wysokiego składowania BT Reflex [45]

2.3.2. Wózki kompletacyjne

Wózki kompletacyjne (wózki do komisjonowania) służą do realizacji procesu kompletowania niejednorodnych jednostek ładunkowych w przestrzeni regałowej. Podnoszona platforma z kabiną operatora zintegrowana jest z masztem i podnoszona lub opuszczana wraz z zespołem widłowym. W celu bezkolizyjnego przemieszczania się w wąskich korytarzach wózki te wyposaża się w boczne rolki prowadzące układ jezdny wzdłuż przypodłogowych listew kierujących. Budowane są wyłącznie jako wózki akumulatorowe.

Wewnątrz tej grupy wózków wprowadzono podział ze względu na wysokość podnoszenia podczas prac kompletacyjnych:

- wózki niskiej kompletacji,
- wózki średniej wysokości kompletowania,
- wózki wysokiego podnoszenia.

Elektryczne wózki niskiego komisjonowania o udźwigu od 1000÷3000 [kg], budowane są często jako wózki podnośnikowe prowadzone (rys. 2.12).

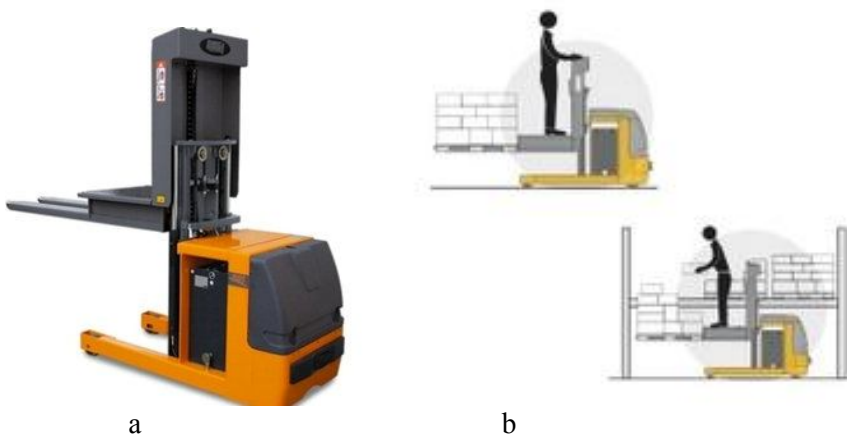
Przykładem wózka średniej wysokości kompletowania jest wózek elektryczny OMG 601 (rys. 2.13), który umożliwia wykonywanie czynności ładunkowych na wysokości do 2890 [mm].



Rys. 2.12. Elektryczny wózek podnośnikowy prowadzony niskiej kompletacji [50]

Parametry techniczne wózka OMG 601:

- udźwig: 1000 [kg],
- wysokość podnoszenia widel: 1100 [mm],
- wysokość podnoszenia platformy operatora: 1290 [mm],
- szerokość korytarza roboczego: 3210 [mm],
- blokada podnoszenia masztu po rozładowaniu baterii powyżej 80 %.



Rys. 2.13. Wózek kompletacyjny OMG 601 średniej wysokości kompletacji [39]:
a – widok ogólny, b – schemat prowadzenia prac kompletacyjnych



a



b

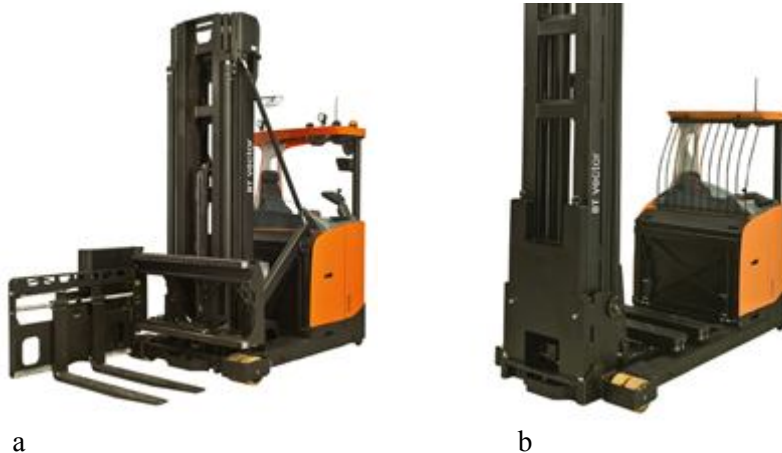
Rys. 2.14. Wózek kompletacyjny wysokiego podnoszenia OMG 904 AC [39]: a – widok ogólny, b – wózek podczas pracy

Wózki kompletacyjne elektryczne OMG 904 AC (rys. 2.14) z podnoszoną platformą operatora służące do transportowania towarów i kompletacji zamówień na najwyższych poziomach składowania. Wózki umożliwiają prowadzenie prac kompletacyjnych na wysokości do 10600 [mm].

Parametry techniczne wózka OMG 904 AC:

- udźwig: 1000 [kg],
- wysokość podnoszenia widel: 4720÷8720 [mm],
- wysokość podnoszenia platformy operatora: 5000÷9000 [mm],
- prace kompletacyjne prowadzone na wysokości do 10600 [mm],
- szerokość korytarza roboczego: 3435 [mm] (korytarz jezdny 1320 [mm]),
- blokada podnoszenia masztu po rozładowaniu baterii powyżej 80 %,
- ergonomiczny multifunkcyjny joystick sterujący wszystkimi operacjami.

Wózki widłowe do wąskich korytarzy firmy Combilift określane są skrótem VNA [45]. Charakteryzują się tym, że ich prowadzenie w korytarzu roboczym może być mechaniczne – za pomocą zamontowanych w podłożu szyn stalowych oraz tradycyjne – za pomocą układu kierowniczego. Wózki VNA BT Victor zapewniają wysokość podnoszenia do 14,8 [m], udźwig do 1500 [kg] i możliwość pracy w wąskich korytarzach o szerokości 1460 [mm] (rys. 2.12). Źródłem napędu są silniki prądu zmiennego o napięciu 48 [V].



Rys. 2.12. Wózki do komisjonowania VNA BT Victor [45]: a – wyposażone w obrotową głowicę z widłami, b – wyposażone w przesuwne widły umożliwiające pracę w najwęższych korytarzach

Wózki VNA serii OMG Genius (rys. 2.13) dają możliwość pracy przy operacjach kompletacyjnych w korytarzach roboczych o szerokości 1200 [mm], mają udźwig do 2000 [kg] i wysokość podnoszenia do 15700 [mm].



Rys. 2.13. Wózek do wysokiego komisjonowania OMG NEOS II TRI AC z przesuwną i obracaną karetką [39]

2.4. Wózki podnośnikowe o specjalnej konstrukcji

Oddzielną grupę konstrukcyjną wózków podnośnikowych stanowią wózki o specjalnej konstrukcji: wielokierunkowe oraz przegubowe.

2.4.1. Wózki wielokierunkowe

Wózki wielokierunkowe (czterokierunkowe) są przeznaczone do pracy w wąskich korytarzach międzyregalowych. Posiadają zespół przegubowo osadzonych kół jezdnych z możliwością obrotu wokół osi pionowej, mogą z dowolnego położenia wyjściowego realizować sterowany przejazd w jednym z czterech kierunków: do przodu, do tyłu, w prawo i w lewo, jak również realizować obrót w miejscu (rys. 2.14).



Rys. 2.14. Możliwe kierunki jazdy wózka wielokierunkowego z wysuwany masztem [18]

Specjalistyczne wózki wielokierunkowe znajdują zastosowanie przy transporcie nietypowych i ponadwymiarowych ładunków. Ich zaletą jest łatwe manipulowanie długimi ładunkami na ograniczonych przestrzeniach składowania. Kierunek jazdy zmienia się w kilka sekund po naciśnięciu przycisku, a automatyczny system sterowania z trzema synchronicznie skręcanymi kołami zapewnia olbrzymią zdolność manewrowania.

Wózki wielokierunkowe budowane są często jako wózki wysokiego składowania, umożliwiające załadunek towaru na wysokości powyżej 5 [m].

Wózki widłowe wielokierunkowe OMG LAT (rys. 2.15) znajdują zastosowanie do transportowania nietypowych ładunków takich jak np. dłużyce, rury, profile, arkusze itp.

Charakterystyka wózka widłowego wielokierunkowego OMG LAT :

- udźwig: 2000 / 2500 / 3000/ 3500 [kg],
- wysokość podnoszenia: 3200 ÷ 6700 [mm],
- szerokość korytarza roboczego: 2400 [mm],

- możliwość poruszania się w czterech kierunkach i wynikająca stąd znaczna redukcja szerokości korytarza roboczego,
- blokada podnoszenia masztu po rozładowaniu baterii powyżej 80 %



Rys. 2.15. Wózek wielokierunkowy do dłuźnic OMG [39]: a – widok ogólny, b – możliwości manewrowania

2.4.2. Wózki przegubowe

Magazyny wyposażone w regały rzędowe obsługiwane przez wózki czołowe są najmniej efektywne pod względem wykorzystania kubatury ze względu na konieczność o pozostawienia korytarza roboczych o szerokości 2,8÷4,5 [m]. Szerokość korytarza może ulec zmniejszeniu w przypadku stosowanie wózków korytarzowych VNA lub niektórych typów wózków wysokoregałowych czterokierunkowych (szerokość korytarza ok. 1,5 [m]). Stosowanie tych wózków wymaga jednak wyodrębnienia dodatkowego miejsca do wprowadzenia palety do korytarza oraz do przejazdu pomiędzy korytarzami (transfer). Jeszcze większą poprawę efektywności wykorzystania przestrzeni magazynowej daje zastosowanie wózków przegubowych. Wózki przegubowe (rys. 2.16) wymagają minimalnego korytarza roboczego – jedynie 1,65 [m], pozwalając na ograniczenie szerokości przestrzeni roboczej. Ponadto, dzięki ograniczonej szerokości korytarza transferowego (poniżej 3 [m]), pozwalają na osiągnięcie gęstości składowania nawet większej niż w przypadku wózków VNA. Istotny jest także aspekt ekonomiczny – wózki przegubowe są znacznie tańsze od klasycznych wózków VNA i nie wymagają dodatkowych instalacji w magazynie w postaci ścieżki indukcyjnej, bądź szyn prowadzących.



Rys. 2.16. Wózki przegubowe podczas pracy [28]

Rama wózka przegubowego przypomina wózek czółowy. Istotną różnicą i najważniejszą cechą funkcjonalną jest obrotowy maszt, podparty na kołach napędowych i zamontowany na specjalnym przegubie, wokół którego obraca się w zakresie 220° . Dzięki temu, podczas wykonywania operacji pobierania lub odstawiania palety w korytarzu regałowym, rama wózka przemieszcza się w bardzo niewielkim zakresie, potrzebując niewiele przestrzeni do wykonywania manewrów. Wózki przegubowe posiadają napęd elektryczny, przenoszony na jedno lub dwa koła przednie. W zależności od modelu mogą podnosić ładunek do 2000 [kg] na maksymalną wysokość do 12,5 [m].

Wózki przegubowe budowane są także w wersjach specjalnych. Przykładem jest wózek serii A do wąskich korytarzy z podnoszoną kabiną operatora przeznaczony do prac kompletacyjnych na dużych wysokościach (rys. 2.17). Wózki te posiadają udźwig do 1500 [kg] przy wysokości podnoszenia dochodzącej do 14,8 [m].

2.5. Wózki przewożące ciągnikowe

Wózki przewożące ciągnikowe są to środki transportu wewnętrznego posiadające własny napęd i przystosowane do przewozu ładunków na platformie nadwoziowej lub w dołączanych wózkach pozbawionych własnego napędu. Wózki przewożące ciągnikowe dzielą się na:

- holujące – spieniające funkcję ciągnika, do którego doczepione są wózki transportowe,
- platformowe – przewożące ładunek na płaskiej, pozbawionej burt skrzyni ładunkowej.



Rys. 2.17 Wózek przegubowy typu A przeznaczony do prac kompletacyjnych [45]

Składy transportowe, złożone z wózka holującego i jednego lub kilku wózków przyczepowych, stanowią w transporcie bliskim alternatywne rozwiązanie w stosunku do wózków podnośnikowych (widłowych). Wózki holownicze wykorzystywane są w operacjach związanych z transportem poziomym i kompletacją zamówień. Umożliwiają holowanie ładunków na paletach i bez palet, są przeznaczone do zastosowań wewnątrz i na zewnątrz pomieszczeń. System transportu składający się z wózka holowniczego i wózków transportowych stosowany jest do pracy w trybie *milck run*. System ten oparty jest na zaopatrzeniu produkcji i jednoczesnym usuwaniu niepotrzebnych pustych pojemników. Systemy wózków łączonych mogą poruszać się po hali produkcyjnej korytarzami o szerokości 2,5 [m] z zachowaniem stabilności toru jazdy.

Zalety produkcji bez użycia wózków podnośnikowych widłowych są wieloaspektowe. Z jednej strony ulega zwiększeniu częstotliwość dostaw poszczególnych części na stanowiska robocze. Z drugiej strony dzięki równoczesnemu zaopatrywaniu i usuwaniu zbędnych elementów z gniazd produkcyjnych udaje się zoptymalizować łańcuch dostaw, obniżyć udział pustych kursów wózków, co daje oszczędności w zakresie kosztów transportu wewnętrznego i produkcji. Spada również ryzyko wypadków dzięki wprowadzeniu dróg o jednym kierunku ruchu.

Rodzina wózków holowniczych BT Movit i Toyota Tracto obejmuje elektryczne wózki holownicze prowadzone ręcznie, z miejscem dla operatora oraz przeznaczone do intensywnej eksploatacji wózki holownicze z siedziskiem wyposażone w silniki spalinowe.



Rys. 2.18. Wózki holownicze [45]: a – ręczny BT Movit serii W, b – BT Movit serii N z miejscem dla operatora z podczepionym przesuwным regałem kompensacyjnym

Ręcznie prowadzone wózki holownicze BT Movit serii W (rys. 2.18a), stosowane głównie do holowania regałów na rolkach, charakteryzują się siłą uciążu do 1 [t]. Wózki holownicze z miejscem dla operatora BT Movit serii N (rys. 2.18b), posiadają siłę uciążu do 1000 [kg] i są przystosowane do holowania różnych konstrukcyjnie nośników ładunku – z zaczepem lub bez zaczepu. Wózki BT znajdują zastosowanie w lekkich pracach związanych z holowaniem i kompletacją zamówień. Wąskie i niskie podwozie o wysokości 65 [mm] ułatwiają manewrowanie i zwiększają komfort podczas operacji związanych z wewnętrznym transportem towarów.

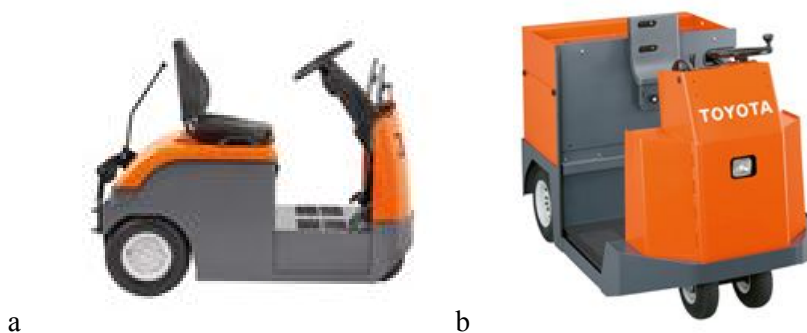


Rys. 2.19. Ciężki wózek holowniczy BT Movit serii S [45]: a – widok ogólny wózka, b – przykład zastosowania

Wózki holownicze BT Movit serii S (rys. 2.19), umożliwiają uzyskanie wysokiej wydajności prac związanych z holowaniem ładunków o masie do 3000 [kg]. Wózki te zostały wyposażone w zaawansowany system napędu i sterowania BT Powerdrive poprawiający osiągi ciągnika, wydajność pracy oraz łatwość obsługi. Elektroniczny układ hamulcowy wraz z systemem optymalizacji wydajności wózka dostosowującym prędkość podczas pokonywania zakrętów pozwala zwiększyć bezpieczeństwo jazdy i poprawić łatwość manewrowania.



Rys. 2.19. Ciężki wózek holowniczy BT Movit serii S [45]: a – widok ogólny wózka, b – przykład zastosowania



Rys. 2.20. Wózek holowniczy Toyota Tracto [45]: a – serii R, b – serii S

Wózki holownicze Toyota Tracto (rys. 2.20) wyposażone w siedzisko dla operatora, posiadają siłę uciągu 2000÷4000 [t]. Wyposażone są w elementy sterowania identyczne jak w samochodzie. Napęd stanowią silniki elektryczne prądu przemiennego AC lub przemysłowe silniki spalinowe.

Standardowe wózki transportowe (przyczepowe) Trolleys [43] są budowane w dwóch wersjach: z ramami typu „E” i „C” (rys. 2.21, 2.22). Typ E stanowi całą rodzinę nośników do przewozu ładunków o różnych wymiarach i masie. Rama typu „C”. posiada z cztery koła skrętne umożliwia jazdę z dużą stabilnością toru jazdy. Rama ta głównie służy do transportu ładunków paletyzowanych.



Rys. 2.21. Wózki transportowe z ramami typu E [43]



Rys. 2.22. Wózek transportowy z ramą typu C [43]

Do transportu europalet, palet przemysłowych oraz osiatkowanych firma LKE opracowała specjalny wózek – platform X (rys. 2.33). W tym przypadku zaleca długość zestawu wynosi ok. 10 [m], maksymalna masa zestawu 3000 [kg] a prędkość zestawu nie powinna przekraczać 6 [km/h]. Wózki wyposażone są w samozabezpieczający dyszel gwarantujący brak możliwości samoczynnego odpięcia się wózków.



Rys. 2.23. Nadwozie ramowe wózka typu Platform X [27]

2.6. Specjalistyczne pojazdy transportowe

Pojazdy do transportu wewnętrznego obejmują liczną grupę pojazdów przystosowanych do przewozu ładunków wielkogabarytowych oraz budowanych specjalnie dla określonej branży przemysłowej.

Do przewozu kontenerów stosowane są wozy podsiębierne RTG (rys. 2.34) na kołach ogumionych wyposażone w teleskopową chwytnię (spreader).



Rys. 2.34. Wózek podsiębierny RTG [37]

Wózki podsiębierne RTG posiadają układ jezdny w postaci kół ogumionych, w konfiguracji ośmiokołowej i szesnastokołowej, napędzane bezłańcuchowymi napędami. Cechy charakterystyczne tych wózków:

- obciążenie znamionowe 40,6 [t], w układzie twin lift 50,8 [t],
- prędkość jazdy wózka 70 [m/min],

- prędkość podnoszenia spreader'a – bez obciążenia 56 [m/min], prędkość podnoszenia ładunku o masie 40,6 [t] – 28 [m/min],
- maksymalna pozioma prędkość przesuwu spreader'a 130 [m/min],
- jednoczesny ruch podnoszenia, jazdy suwnicy i ruch pozycjonujący,
- wysokość podnoszenia 1 do 6 kontenerów,
- wyposażenie dodatkowe: moduł DGPS wspomagający automatyczny system pozycjonowania i umożliwiający rozpoznawanie kontenerów.



Rys. 2.35. Wózek widłowy typu Reach Staker Seria 357 [16]

Odmianą konstrukcyjną wózka kontenerowego jest ReachStacker (rys. 2.35) wyposażony w wysięgnikowy uchwyt do mocowania i podnoszenia kontenera. Wózki te układają kontenery o masie do 45000 [kg] w pierwszym rzędzie i 35000 [kg] w drugim rzędzie składowania. Wyposażone są w spalinowy silnik wysokoprężny a wytworzony moment napędowy przenoszony jest za pomocą czterostopniowej automatycznej skrzyni biegów.

Cechy charakterystyczne wózków kontenerowych Reach Stacker :

- nieduża wysokość wózka co w połączeniu z nisko położonym środkiem ciężkości zapewnia dobrą stabilność,
- wysuwne teleskopowe ramie umożliwiające składowanie kontenerów na wysokości nawet 16 [m] w trzecim rzędzie składowania,
- mikroprocesorowy pomiar masy ładunku, kąta nachylenia ramienia i długości jego wysuwu,
- ergonomiczna, odizolowana od nadwozia wózka kabina operatora,
- centralna pozycja operatora zapewniająca optymalną widoczność na ładunek podczas prac załadunkowych i rozładunkowych.



Rys. 2.36. Wózek kontenerowy Kalmar DRW 450-65C5X [23]

Na bazie konstrukcji wózka Reach Stacker bazuje wózek Kalmar DRW dostępny w dwóch wersjach: nośnik kontenerów oraz nośnik intermodalny. Przeznaczony jest do gęstego układania kontenerów do szóstego poziomu na wysokość i trzeciego rzędu w głąb szeregu kontenerów.

Cechy charakterystyczne wózka kontenerowego Kalmar DRW:

- kabina Hyster “Vista” wyposażona w mechanizm przesuwu kabiny w celu zwiększenia widzialności kontenera przez operatora,
- wysokowydajny system hydrauliczny wyposażony w funkcje „Moc na Żądanie” oraz „Dwie Prędkości Podnoszenia”,
- możliwość zwiększenia udźwigu dzięki dostępności modeli ze stabilizatorami i/lub zwiększonym rozstawem osi,
- funkcja automatycznego wyłączania silnika w przypadku wykrycia usterki przez pokładowy układ diagnostyczny.

Istnieje grupa wózków przewożących dedykowana ściśle dla jednej branży przemysłu. Na uwagę zasługują pojazdy, które są specjalnie zaprojektowane do pracy w hutach i zakładach mechanicznych produkujących urządzenia o dużym ciężarze i gabarytach, np. turbiny dla elektrowni (rys. 2.37). Pojazdy te cechuje duża nośność oraz możliwość przewożenia w formach ciekłych metali o temperaturze do 1300° C.

Specjalizowane wózki stosowane są w przemyśle stoczniowym do transportu modułów kadłubów lub całych jednostek pływających (rys. 2.38) o masie do 15000 ton. Pojazdy mogą pracować pojedynczo lub tworzyć jeden zespół transportowy. Sprzęgnięcie może być dokonane mechanicznie za pomocą łączników albo elektronicznie. W elektronicznym tworzony jest jeden zamknięty system sterowania nadzorowany przez operatora jednego z pojazdów lub też sterowanie odbywa się zdalnie.



Rys. 2.37. Wózki przewoźące o dużej ładowności stosowane w hutnictwie: a – wózek firmy Scheuerle [42], b – wózek firmy Kamag [8]

Konstrukcja transporterów wysokiej ładowności SPMT Scheuerle umożliwia tworzenie modułowego systemu transportowego (rys. 2.39). System stabilizacji i kontroli położenia ładunku pozwala na precyzyjne pozycjonowanie przewożonych wyrobów. Poszczególne transportery modułowe mogą być połączone mechanicznie lub mogą być rozmieszczane w trybie sprzężenia luźnego ciągu o wymiarach 600 x 600 [m]. Technologia kontroli trakcji zapewnia synchroniczne sterowanie wszystkich jednostek transportowych zintegrowanych w trybie sprzężenia. W przypadku stosowania opon piankowych (PolyFill) lub opon pełnych Superelastic dopuszczalny nacisk na oś wynosi 48000 [kg]



Rys. 2.38. Transportery wysokiej ładowności pracujące w stoczni [8]



Rys. 2.39. Zespół transporterów Scheuerle SPMT [42]

Cechy transporterów Scheuerle SPMT :

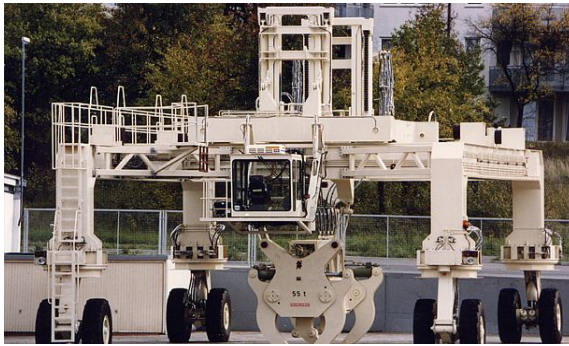
- możliwość tworzenia dowolnego zespołu pojazdów, który jest sterowany i nadzorowany w jednej pętli w celu uzyskania *quasi – pojedynczego* sterowanego elektronicznie transportera,
- połączone mechanicznie "side-by-side" lub "end-to-end",
- sterowanie pojazdem lub zespołem pojazdów ręczne przez operatora lub zdalne sterowanie radiowe.



Rys. 2.40. Zespół transporterów kołowych Scheuerle InterCombi SPE [42]

Transportery kombinowane Scheuerle InterCombi SPE (rys. 2.40) posiadają podwozie składające się z czterech lub sześciu par krótkich czterokołowych osi. Zastosowano hydrauliczny napęd każdej z osi sterowany przez centralną jednostkę Power-Pack. Konstrukcja ta umożliwia uzyskanie kąta skrętu osi w granicach $\pm 140^\circ$, a szerokie koła zapewniają stabilność jazdy. Pojazd może poruszać się wzdłuż swojej osi, w kierunku prostopadłym a także pod dowolnym kątem względem kierunku wzdłużnego. Transportery tego typu mogą pracować pojedynczo lub w sprzężeniu z innymi pojazdami. Pokrewną jednostką transportowa jest Scheuerle Master Cargo zaprojektowana do obsługi kontenerowców Ro-Ro. Jest dostępny jako 4, 5 lub 6 osiowy o maksymalnej ładowności do 120 ton.

Osobną grupę stanowią wózki kołowe podsiębierne wysokiej ładowności zdolne do przewozu ładunku o masie do 60000 [kg] (rys. 2.41). Wyposażone są w widłowe lub kleszczowe urządzenia chwytne. Niezależny napęd hydrauliczny każdego z kół wraz z elektronicznym sterowaniem kąta skrętu umożliwia jazdę w dowolnym kierunku bez konieczności jazdy po łuku.



Rys. 2.41. Wózki podsiębierne wysokiej ładowności [9]

2.7. Wyposażenie dodatkowe wózków widłowych

Istotną zaletą wózków podnośnikowych widłowych czołowych jest ich zdolność do współpracy z liczną grupą osprzętów roboczych możliwych do zainstalowania na maszcie zamiast wideł. Na rys. 2.42–2.44 przedstawiono typowy dodatkowy osprzęt wózków widłowych. W tabeli 2.2 zestawiono najczęściej spotykane trawersy⁵ mocowane na widłach wózka.

⁵ Trawers – patrz rozdział 4.7



Rys. 2.42. Chwytnik do bel papieru i podwójny paletyzer [4]






Rys. 2.43. Pantograf [4]



Rys. 2.44. Ścisk do kartonów i obrotnica [4]

Tab. 2.2. Trawersy mocowane do widel wózka widlowego

Symbol	Rysunek	Symbol	Rysunek
TWJ		TWW	
TWD		TWH	
TWZ			

Źródło: opracowanie własne według [11]

2.8. Wydajność pracy wózków transportowych

Czas jednego operacyjnego cyklu pracy wózka T_c to czas jazdy z ładunkiem, czas rozładunku i powrotu do punktu pobrań. W jego skład wchodzi czas stały t_0 , o wartościach znormalizowanych, obejmujące min. podjęcie i odłożenie ładunku, obrót i przesuw wideł, dokładny dojazd w poziomie do regału.

Przykładowe wartości czasów stałych t_0 dla wózka akumulatorowego o udźwigu $Q = 20$ [kN] przedstawiono w tabeli 2.3.

Po oszacowaniu wartości czasu jednego operacyjnego cyklu pracy wózka T_c , masowa wydajność roboczego procesu wyraża się zależnością:

$$\dot{m}_w = \frac{Q_{jt}}{T_c} \quad (2.1)$$

$$z = \frac{\dot{m}}{\dot{m}_w} \quad (2.2)$$

gdzie: \dot{m}_w – masowa wydajność wózka w jednym cyklu operacyjnym [kg/s],

Q_{jt} – masa jednostki transportowej [kg],

\dot{m} – wymagana masowa wydajność procesu transportowego [kg/s],

z – liczba wózków niezbędna do osiągnięcia wymaganej masowej wydajności procesu transportowego

Jeżeli ocena wydajności roboczej wózka dokonywana jest w odniesieniu do liczby jednostek transportowych obsługiwanych w jednostce czasu, wówczas:

$$\dot{n}_w = \frac{3600}{T_c} \quad (2.3)$$

$$z = \frac{\dot{n} \cdot T_c}{3600 \cdot t_d} \quad (2.4)$$

gdzie: \dot{n} – wymagana zmianowa wydajność obsługa procesu transportowego [jł/zmiana], często przyjmuje się, że 1 zmian robocza = 8 godzin,

\dot{n}_w – wydajność obsługa wózka [jł/h],

t_d – liczba godzin czynnej pracy wózka w ciągu jednej zmiany.

Maksymalna wydajność transportowa określana jest wzorem:

$$W^{\max} = 3600 \frac{z \cdot m}{t_0 + \frac{2L}{v}} [jł / h] \quad (2.5)$$

Maksymalna wydajność transportowa W^{\max} zależy od:

- prędkości jazdy wózków v ,
- długości odcinka transportowego L ,
- liczby środków transportu z ,
- liczby jednostek ładunkowych m jednocześnie zabieranych przez środek transportu.

Wyrażenie $t_0 + \frac{2L}{v}$ oznacza czas trwania cyklu transportowego. Pominięcie

czasu stałego t_0 możliwe jest tylko dla długich tras L , co w transporcie wewnętrznym występuje rzadko.

Tabela. 2.3. Znormalizowane czasy ruchów (czas stały) dla wózka akumulatorowego

Podstawowe ruchy wózka	Oznaczenie operacji	Norma czasu [min]
Przyspieszenie, pusty lub załadowany. Występuje za każdym razem gdy wózek przyspiesza od stanu postoju do pełnej prędkości	AE AL	0,03 0,03
Zatrzymanie, obejmuje okres zmiany prędkości wózka od prędkości maksymalnej do momentu całkowitego zatrzymania	SE SL	0,02 0,036
Prosty wjazd na pierwszej wysokości. Obejmuje ruch wózka z bardzo małą prędkością celem wprowadzenia widel w paletę lub ustawienie palety gdy widły zostały już podniesione. Czas liczony jest łącznie z zatrzymaniem. Pozioma odległość, którą wózek przebywa wynosi ok. 1,2 [m]	1NE 1NL	0,08 0,08
Prosty wjazd wózka na drugiej wysokości. Obejmuje ruch wózka z bardzo małą prędkością celem wprowadzenia widel w paletę znajdującą się w drugiej warstwie stosu paletowego lub ustawienie palety gdy widły zostały już podniesione. Pozostałe informacje jak w 1NE (1NL)	2NE 2NL	0,08 0,11
Prosty wjazd wózka na trzeciej wysokości. Obejmuje on ruch wózka z bardzo małą prędkością celem wprowadzenia widel w paletę znajdującą się w trzeciej warstwie stosu paletowego lub ustawienie palety w przypadku gdy widły zostały już podniesione. Pozostałe informacje – 1NE (1NL)	3NE 3NL	0,11 0,13

Tabela. 2.3. cd. Znormalizowane czasy ruchów (czas stały) dla wózka akumulatorowego

Podstawowe ruchy wózka	Oznaczenie operacji	Norma czasu [min]
Proste wycofanie wózka na pierwszej wysokości. Obejmuje cofnięcie wideł z palety lub wyjecie palety. Czas liczony jest łącznie z ruszaniem i zatrzymaniem wózka. Podczas tego ruchu wózek porusza się do tyłu na odległość ok. 1,2 [m].	10E 10L	0,06 0,065
Proste wycofanie na drugiej wysokości. Obejmuje cofnięcie wideł z palety lub wyjecie palety. Pozostałe informacje jak w 10E (10L)	20E 20L	0,06 0,07
Proste wycofanie na trzeciej wysokości. Obejmuje cofnięcie wideł z palety lub wyjecie palety. Pozostałe informacje jak w 10E (10L)	30E 30L	0,06 0,08
Skręt w lewo przy ruchu do przodu. Zmiana kierunku ruchu w lewo, zwykle o kat 90° przy minimalnym promieniu zawracania.	TFL*	0,055
Skręt w prawo przy ruchu do przodu. Zmiana kierunku ruchu w prawo, zwykle o kat 90° przy minimalnym promieniu zawracania.	TFR*	0,055
Skręt w lewo przy ruchu do tyłu	TRL*	0,055
Skręt w prawo przy ruchu do tyłu	TRR*	0,055
Skręt w lewo przy ruchu do przodu i zatrzymanie. Ruch ten zwykle poprzedza wjazd lub podnoszenie	TFLSE TFLSL	0,060 0,070
Skręt w prawo przy ruchu do przodu i zatrzymanie	TFRSE TFRSL	0,070 0,075
Skręt w lewo przy ruchu do tyłu i zatrzymanie	TRLSE TRLSL	0,065 0,075
Skręt w prawo przy ruchu do tyłu i zatrzymanie	TRRSE TRRSL	0,065 0,085
Przechył masztu do tyłu	LB*	0,025
Przechył masztu do przodu	LF*	0,025
Podnoszenie wideł wózka w czasie postoju	UE UL	0,112 0,132
Opuszczanie wideł wózka w czasie postoju	DE DL	0,120 0,0720
E – wózek bez obciążenia, L – wózek z obciążeniem * – dotyczy operacji z obciążeniem i bez obciążenia		

Źródło: opracowanie własne na podstawie [1]

3. Układnice regałowe

Układnice są urządzeniami transportowymi poruszającymi się wzdłuż korytarzy międzyregalowych w celu przemieszczania jednostek ładunkowych. Podstawowym źródłem napędu w mechanizmach układnic jest silnik elektryczny o napięciu 400/230 V natomiast w mechanizmach podnoszenia stosowane są napędy linowe. Układnice budowane są jako konstrukcje jednokolumnowe lub dwukolumnowe (ramowe).

Przemieszczenie ładunku wewnątrz magazynu jest wykonywane za pomocą następujących ruchów układnicy:

- pionowego, realizowanego przez wózek podnoszący poruszający się wzdłuż prowadnic (szyn) kolumny układnicy,
- poziomego, związanego z przemieszczaniem podwozia układnicy po szynie jezdnej zainstalowanej w korytarzu magazynowym,
- ruchów elementów urządzenia do manipulowania ładunkiem w celu wyjęcia lub umieszczenia palety na regale.

Podział układnic regałowe w zależności od masy obsługiwanych ładunków:

- urządzenia przeznaczone do ładunków ciężkich, wyposażone w widły z ramionami teleskopowymi,
- urządzenia przeznaczone dla ładunków lekkich.

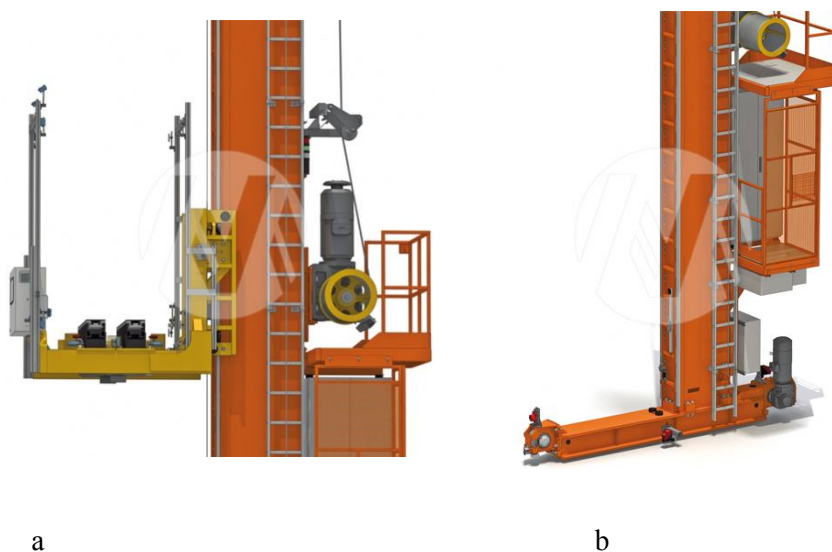
3.1. Układnice do ładunków ciężkich

Wydajność urządzeń do manipulowania ładunkiem za pomocą widel teleskopowych uwarunkowana jest takimi parametrami jak prędkość wysuwu oraz głębokość na jaką mogą się wydłużyć ramiona widel.



Rys. 3.1. Widły teleskopowe pojedynczej głębokości składowania [30]

W zależności od przyjętej technologii składowania, w magazynie używa się systemu pojedynczej, podwójnej, a czasami nawet potrójnej głębokości składowania (odpowiada liczbie jednostek ładunkowych wsuwanych w głąb regału). Wózek podnoszący układnicy paletowej wyposażony jest w rolki prowadzące wzdłuż prowadnic kolumny z dodatkową regulacją mimośrodową. Rolki te umożliwiają ustawienie wózka podnoszącego względem normalnego układu odniesienia, tj. na odpowiedniej wysokości i długości regału oraz w osi korytarza regałowego. Elementy budowy układnic oraz konstrukcję wideł przedstawiono na rys. 3.1 i rys. 3.2.

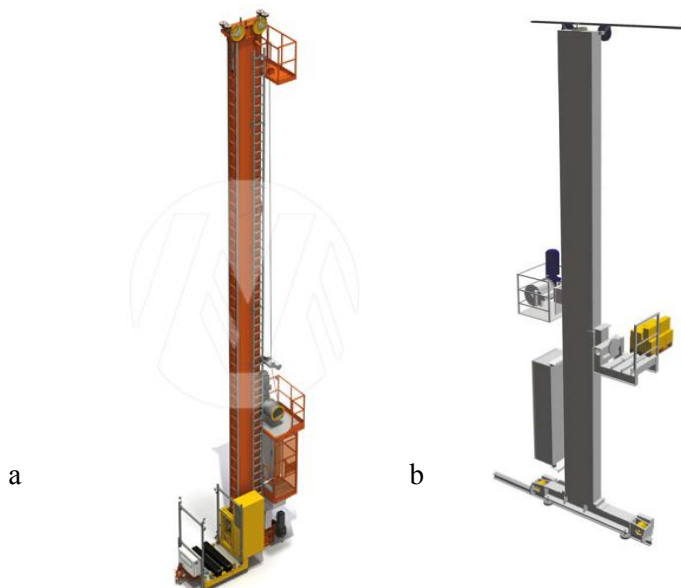


Rys. 3.2. Szczegóły konstrukcyjne [30]: a – wózek podnoszący, b – układ jezdny

Przykładową układnicą paletową jednokolumnową jest układnica typu MTO (rys. 3.3a). Zapewnia ona automatyczne składowanie ładunków na regałach tradycyjnych bez konieczności stosowania górnego systemu prowadzącego (dzięki podwoziu o szerokim rozstawie kół jezdnych). Chwytnik widłowy trójstronny pozwala na obsługiwanie ładunków na poziomach bocznych oraz poziomie czołowym. Układnica wyposażona jest w mechanizm podnoszenia w postaci wciągarki linowej bębnowej oraz mechanizm jezdny pozwalający na jazdę z prędkością ponad 3 [m/s].

Innym typem układnicy jednokolumnowej jest układnica „Viapal” (rys. 3.3b) Układnica ta może być wyposażona w zamiennie montowane mechanizmy podające stosowane w zależności od rodzaju jednostek transportowych. Wyposażenie jest niezależne od wysokości magazynu i pozycji składowania towarów. Dzięki modułowej konstrukcji układnica znajduje zastosowanie

w wydzielonych obszarach takich jak: bufory sortujące, produkcyjne i montażowe, magazyny wysyłkowe, składy części zamiennych, czy magazyny przelotowe.



Rys. 3.3. Jednokolumnowa układnice: a – paletowa MTO [30], b – viapal [12]

Układnica „Viapal” charakteryzuje się nośnością do 3000 [kg] i wysokością składowania do 45 [m]. Wymaga korytarzy o minimalnej szerokość 1050 [mm]. Może jeździć z prędkością jazdy do 240 [m/min]. Przyspieszenie ruchu pionowego sięga 1 [m/s²], a przyspieszenie ruchu poziomego 1,5 [m/s²]. Maksymalna prędkość opuszczania i podnoszenia wynosi 80 [m/min].

Układnicę „Viapal” wyposaża się opcjonalnie w mechanizmy podające:

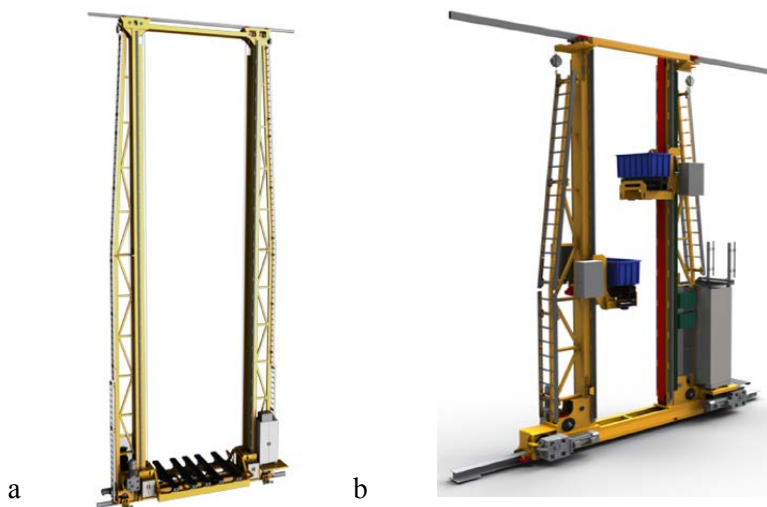
- widły teleskopowe o pojedynczej lub podwójnej głębokości do palet i kontenerów typu Gitterbox,
- przenośniki nieckowe do okrągłych ładunków, np. bel materiału lub rolek papieru,
- wózki do przewozu palet między regałami,
- urządzenia podające dla kęgów, rolek, pierścieni kablowych.

Istnieje możliwość stosowania kilku mechanizmów podających.

W układnicy paletowej dwukolumnowej konstrukcję nośną tworzą dwie pionowe kolumny o przekroju skrzynkowym, połączone na dole z podwoziem a na górze z poziomą belką zwińczającą kolumny. Na szczytach kolumn zamocowane są koła stanowiące górny zespół prowadzący układnicy. Mechanizmy układnicy łącznie z urządzeniem do manewrowania ładunkiem

mogą pracować w trybie automatycznym. Wymaga to jednak zastosowania dodatkowych przenośników do transportu paletowych jednostek ładunkowych. Układnica „Porter” przedstawiona na rysunku 3.4a, stosowana jest do składowania ciężkich ładunków o dużych gabarytach. Koła wykonane z materiału o dużym współczynniku tarcia oraz elektroniczna kontrola napędu w obu osiach, umożliwiają osiągnięcie wysokich wartości prędkości i przyspieszenia.

Układnica dwukolumnowa „Buster” (rys. 3.4b) znajduje zastosowanie w warunkach składowania, gdzie konieczne jest wykorzystanie większej ilości urządzeń pobierających ładunki umieszczonych na jednej maszynie. Dzięki zautomatyzowanemu napędowi na dwóch kolumnach oraz możliwości pracy na podwójnej głębokości składowania, układnica „Buster” zapewnia wysoką wydajność transportowania towarów. Podstawowe dane techniczne układnic dwukolumnowych zestawiono w tabeli 3.1.



Rys. 3.4. Układnica paletowa dwukolumnowa [17]: a – Porter, b – Bugster

Układnica paletowa trójstronna (rys. 3.5) przenosi palety na krańce korytarza, pozostawiając ładunek na miejscach odkładczych lub na automatycznych przenośnikach. Jest to możliwe dzięki obracającemu się systemowi widłowemu, który obsługuje palety w trzech pozycjach: przedniej i dwóch bocznych. Układnica trójstronna to najczęściej układnica jednokolumnowa, jeżdżąca po dwóch szynach, mająca tylko cztery punkty oparcia na podłożu. Nie posiada górnego zespołu prowadzącego, co sprawia, że może być zamontowana w każdym magazynie, w którym używane są wózki systemowe.

Tabela 3.1. Zestawienie danych technicznych układnic dwukolumnowych typu „Buster” i „Porter”

Parametr układnicy	Buster	Porter
Wysokość składowania	do 24 m	do 24 m
Maksymalny ciężar ładunku	600 kg	6000 kg
Prędkość pozioma	do 5 m/s	do 3 m/s
Przyspieszenie poziome	do 2 m/s ²	do 1 m/s ²
Prędkość pionowa	do 2 m/s	do 1 m/s
Przyspieszenie pionowe	do 1,5 m/s ²	do 1,5 m/s ²

Źródło: opracowanie własne na podstawie [17]



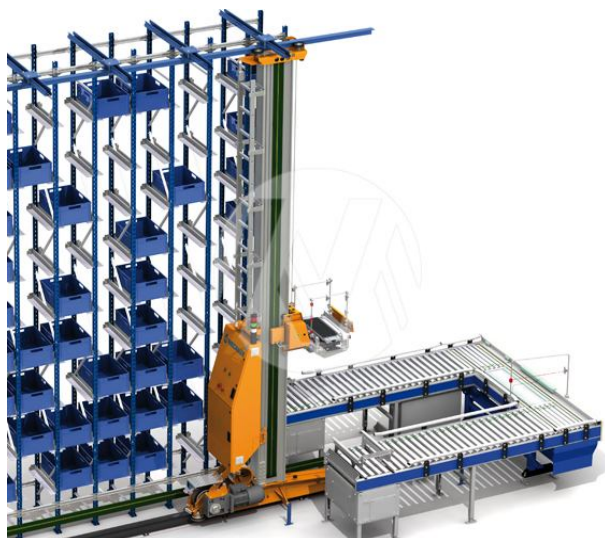
Rys. 3.5. Układnica paletowa trójstronna [30]

3.2. Układnice do ładunków lekkich

Typowym przedstawicielem układnic regałowych do ładunków lekkich jest układnica pojemnikowa. Układnice pojemnikowe instalowane są najczęściej w automatycznych magazynach typu Mini Load przeznaczonych do składowania drobnych elementów. Wysokość składowania może osiągać 20 [m], szerokość korytarza roboczego układnicy nie przekracza 800 [mm].

Magazyn typu Mini Load składa się z kilku rzędów regałów przeznaczonych do składowania pojemników. Regały rozdzielone są korytarzami, których (względnie obok pojedynczego rzędu regałowego), po szynie przemieszcza się

układnica pojemnikowa (rys. 3.6). W cyklu roboczym pojemniki pobierane są z regałów i dostarczane za pomocą przenośników wałkowych na stanowiska kompletowania dostaw. Po pobraniu towaru przez operatora pojemniki wracają do układnicy w celu ponownego umieszczenia ich w gnieździe regału.



Rys. 3.6. Układnica jednokolumnowa do pojemników typu ML, stojąca na szynie jezdnej biegnącej wzdłuż regału i współpracująca z przenośnikiem wałkowym [30]

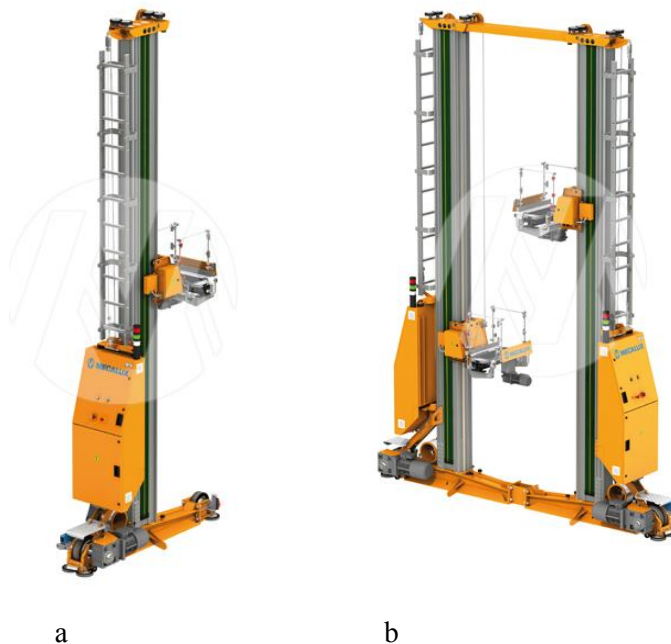
Układnice regałowe do pojemników budowane są w układzie jako jedno- i dwukolumnowe (rys. 3.7). Do współpracy z układnicą używane są znormalizowane pojemniki, których konstrukcja jest kompatybilna z osprzętem manipulacyjnym. Pojemniki te na zewnętrznych ściankach mogą posiadać:

- prowadnice do chwytaków pionowych i uchwyty pomocnicze mocowane na ściankach wzdłużnych,
- otwory centrujące do automatycznego pozycjonowania,
- punkty bazowe optyczne,
- dno z rowkiem wzdłużnym dla manipulatora.

Elementy te ułatwiają prawidłowe ustawienie pojemnika na podajniku manipulatora, centrycznie w stosunku do gniazda regałowego.

W urządzeniach automatycznych do manipulowania ładunkiem wykorzystuje się zazwyczaj napęd elektryczny, który służy do uruchomienia układów:

- teleskopowych wideł, stołów, suwaków,
- łańcuchowych przekładni i synchronizatorów,
- zębatych przekładni redukcyjnych,
- taśmowych podajników.



Rys. 3.7. Układnice pojemnikowe poruszająca się po torze: a – jednokolumnowa typu ML, b – dwukolumnowa MLB [30]

Przykładem układnicy pojemnikowej dwukolumnowej jest układnica „Viaspeed” (rys. 3.8) o udźwigu: 2 x 50 [kg], wysokości składowania do 11 [m]. Wymaga korytarza o minimalnej szerokości 850 [mm]. W zależności od głębokości składowania wyposaża się ją w odpowiedni mechanizm podający:

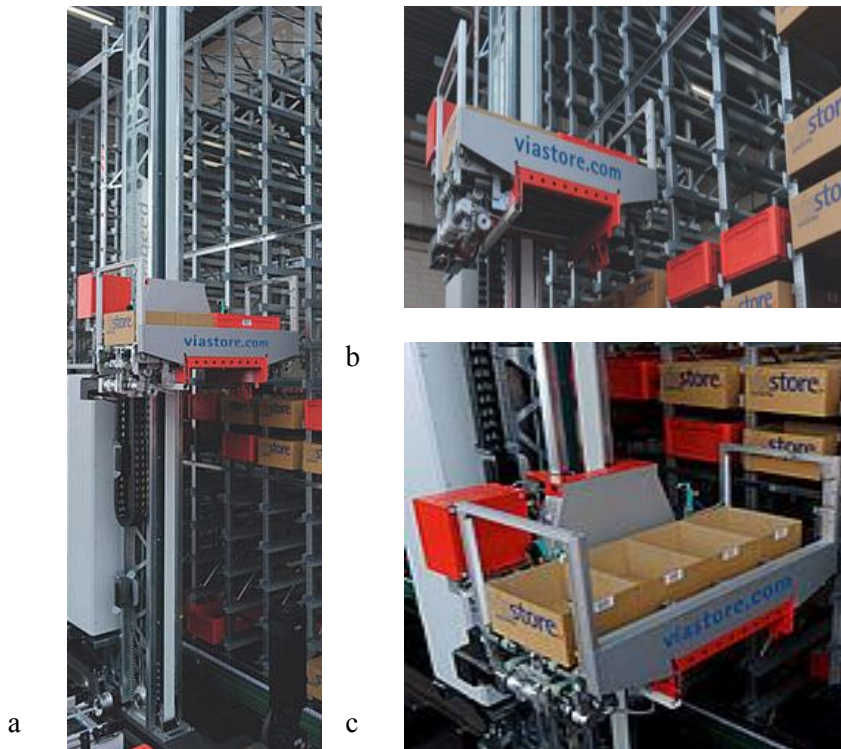
- przenośnik pasowy zaciskowy,
- przenośnik pasowy na pojedynczą głębokość,
- przenośnik pasowy na podwójną głębokość,
- przenośnik pasowy na podwójną/poczwórną głębokość.

Układnica pozwala na obsługę pojemników z tworzyw sztucznych i pudeł kartonowych o rozmiarach:

- szerokość: 300 – 400 [mm],
- długość: 400 – 600 [mm],
- wysokość: do 410 [mm].

Wymaga zachowania minimalnej odległości składowania:

- dolny wymiar przesuwu: 445 [mm],
- górny wymiar przesuwu: 580 [mm].



Rys. 3.8. Układnica pojemnikowa viaspeed z uwidocznionym układem podającym [12]: a – widok ogólny układnicy, b – mechanizm podający, c – mechanizm podający z pojemnikami kartonowym

W przypadku pojemników z ładunkiem o większej masie stosowane są układnice o konstrukcji wzmocnionej np. Viaspeed XL [12]. Dzięki swojej budowie znalazły zastosowanie w wysokich (do 20 m) automatycznych magazynach drobnych produktów, gdzie mogą płynnie operować ładunkami o masie do 300 [kg]. Urządzenie viaspeed XL może być eksploatowane w zakresie temperatur: -28°C do $+45^{\circ}\text{C}$.

Podstawowe parametry układnicy viaspeed XL [58] to:

- udźwig do 300 [kg],
- wysokość: do 20 [m],
- min. szerokość korytarza: 750 [mm],
- przyspieszenie: $2 \text{ [m/s}^2\text{]}$,
- prędkości przejazdu: do 5 [m/s].

Konstrukcję mechanizmów podających dostosowuje się do głębokości składowania, wykorzystuje się:

- stół teleskopowy na pojedynczą lub podwójną głębokość,
- przenośnik pasowy na pojedynczą głębokość/podwójną głębokość,
- jednostka przesuwająca półki w regałach,

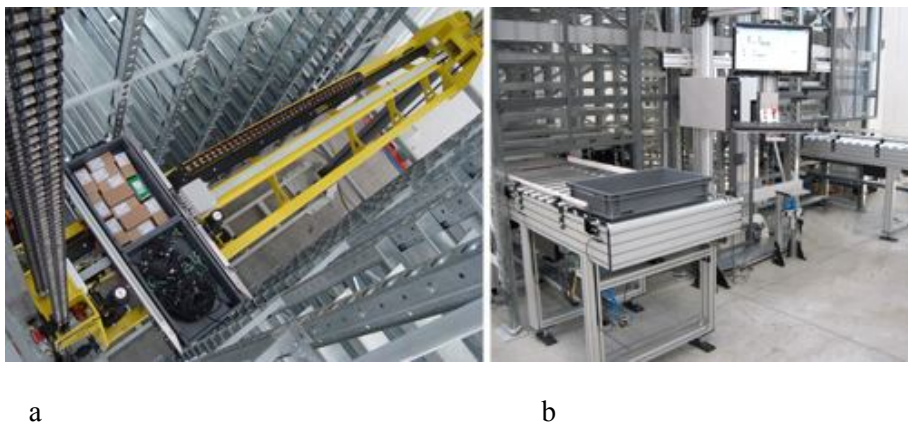
Istnieje przy tym możliwość stosowania kilku mechanizmów podających jednocześnie.

Specyficznym typem układnicy pojemnikowej jest układnica zbudowana w tzw. systemie kartezańskim. Przykładem takiego urządzenia jest układnica firmy Cassioli [17]. Przeznaczona jest do magazynowania przedmiotów o małych wymiarach, często pobieranych lub odstawianych (rys. 4.9). Magazyn składa się z regałów ustawionych w kolumnach. Jest to system modułowy, który można optymalnie konfigurować na dostępnej przestrzeni, dostawiając kolejne kolumny.

Tabela 3.2. Dane techniczne układnicy firmy Cassioli zbudowanej w systemie kartezańskim [17]

Wymiary magazynu [mm]	Wartość	
	min	max
Szerokość	3000	9000
Głębokość	2100	4100
Wysokość	3000	26000
Zwiększanie wysokości o skok	-/-	25
Charakterystyki pojemnika	min	max
Ładowność [kg]	3	60
Szerokość [mm]	300	400
Długość [mm]	400	600
Wysokość [mm]	80	450
Osiągi		
Prędkość pozioma (oś X) [m/s]	regulowana do 2,2	
Prędkość pionowa (oś Y) [m/s]	regulowana do 2,2	
Prędkość wyjmowania/wstawiania (oś Z) [m/s]	regulowana do 0,8	

Mechanizmem podającym jest automatyczny wyciągacz pojemników, zdolny do wykonania ruchu po przekątnej w poprzek elementów statycznych regałów, zapewniając pokonanie odległości w najkrótszym czasie. Jednocześnie ruchów pionowych i poziomych gwarantuje dużą prędkość pobierania wystarczającą do zrealizowania zamówień rozdzielonych na różne punkty pobierania. Magazyn jest całkowicie obudowany a wobec tego niedostępny dla operatorów.



Rys. 3.9. Układnica w systemie kartezyjskim [17]: a – widok z góry, b – współpraca układnicy z przenośnikami wałkowymi

3.3. Modelowanie cyklu pracy i wydajności układnic regałowych

Wielkością decydującą o doborze liczby układnic regałowych i kształtowania przestrzennego magazynu jest cykl roboczy. Rozróżnia się dwa rodzaje cykli roboczych: prosty i kombinowany [3].

- cykl prosty (pojedynczy) to cykl podczas którego następuje wprowadzenie jednostki do regału albo wyprowadzenie,
- cykl kombinowany (podwójnego), polega na wprowadzeniu jednostki ładunkowej do regału, a podczas drogi powrotnej układnicy (do punktu wyjściowego) wyprowadzenie innej jednostki z regału.

W układzie magazynowym o określonej strukturze regałów istnieje zawsze możliwość ustalenia właściwej dla danej struktury relacji pomiędzy prędkością podnoszenia a prędkością jazdy układnicy.

Znaczne oszczędności czasu cykli roboczych układnic można osiągnąć nie tylko poprzez podwyższenie wydajności, lecz również poprzez optymalizację wymiarów ściany regałowej oraz procesów technologicznych składowania np. poprzez uwzględnienie relacji (rys. 3.10):

$$\frac{v_y}{v_x} = \frac{H}{L} \quad (3.1)$$

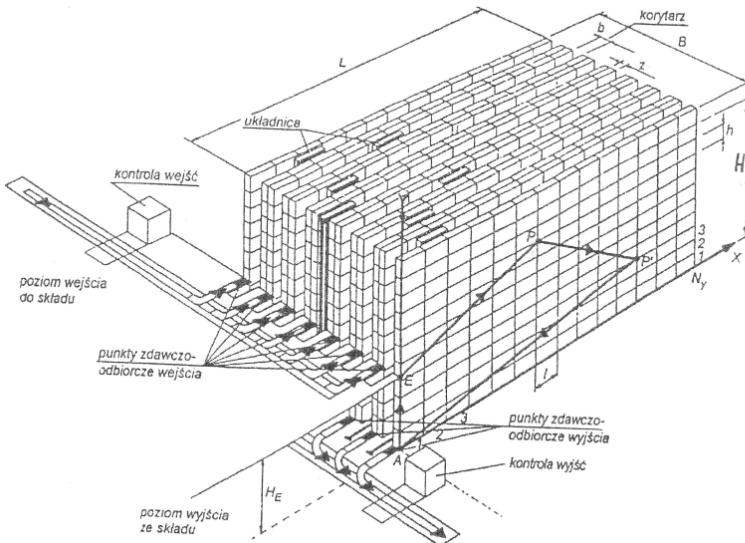
gdzie: L – długość regału obsługiwanego przez układnicę [m],
 H – wysokość regału obsługiwanego przez układnicę [m],
 v_x – prędkość jazdy układnicy [m/s],
 v_y – prędkość podnoszenia ładunku przez układnicę [m/s].

Średnie czasy przyspieszania, hamowania oraz czasy włączania, kontroli i ustawienia pozycji układnicy są najczęściej wielkościami z góry zadawanymi, limitowanymi możliwościami zastosowanej techniki napędowo – sterującej. Ograniczenie prędkości układnicy jest określane zależnościami:

$$v \leq \sqrt{s \cdot a} \quad (3.2)$$

$$a = \frac{2 \cdot a^+ \cdot a^-}{a^+ + a^-} \quad (3.3)$$

gdzie: s – droga [m],
 a – zastępcze przyspieszenie rozruchu i hamowania [m/s^2],
 a^+ – przyspieszenie rozruchu,
 a^- – przyspieszenie hamowania.



Rys. 3.10. Schemat operacji roboczych układnicy w przestrzeni regalowej magazynu [3]

Ograniczenie prędkości wynika też z faktu, że układnica regałowa funkcjonuje zawsze w określonej strukturze operacyjnej magazynu i musi współdziałać z ładunkiem, układem konstrukcyjnym regałów oraz środkami transportowymi zainstalowanymi na czole magazynu.

Zaleca się następujące zasady doboru prędkości układnicy [3]:

$$v_x = 0,5\sqrt{L \cdot a_x} \quad (3.4)$$

$$v_y = 0,5 \cdot v_x \frac{H}{L} \quad (3.5)$$

$$v_z = 0,5\sqrt{Z \cdot a_x} \quad (3.6)$$

gdzie: v_z – maksymalna prędkość wysuwu wideł ładujących [m/s],

Z – skok układu podającego/wybierającego w gnieździe regałowym [m].

Zakresy zalecanych wartości przyspieszeń i prędkości pracy układnicy są następujące:

$$a_x = 0,2 \div 0,05 \text{ [m/s}^2\text{]}; v_x = 0,1 \div 3 \text{ [m/s]},$$

$$a_y = 0,4 \div 0,10 \text{ [m/s}^2\text{]}; v_y = 0,1 \div 1 \text{ [m/s]},$$

$$a_z = 0,3 \div 0,6 \text{ [m/s}^2\text{]}; v_z = 0,1 \div 1 \text{ [m/s]}.$$

Czas t_1 cyklu prostego (pojedynczego) polegającego na wprowadzeniu jednostki ładunkowej do regału oblicza się ze wzoru:

$$t_1 = t_o + 2 \cdot t_w + 2 \cdot t_b + \frac{4}{3} \frac{L}{v_x} \quad (3.7)$$

Czas t_2 cyklu kombinowanego (podwójnego) polegający na wprowadzeniu jednostki ładunkowej do regału i wyprowadzenie innej jednostki z regału oblicza się z zależności:

$$t_2 = 2 \cdot t_o + 4 \cdot t_w + 3 \cdot t_b + \frac{4}{3} \frac{L}{v_x} \quad (3.8)$$

We wzorach (3.7) i (3.8) zastosowano oznaczenia:

t_o – stała część cyklu roboczego obejmująca czas kontroli położenia układu podającego i czas zwłoki zadziałania urządzeń automatyki, najczęściej przyjmuje wartość $t_o = 6 \div 12$ [s],

t_w – czas wysuwu, podnoszenia i cofania wideł [s],

t_b – czas przyspieszania i opóźniania [s],

L – długość ściany regałowej [m],

Czas t_w można obliczyć ze wzoru:

$$t_w = t_p + 2 \cdot t_z \quad (3.9)$$

gdzie: t_p – czas podnoszenia lub opuszczania wideł [s],

t_z – czas wysuwania lub cofania wideł.

Czas t_z obliczyć z następującego wzoru:

$$t_z = \begin{cases} 2\sqrt{\frac{Z}{v_z}} & \text{dla } Z < \frac{v_z^2}{a_z} \\ \frac{v_z}{a_z} + \frac{Z}{v_z} & \text{dla } Z \geq \frac{v_z^2}{a_z} \end{cases} \quad (3.10)$$

Czas t_b oblicza się z zależności:

$$t_b = 0,5 \cdot \left(\frac{v_x}{a_x} + \frac{v_y}{a_y} \right) \quad (3.11)$$

Modelując cykl pracy układnic regałowych można przyjmować, że czas t_w wynosi od 10 do 15 sekund a czas t_p – około 3 sekund.

W układzie magazynowym, w którym znajduje się M korytarzy regałowych i w każdym z korytarzy pracuje jedna układnica można określić wydajności [3]:

- maksymalną wydajność wprowadzania jednostek ładunkowych do regałów:

$$W_A^{\max} = \frac{3600}{t_{c1E}} \cdot M \quad [\text{cykli} / h] \quad (3.12)$$

- maksymalną wydajność wyprowadzania jednostek ładunkowych z regałów:

$$W_E^{\max} = \frac{3600}{t_{s1A}} \cdot M \quad [\text{cykli} / h] \quad (3.13)$$

- maksymalną wydajność wprowadzania i wyprowadzania jednostek ładunkowych w cyklu kombinowanym:

$$W_{EA}^{\max} = \frac{3600}{t_{c2EA}} \cdot M \quad [\text{cykli} / h] \quad (3.14)$$

gdzie: t_{c1E} – czas cyklu pojedynczego obejmującego przewiezienie jednostki z punktu E do gniazda regałowego,

t_{c1A} – czas cyklu pojedynczego obejmującego przewiezienie jednostki z gniazda regałowego do punktu A ,

t_{c2EA} – czas cyklu podwójnego – przewiezienie jednostki z punktu E do gniazda regałowego, przejazd do innego gniazda, przewiezienie jednostki z tego gniazda do punktu A (rys. 3.10).

Każdy podukład transportowy w strefie składowania powinien spełniać nierówności:

$$\frac{W_E - W_A}{W_E^{\max}} + \frac{W_A}{W_{AE}^{\max}} < 1, \quad \text{przy } W_E \geq W_A \quad (3.15)$$

lub

$$\frac{W_A - W_E}{W_A^{\max}} + \frac{W_E}{W_{EA}^{\max}} < 1, \quad \text{przy } W_E < W_A \quad (3.16)$$

przy czym W_A, W_E oznaczają wymagane wydajności.

Zależności (3.15) i (3.16) wynikają z warunków:

$$W_E < W_E^{\max} \quad (3.17)$$

$$W_A < W_A^{\max} \quad (3.18)$$

$$W_E = W_A < W_{EA}^{\max} \quad (3.19)$$

Przedstawione powyżej warunki pozwalają w prosty sposób oszacować liczbowe relacje dla składowych prędkości układnic przy wymaganej wydajności magazynu.

4. Dźwignice

Dźwignice są środkami transportu bliskiego, których zadaniem jest przemieszczanie ładunków w pionie lub w poziomie oraz ich przenoszenie w ograniczonym zakresie. Dźwignice dzielą się na proste i złożone. Dźwignice proste występują jako dźwignice samodzielne, a połączone ze sobą tworzą układy zwane dźwignicami złożonymi. Każda dźwignica prosta składa się z określonych mechanizmów podnoszenia, jazdy, obrotu czy też wodzenia oraz ze związanego z nimi ustroju nośnego, najczęściej stalowego. Układ złożony z mechanizmu związanego z określonym ustrojem nośnym nosi nazwę podstawowego zespołu dźwignicy złożonej. Do tych podstawowych zespołów zalicza się: dźwigniki, ciągniki, żurawie, suwnice, przesuwnice, obrotnice, wspornice.

W technice manipulacji prostej ładunków związanych z systemem transportu i magazynowania, spośród wszystkich dźwignic najistotniejszą rolę odgrywają: suwnice i żurawie.

4.1. Suwnice

Dźwignica prosta, złożona z przejezdnego układu nośnego o kształcie pomostu, mostu, bramy lub półbramy o względnie dużej rozpiętości (rzędu co najmniej kilku metrów) oraz posiadająca mechanizm jezdny, nazywa się suwnicą. Ze względów konstrukcyjnych dzielimy je na:

- poruszające się po pomoście jedno lub dwudźwigarowym,
- poruszające się po pomoście podwieszonym,
- bramowe,
- mostowe,
- wieżowe.

4.1.1. Suwnice pomostowe

Suwnice jednodźwigarowe natorowe przeznaczone są do mechanizacji prac transportowych w warunkach średniej intensywności pracy, odpowiadającej grupie natężenia pracy A5 wg PN-91/M-06503 lub wyższej na indywidualne zamówienie. Suwnice mogą pracować zarówno w halach (objektach zamkniętych), jak i na terenie otwartym (składowiskach). Dla małych udźwignięć i rozpiętości dźwigar suwnicy jednodźwigarowej wykonywany jest z profili dwuteowych walcowanych, a przy większych udźwigniętach i rozpiętościach – jako skrzynkowy, bardziej odporny na skręcanie (rys. 4.1). Standardowo, suwnice wyposażone są we wciągniki linowe, natomiast przy mniejszych udźwigniętach – w łańcuchowe.



Rys. 4.1. Suwnica pomostowa jednodźwigarowa natorowej [21]

Suwnice dwudźwigarowe natorowe (rys. 4.2) charakteryzują się dużymi udźwigami oraz stabilną i sztywną konstrukcją. Przeznaczone są do mechanizacji prac transportowych w warunkach średniej intensywności pracy lub wyższej. Standardowo wyposażone są we wciągarki linowe. W tego typu suwnicach, dla dużych udźwignięć i rozpiętości, dźwigary wykonywane są głównie jako skrzynkowe, spawane bardziej odporne na skręcanie.

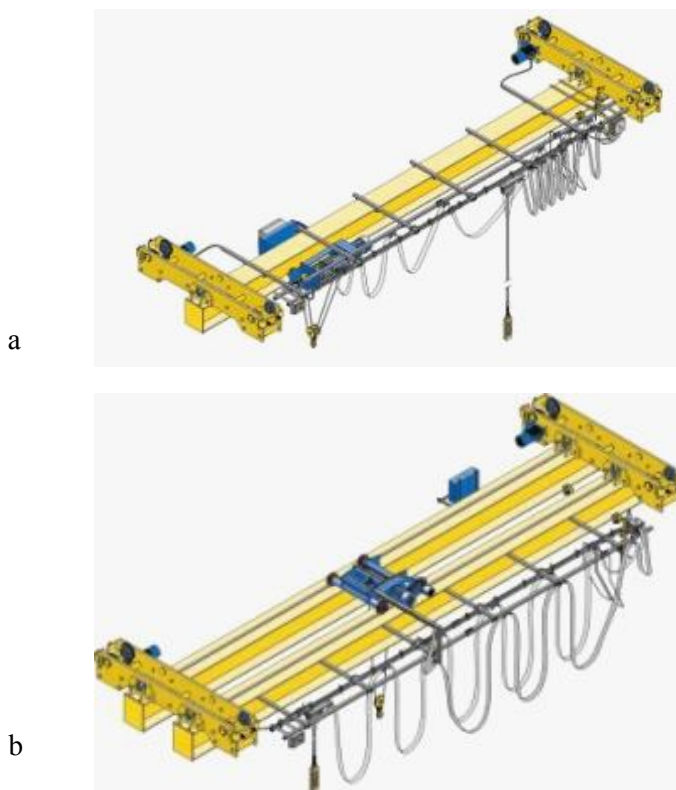


Rys. 4.2. Schemat suwnicy dwudźwigarowej natorowej [29]

Konstrukcja suwnicy dwudźwigarowej umożliwia wykonanie elementów uzupełniających, np. pomostów remontowych wzdłuż dźwigara oraz kabiny suwnicowego. Zaletą tych suwnic jest możliwość zastosowania wciągarki głównej i pomocniczej na jednym wózku jezdnym bądź na dwóch niezależnych.

Suwnice podwieszane (rys. 4.3) – podobnie jak natorowe – przeznaczone są do mechanizacji prac transportowych w warunkach średniej intensywności pracy, odpowiadającej grupie natężenia pracy A5 wg PN-91/M-06503 lub

wyższej (na indywidualne zamówienie). Suwnice podwieszane poruszają się po torach jezdnych podwieszonych do istniejącej konstrukcji dachowej hali. Tego typu suwnice mają zastosowanie wszędzie tam, gdzie zachodzi konieczność maksymalnego wykorzystania przestrzeni hali pod suwnicą do celów produkcyjno – transportowych.



Rys. 4.3. Suwnica pomostowa podwieszona [29]: a – jednodźwigarowa, b – dwudźwigarowej [29]

W suwnicach pomostowych podwieszanych i natorowych, sterowanie ich pracą może się odbywać za pomocą podwieszanej kasety sterowniczej lub bezprzewodowo za pomocą urządzenia radiowego. W wykonaniu standardowym jazda wciągника oraz suwnicy sterowana jest za pomocą przemiennika częstotliwości, który umożliwia łagodny start i zatrzymanie oraz płynną zmianę prędkości tych mechanizmów. W mechanizmach jazdy wciągника i suwnicy stosowane są wyłączniki krańcowe, które najpierw powodują zwolnienie mechanizmów do pierwszej prędkości, a dopiero później ich całkowite zatrzymanie. W wersjach niestandardowych systemy napędowe mogą mieć bezstopniową regulację prędkości. Dodatkowo, dla prawidłowej pracy suwnic,

stosowany jest ogranicznik udźwigu, który steruje całym procesem podnoszenia oraz rejestruje liczbę ruchów podnoszenia, liczbę przeciążeń, liczbę operacji zluźnienia lin i czas pracy mechanizmu podnoszenia. Dodatkową funkcją tego urządzenia jest możliwość nastawienia daty kolejnego serwisu bądź konserwacji mechanizmu, po przekroczeniu której cały mechanizm zostaje zablokowany.

4.1.2. Suwnice bramowe

Suwnice bramowe (rys. 4.4) przeznaczone są do pracy na wolnych przestrzeniach otwartych lub zamkniętych (halach, magazynach) i poruszają się po torze jezdny ułożonym na podłożu. Konstrukcja suwnic bramowych składa się z dźwigara opartego na dwóch podporach oraz kół jezdnych poruszających się po szynie ułożonej na podłożu. Dźwigar suwnicy bramowej przy małych udźwigach wykonywany jest z profili dwuteowych walcowanych, przy większych udźwigach jako skrzynkowy.



Rys. 4.4. Schemat suwnicy bramowej [29]

W przypadku dużych udźwigów i rozpiętości, suwnice bramowe wykonywane są jako dwudźwigarowe. Dodatkowo suwnice bramowe mogą posiadać wysięgi boczne: prawy i lewy, co zwiększa długość przejazdu wciągnika, a tym samym pole pracy suwnicy.

Suwnice bramowe posiadają indywidualne napędy jazdy dla każdej podpory, które są zsynchronizowane ze sobą dla uzyskania jednakowej prędkości jazdy obu podpór. Takie rozwiązanie zapewnia łagodny rozruch i jazdę suwnicy. Stabilna konstrukcja suwnic daje możliwość zastosowania dodatkowego wyposażenia w postaci np. chwytaków lub czerpaków. Sterowanie pracą suwnic może się odbywać przewodowo za pomocą podwieszanej kasety sterowniczej albo bezprzewodowo za pomocą urządzenia radiowego lub stanowiska

sterowniczego w kabinie. Do zasilania stosowane są przewody elastyczne nawijane na bęben kablowy. Zakres pracy suwnicy przy użyciu bębna kablowego wynosi do 400 [m], co jest wystarczające dla większości zastosowań. Suwnice pracujące na zewnątrz wyposażone są w kleszcze szynowe oraz urządzenie monitorujące prędkość wiatru, co w przypadku dużej prędkości wiatru zabezpiecza suwnicę przed samoczynnym ruchem

Suwnice bramowe mogą pracować przy udźwignach 1÷ 100 [t] w wersji standardowej i do 400 [t] w wersji specjalnej z wciągarką o konstrukcji otwartej.



a



b

Rys. 4.5. Suwnice do manipulacji kontenerami [29]: a – bramowa szynowa, b –KST

Suwnice bramowa do kontenerów (rys. 4.5a) posiadają następujące cechy techniczne:

- konstrukcja w układzie twinlift umożliwiająca udźwign do 65 [t] (2 x 32.5 [t]),
- krótki czas cyklu roboczego dzięki wysokim prędkościom podnoszenia i jazdy suwnicy,
- jednoczesne wykonywanie czynności: podnoszenie ładunku, jazda wózka suwnicy i żurawia,
- nowoczesne systemy sterowania prędkością (systemy napędu na prąd stały lub przemienny),
- specjalne układy przewleczenia liny nośnej skutkuje „zerowym“ kołysaniem na wszystkich płaszczyznach,
- automatyczna diagnostyka, identyfikacja usterek, w razie potrzeby wsparcie doradcze w zakresie konserwacji lub naprawy bezpośrednio z zakładu producenta przez łącze RF/LAN i modem.

Specjalistycznymi suwnicami bramowymi do przeładunku kontenerów w portach przeładunkowych są suwnice zwanych bramowymi suwnicami kontenerowymi (KST) – rys. 4.5.b. Najczęściej są stosowane:

- suwnice nadbrzeżne o udźwigu do 60 [t] i wydajności przeładunku do 25 kontenerów na godzinę,
- suwnice bramowe składowiskowe o rozpiętości 12,4÷40 [m] i udźwigu minimum 50 [t] umożliwiające uzyskanie wydajności 25 kontenerów na godzinę, posiadają możliwość piętrzenia kontenerów w 3 lub 4 warstwy.

Suwnice półbramowe (rys. 4.6) przeznaczone są do pracy w pomieszczeniach zamkniętych i otwartych, gdzie jeden tor jazdy suwnicy znajduje się na podłożu, podczas gdy drugi znajduje się na określonej wysokości, np. oparty jest na konstrukcji nośnej hali. Konstrukcja suwnic półbramowych charakteryzuje się tym, że występuje tylko jedna podpora jeżdżąca po torowisku ułożonym na podłożu.



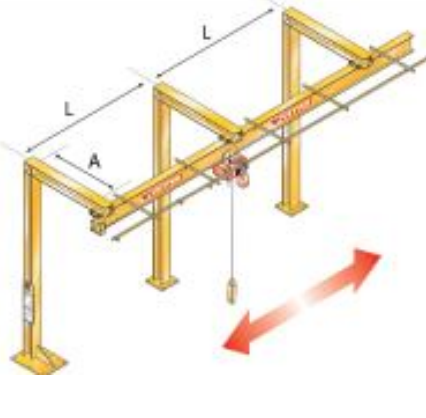
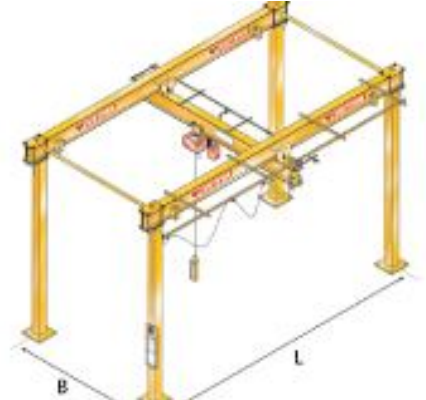
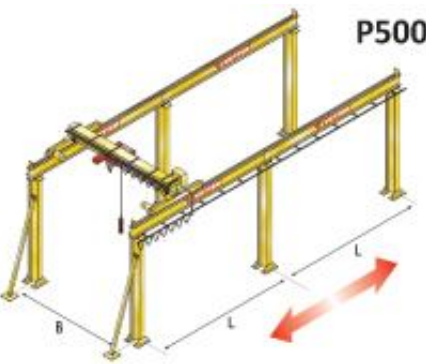
Rys. 4.6. Schemat suwnicy półbramowej [29]

4.1.3. Charakterystyki funkcjonalne suwnic

W transporcie wewnątrzskładowym, w pomieszczeniach zamkniętych stosowane są suwnice dostosowane wymiarowo do gabarytów pomieszczeń w których pracują. Powoduje to, że suwnice budowane oparciu o moduły, których udźwig jest pochodną wymiarów belki dźwigarowej.


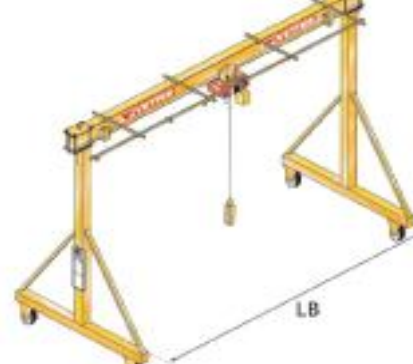

Przykładowe rozwiązania konstrukcyjne suwnic wraz z charakterystyką obciążeniową zamieszczono w tabeli 4.1.

Tabela 4.1. Rodzaj suwnicy i charakterystyka jej pracy

P200		<table border="1"> <thead> <tr> <th>A (m)</th> <th colspan="10">1 - 2</th> </tr> <tr> <th>L (m)</th> <th>2</th><th>3</th><th>4</th><th>5</th><th>6</th><th>7</th><th>8</th><th>9</th><th>10</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>500</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>800</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>1.000</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>1.600</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>2.000</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Nośność [kg]</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> </tbody> </table>	A (m)	1 - 2										L (m)	2	3	4	5	6	7	8	9	10	500										800										1.000										1.600										2.000										Nośność [kg]																																																																																																			
A (m)	1 - 2																																																																																																																																																																												
L (m)	2	3	4	5	6	7	8	9	10																																																																																																																																																																				
500																																																																																																																																																																													
800																																																																																																																																																																													
1.000																																																																																																																																																																													
1.600																																																																																																																																																																													
2.000																																																																																																																																																																													
Nośność [kg]																																																																																																																																																																													
P300		<table border="1"> <thead> <tr> <th>B (m)</th> <th colspan="10">3 - 6</th> </tr> <tr> <th>L (m)</th> <th>2</th><th>3</th><th>4</th><th>5</th><th>6</th><th>7</th><th>8</th><th>9</th><th>10</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>500</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>800</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>1.000</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>1.600</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>2.000</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Nośność [kg]</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> </tbody> </table>	B (m)	3 - 6										L (m)	2	3	4	5	6	7	8	9	10	500										800										1.000										1.600										2.000										Nośność [kg]																																																																																																			
B (m)	3 - 6																																																																																																																																																																												
L (m)	2	3	4	5	6	7	8	9	10																																																																																																																																																																				
500																																																																																																																																																																													
800																																																																																																																																																																													
1.000																																																																																																																																																																													
1.600																																																																																																																																																																													
2.000																																																																																																																																																																													
Nośność [kg]																																																																																																																																																																													
P500		<table border="1"> <thead> <tr> <th>B (m)</th> <th colspan="10">4 - 15</th> </tr> <tr> <th>L (m)</th> <th>2</th><th>3</th><th>4</th><th>5</th><th>6</th><th>7</th><th>8</th><th>9</th><th>10</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1.000</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>1.600</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>2.000</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>2.500</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>3.200</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>4.000</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>5.000</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>6.300</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>8.000</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>10.000</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>Nośność [kg]</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> </tbody> </table>	B (m)	4 - 15										L (m)	2	3	4	5	6	7	8	9	10	1.000										1.600										2.000										2.500										3.200										4.000										5.000										6.300										8.000										10.000										Nośność [kg]																																																	
B (m)	4 - 15																																																																																																																																																																												
L (m)	2	3	4	5	6	7	8	9	10																																																																																																																																																																				
1.000																																																																																																																																																																													
1.600																																																																																																																																																																													
2.000																																																																																																																																																																													
2.500																																																																																																																																																																													
3.200																																																																																																																																																																													
4.000																																																																																																																																																																													
5.000																																																																																																																																																																													
6.300																																																																																																																																																																													
8.000																																																																																																																																																																													
10.000																																																																																																																																																																													
Nośność [kg]																																																																																																																																																																													

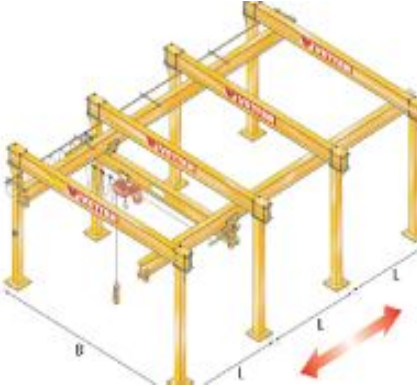
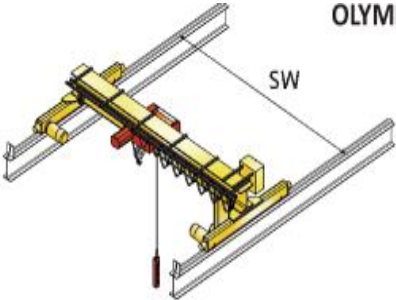
Źródło: opracowanie własne na podstawie [46]

Tabela 4.1. cd. Rodzaj suwnicy i charakterystyka jej pracy

ALU1		<table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Nośność [kg]</th> <th colspan="10">LB [m]</th> </tr> <tr> <th>3</th> <th>4</th> <th></th> <th></th> <th></th> <th></th> <th></th> <th></th> <th></th> <th></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>500</td> <td style="background-color: yellow;"></td> <td style="background-color: yellow;"></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>1.000</td> <td style="background-color: yellow;"></td> <td style="background-color: yellow;"></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>1.500</td> <td style="background-color: yellow;"></td> <td style="background-color: yellow;"></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	Nośność [kg]	LB [m]										3	4									500											1.000											1.500																																																																																																													
Nośność [kg]	LB [m]																																																																																																																																																										
	3	4																																																																																																																																																									
500																																																																																																																																																											
1.000																																																																																																																																																											
1.500																																																																																																																																																											
PA		<table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Nośność [kg]</th> <th colspan="10">LB [m]</th> </tr> <tr> <th>2</th> <th>3</th> <th>4</th> <th>5</th> <th>6</th> <th></th> <th></th> <th></th> <th></th> <th></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>250</td> <td style="background-color: yellow;"></td> <td style="background-color: yellow;"></td> <td style="background-color: yellow;"></td> <td style="background-color: yellow;"></td> <td style="background-color: yellow;"></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>500</td> <td style="background-color: yellow;"></td> <td style="background-color: yellow;"></td> <td style="background-color: yellow;"></td> <td style="background-color: yellow;"></td> <td style="background-color: yellow;"></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>800</td> <td style="background-color: yellow;"></td> <td style="background-color: yellow;"></td> <td style="background-color: yellow;"></td> <td style="background-color: yellow;"></td> <td style="background-color: yellow;"></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>1.000</td> <td style="background-color: yellow;"></td> <td style="background-color: yellow;"></td> <td style="background-color: yellow;"></td> <td style="background-color: yellow;"></td> <td style="background-color: yellow;"></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>1.600</td> <td style="background-color: yellow;"></td> <td style="background-color: yellow;"></td> <td style="background-color: yellow;"></td> <td style="background-color: yellow;"></td> <td style="background-color: yellow;"></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>2.000</td> <td style="background-color: yellow;"></td> <td style="background-color: yellow;"></td> <td style="background-color: yellow;"></td> <td style="background-color: yellow;"></td> <td style="background-color: yellow;"></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>2.500</td> <td style="background-color: yellow;"></td> <td style="background-color: yellow;"></td> <td style="background-color: yellow;"></td> <td style="background-color: yellow;"></td> <td style="background-color: yellow;"></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>3.200</td> <td style="background-color: yellow;"></td> <td style="background-color: yellow;"></td> <td style="background-color: yellow;"></td> <td style="background-color: yellow;"></td> <td style="background-color: yellow;"></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	Nośność [kg]	LB [m]										2	3	4	5	6						250											500											800											1.000											1.600											2.000											2.500											3.200																																																						
Nośność [kg]	LB [m]																																																																																																																																																										
	2	3	4	5	6																																																																																																																																																						
250																																																																																																																																																											
500																																																																																																																																																											
800																																																																																																																																																											
1.000																																																																																																																																																											
1.600																																																																																																																																																											
2.000																																																																																																																																																											
2.500																																																																																																																																																											
3.200																																																																																																																																																											
P100		<table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Nośność [kg]</th> <th colspan="10">LB [m]</th> </tr> <tr> <th>2</th> <th>3</th> <th>4</th> <th>5</th> <th>6</th> <th>7</th> <th>8</th> <th>9</th> <th>10</th> <th></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>500</td> <td style="background-color: yellow;"></td> <td style="background-color: yellow;"></td> <td style="background-color: yellow;"></td> <td style="background-color: yellow;"></td> <td style="background-color: yellow;"></td> <td style="background-color: yellow;"></td> <td style="background-color: yellow;"></td> <td style="background-color: yellow;"></td> <td style="background-color: yellow;"></td> <td style="background-color: yellow;"></td> </tr> <tr> <td>800</td> <td style="background-color: yellow;"></td> <td style="background-color: yellow;"></td> <td style="background-color: yellow;"></td> <td style="background-color: yellow;"></td> <td style="background-color: yellow;"></td> <td style="background-color: yellow;"></td> <td style="background-color: yellow;"></td> <td style="background-color: yellow;"></td> <td style="background-color: yellow;"></td> <td style="background-color: yellow;"></td> </tr> <tr> <td>1.000</td> <td style="background-color: yellow;"></td> <td style="background-color: yellow;"></td> <td style="background-color: yellow;"></td> <td style="background-color: yellow;"></td> <td style="background-color: yellow;"></td> <td style="background-color: yellow;"></td> <td style="background-color: yellow;"></td> <td style="background-color: yellow;"></td> <td style="background-color: yellow;"></td> <td style="background-color: yellow;"></td> </tr> <tr> <td>1.600</td> <td style="background-color: yellow;"></td> <td style="background-color: yellow;"></td> <td style="background-color: yellow;"></td> <td style="background-color: yellow;"></td> <td style="background-color: yellow;"></td> <td style="background-color: yellow;"></td> <td style="background-color: yellow;"></td> <td style="background-color: yellow;"></td> <td style="background-color: yellow;"></td> <td style="background-color: yellow;"></td> </tr> <tr> <td>2.000</td> <td style="background-color: yellow;"></td> <td style="background-color: yellow;"></td> <td style="background-color: yellow;"></td> <td style="background-color: yellow;"></td> <td style="background-color: yellow;"></td> <td style="background-color: yellow;"></td> <td style="background-color: yellow;"></td> <td style="background-color: yellow;"></td> <td style="background-color: yellow;"></td> <td style="background-color: yellow;"></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	Nośność [kg]	LB [m]										2	3	4	5	6	7	8	9	10		500											800											1.000											1.600											2.000																																																																																							
Nośność [kg]	LB [m]																																																																																																																																																										
	2	3	4	5	6	7	8	9	10																																																																																																																																																		
500																																																																																																																																																											
800																																																																																																																																																											
1.000																																																																																																																																																											
1.600																																																																																																																																																											
2.000																																																																																																																																																											

Źródło: opracowanie własne na podstawie [46]

Tabela 4.1.c.d Rodzaj suwnicy i charakterystyka jej pracy

<p>P400</p>		<table border="1"> <thead> <tr> <th>B [m]</th> <th colspan="10">4 - 15</th> </tr> <tr> <th>L [m]</th> <th>2</th><th>3</th><th>4</th><th>5</th><th>6</th><th>7</th><th>8</th><th>9</th><th>10</th> <th></th><th></th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1.000</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>1.600</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>2.000</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>2.500</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>3.200</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>4.000</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>5.000</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>6.300</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>8.000</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>10.000</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> </tbody> </table>	B [m]	4 - 15										L [m]	2	3	4	5	6	7	8	9	10			1.000												1.600												2.000												2.500												3.200												4.000												5.000												6.300												8.000												10.000																																																												
B [m]	4 - 15																																																																																																																																																																																																	
L [m]	2	3	4	5	6	7	8	9	10																																																																																																																																																																																									
1.000																																																																																																																																																																																																		
1.600																																																																																																																																																																																																		
2.000																																																																																																																																																																																																		
2.500																																																																																																																																																																																																		
3.200																																																																																																																																																																																																		
4.000																																																																																																																																																																																																		
5.000																																																																																																																																																																																																		
6.300																																																																																																																																																																																																		
8.000																																																																																																																																																																																																		
10.000																																																																																																																																																																																																		
<p>Olympia</p>		<table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th colspan="15">SW [m]</th> </tr> <tr> <th>Nośność [kg]</th> <th>2</th><th>3</th><th>4</th><th>5</th><th>6</th><th>7</th><th>8</th><th>9</th><th>10</th><th>11</th><th>12</th><th>13</th><th>14</th><th>15</th> <th></th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1.000</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>1.600</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>2.000</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>2.500</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>3.200</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>4.000</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>5.000</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>6.300</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>8.000</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>10.000</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> </tbody> </table>		SW [m]															Nośność [kg]	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15		1.000																1.600																2.000																2.500																3.200																4.000																5.000																6.300																8.000																10.000															
	SW [m]																																																																																																																																																																																																	
Nośność [kg]	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15																																																																																																																																																																																				
1.000																																																																																																																																																																																																		
1.600																																																																																																																																																																																																		
2.000																																																																																																																																																																																																		
2.500																																																																																																																																																																																																		
3.200																																																																																																																																																																																																		
4.000																																																																																																																																																																																																		
5.000																																																																																																																																																																																																		
6.300																																																																																																																																																																																																		
8.000																																																																																																																																																																																																		
10.000																																																																																																																																																																																																		

Źródło: opracowanie własne na podstawie [46]

4.2. Żurawie

Żurawie posiadają wspornikowy ustrój nośny obrotowy w płaszczyźnie poziomej oraz wychylny w płaszczyźnie pionowej, względnie też jednocześnie obrotowy i wychylny. Ustrój ten nazywany jest wysięgnicą lub wysięgnikiem.

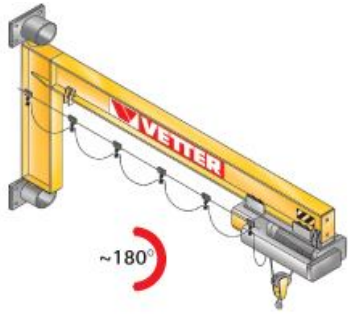

W zależności od sposobu posadowienia, żurawie mogą być:

- wysięgnicowe na słupie stałym,
- wysięgnicowe na słupie podwieszonym,
- wysięgnikowe na słupie obrotowym,
- wysięgnicowe podwieszony na słupie obrotowym,
- platformowe wysięgnikowy.

W procesach eliminowania wysiłku ręcznego wiążącego się z: układaniem ładunków na paletach, manewrowaniem pudłami, kartonami, skrzyniami czy pojemnikami, znaczącą rolę odgrywają lekkie żurawie słupowe i konsolowe

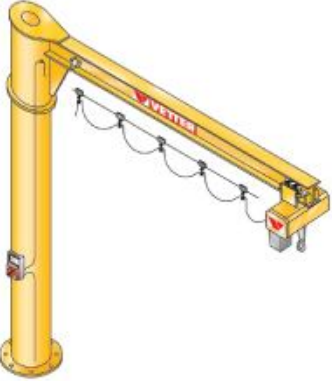

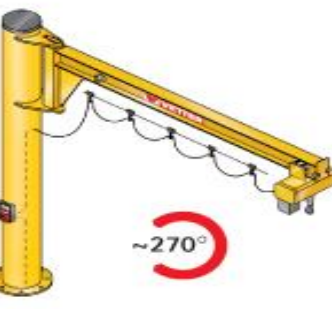
o udźwigu od 1 do 10 [kN]. W transporcie wewnętrznym stosowane są głównie żurawie słupowe lub naścienne z możliwością obrotu elektrycznego lub ręcznego z zastosowaniem wciągników linowych lub łańcuchowych. Przykładowe rozwiązania konstrukcyjne wraz z charakterystyką udźwigu przedstawiono w tabeli 4.2.

Tabela 4.2. Cechy charakterystyczne żurawi słupowych

<p>Gessele GN</p>	 <p>~ 180°</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Nośność [kg]</th> <th colspan="12">Wysięg [m]</th> </tr> <tr> <th>2</th><th>2,5</th><th>3</th><th>3,5</th><th>4</th><th>4,5</th><th>5</th><th>5,5</th><th>6</th><th>6,5</th><th>7</th><th>7,5</th><th>8</th><th>8,5</th><th>9</th><th>9,5</th><th>10</th><th>10,5</th><th>11</th><th>11,5</th><th>12</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>500</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td></tr> <tr><td>1.000</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td></tr> <tr><td>1.500</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td></tr> <tr><td>2.000</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td></tr> <tr><td>2.500</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td></tr> <tr><td>3.200</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td></tr> <tr><td>4.000</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td></tr> <tr><td>5.000</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td></tr> <tr><td>6.300</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td></tr> <tr><td>8.000</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td></tr> <tr><td>10.000</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> </tbody> </table>	Nośność [kg]	Wysięg [m]												2	2,5	3	3,5	4	4,5	5	5,5	6	6,5	7	7,5	8	8,5	9	9,5	10	10,5	11	11,5	12	500	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	1.000	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	1.500	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	2.000	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	2.500	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	3.200	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	4.000	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	5.000	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	6.300	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	8.000	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	10.000	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■																																												
Nośność [kg]	Wysięg [m]																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
	2	2,5	3	3,5	4	4,5	5	5,5	6	6,5	7	7,5	8	8,5	9	9,5	10	10,5	11	11,5	12																																																																																																																																																																																																																																																																																																													
500	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■																																																																																																																																																																																																																																																																																																													
1.000	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■																																																																																																																																																																																																																																																																																																													
1.500	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■																																																																																																																																																																																																																																																																																																													
2.000	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■																																																																																																																																																																																																																																																																																																													
2.500	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■																																																																																																																																																																																																																																																																																																													
3.200	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■																																																																																																																																																																																																																																																																																																													
4.000	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■																																																																																																																																																																																																																																																																																																													
5.000	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■																																																																																																																																																																																																																																																																																																													
6.300	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■																																																																																																																																																																																																																																																																																																													
8.000	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■																																																																																																																																																																																																																																																																																																													
10.000	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■																																																																																																																																																																																																																																																																																																													
<p>Boy</p>		<table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Nośność [kg]</th> <th colspan="4">Wysięg [m]</th> </tr> <tr> <th>2</th><th>3</th><th>4</th><th></th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>63</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td><td></td></tr> <tr><td>125</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td><td></td></tr> <tr><td>250</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> </tbody> </table>	Nośność [kg]	Wysięg [m]				2	3	4		63	■	■	■		125	■	■	■		250	■	■	■																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
Nośność [kg]	Wysięg [m]																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
	2	3	4																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
63	■	■	■																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
125	■	■	■																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															
250	■	■	■																																																																																																																																																																																																																																																																																																																															

Źródło: opracowanie własne na podstawie [46]

Tabela 4.2. c.d Cechy charakterystyczne żurawi słupowych

<p>Standard</p>		<table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Nośność [kg]</th> <th colspan="10">Wysięg [m]</th> </tr> <tr> <th>2</th><th>2,5</th><th>3</th><th>3,5</th><th>4</th><th>4,5</th><th>5</th><th>5,5</th><th>6</th><th>6,5</th><th>7</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>30</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td></tr> <tr><td>50</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td></tr> <tr><td>80</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td></tr> <tr><td>125</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td></tr> <tr><td>200</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td></tr> <tr><td>250</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td></tr> <tr><td>400</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td></tr> <tr><td>500</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td></tr> <tr><td>800</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td></tr> <tr><td>1.000</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td></tr> </tbody> </table>	Nośność [kg]	Wysięg [m]										2	2,5	3	3,5	4	4,5	5	5,5	6	6,5	7	30	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	50	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	80	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	125	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	200	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	250	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	400	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	500	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	800	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	1.000	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■																																
Nośność [kg]	Wysięg [m]																																																																																																																																																																															
	2	2,5	3	3,5	4	4,5	5	5,5	6	6,5	7																																																																																																																																																																					
30	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■																																																																																																																																																																					
50	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■																																																																																																																																																																					
80	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■																																																																																																																																																																					
125	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■																																																																																																																																																																					
200	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■																																																																																																																																																																					
250	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■																																																																																																																																																																					
400	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■																																																																																																																																																																					
500	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■																																																																																																																																																																					
800	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■																																																																																																																																																																					
1.000	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■																																																																																																																																																																					
<p>Praktikus</p>		<table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Nośność [kg]</th> <th colspan="8">Wysięg [m]</th> </tr> <tr> <th>2</th><th>2,5</th><th>3</th><th>3,5</th><th>4</th><th>4,5</th><th>5</th><th>5,5</th><th>6</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>80</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td></tr> <tr><td>125</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td></tr> <tr><td>250</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td></tr> <tr><td>500</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td></tr> <tr><td>800</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td></tr> <tr><td>1.000</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td></tr> <tr><td>1.600</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td></tr> <tr><td>2.000</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td></tr> </tbody> </table>	Nośność [kg]	Wysięg [m]								2	2,5	3	3,5	4	4,5	5	5,5	6	80	■	■	■	■	■	■	■	■	■	125	■	■	■	■	■	■	■	■	■	250	■	■	■	■	■	■	■	■	■	500	■	■	■	■	■	■	■	■	■	800	■	■	■	■	■	■	■	■	■	1.000	■	■	■	■	■	■	■	■	■	1.600	■	■	■	■	■	■	■	■	■	2.000	■	■	■	■	■	■	■	■	■																																																																												
Nośność [kg]	Wysięg [m]																																																																																																																																																																															
	2	2,5	3	3,5	4	4,5	5	5,5	6																																																																																																																																																																							
80	■	■	■	■	■	■	■	■	■																																																																																																																																																																							
125	■	■	■	■	■	■	■	■	■																																																																																																																																																																							
250	■	■	■	■	■	■	■	■	■																																																																																																																																																																							
500	■	■	■	■	■	■	■	■	■																																																																																																																																																																							
800	■	■	■	■	■	■	■	■	■																																																																																																																																																																							
1.000	■	■	■	■	■	■	■	■	■																																																																																																																																																																							
1.600	■	■	■	■	■	■	■	■	■																																																																																																																																																																							
2.000	■	■	■	■	■	■	■	■	■																																																																																																																																																																							
<p>Assistent</p>		<table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Nośność [kg]</th> <th colspan="12">Wysięg [m]</th> </tr> <tr> <th>2</th><th>2,5</th><th>3</th><th>3,5</th><th>4</th><th>4,5</th><th>5</th><th>5,5</th><th>6</th><th>6,5</th><th>7</th><th>7,5</th><th>8</th><th>8,5</th><th>9</th><th>9,5</th><th>10</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>80</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td></tr> <tr><td>125</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td></tr> <tr><td>250</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td></tr> <tr><td>500</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td></tr> <tr><td>800</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td></tr> <tr><td>1.000</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td></tr> <tr><td>1.600</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td></tr> <tr><td>2.000</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td><td>■</td></tr> </tbody> </table>	Nośność [kg]	Wysięg [m]												2	2,5	3	3,5	4	4,5	5	5,5	6	6,5	7	7,5	8	8,5	9	9,5	10	80	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	125	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	250	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	500	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	800	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	1.000	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	1.600	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	2.000	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Nośność [kg]	Wysięg [m]																																																																																																																																																																															
	2	2,5	3	3,5	4	4,5	5	5,5	6	6,5	7	7,5	8	8,5	9	9,5	10																																																																																																																																																															
80	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■																																																																																																																																																															
125	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■																																																																																																																																																															
250	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■																																																																																																																																																															
500	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■																																																																																																																																																															
800	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■																																																																																																																																																															
1.000	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■																																																																																																																																																															
1.600	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■																																																																																																																																																															
2.000	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■																																																																																																																																																															

Źródło: opracowanie własne na podstawie [46]

4.3. Ocena intensywności pracy dźwignic i ich mechanizmów

Według normy PN-91/M-06503 z pojęciem natężenia pracy dźwignic wiążą się następujące określenia:

- grupa natężenia pracy dźwignicy – miara intensywności eksploataowania dźwignicy określona przez klasę obciążenia,
- klasa wykorzystania dźwignicy – maksymalna liczba cykli pracy wykonanych przez dźwignicę w okresie jej eksploatacji,
- klasa wykorzystania mechanizmu – efektywny czas pracy mechanizmu w okresie jego eksploatacji,
- klasa obciążenia dźwignicy – określana na podstawie nominalnej wartości współczynnika obciążenia dźwignicy,
- cykl pracy dźwignicy – przedział czasu upływający pomiędzy kolejnymi pobieranymi ładunkami,
- efektywny czas pracy mechanizmu – łączny czas pracy, w którym mechanizm jest w ruchu,
- współczynnik obciążenia dźwignicy – stosunek średniej sześciannów podnoszonych ładunków w okresie eksploatacji do sześciannu udźwigu.

Tabela 4.3. Zestawienie klas wykorzystania dźwignicy

Klasa wykorzystania dźwignicy	Maksymalna liczba cykli pracy
U_0	$1,6 \times 10^4$
U_1	$3,2 \times 10^4$
U_2	$6,3 \times 10^4$
U_3	$1,6 \times 10^5$
U_4	$1,25 \times 10^5$
U_5	5×10^5
U_6	1×10^6
U_7	2×10^6
U_8	5×10^6
U_9	Powyżej 4×10^4

Źródło: Opracowanie własne na podstawie [5]

Klasę wykorzystania dźwignicy czyli liczbę cykli pracy w okresie jej eksploatacji ustala się na podstawie badań technicznych, doświadczeń z eksploatacji podobnych urządzeń lub na podstawie analizy obsługiwanego przez dźwignicę procesu logistycznego (tab.4.3). Liczba cykli pracy może być określona według założonego okresu eksploatacji (zazwyczaj 20 lat).

Klasa obciążenia dźwignicy określana jest na podstawie współczynnika obciążenia dźwignicy K_p (tab. 4.4). Wyznacza się go ze statystycznego rozkładu podnoszonych ładunków, reprezentatywnego dla całego okresu eksploatacji. Grupa natężenia pracy dźwignicy (tab. 4.5) określana jest w zależności od klasy obciążenia i klasy wykorzystania dźwignicy.

Tabela 4.4. Klasy obciążenia dźwignicy

Klasa obciążenia dźwignicy	Nominalny współczynnik obciążenia K_p	Charakterystyka podnoszonych ładunków
Q1	0,125	Ładunek podnoszony bardzo rzadko, zwykle ładunki znacznie mniejsze od ładunku nominalnego.
Q2	0,25	Ładunek podnoszony rzadko, zwykle ładunki zbliżone do połowy wartości nominalnego.
Q3	0,50	Ładunek nominalny podnoszony często, inne ładunki większe od połowy nominalnego.
Q4	1,00	Ładunek nominalny podnoszony regularnie, ładunki bliskie wartości obciążenia nominalnego

Źródło: Opracowanie własne na podstawie [5]

Tabela 4.5. Zestawienie klas obciążenia

Klasa obciążenia	Klasa wykorzystania dźwignicy									
	U_0	U_1	U_2	U_3	U_4	U_5	U_6	U_7	U_8	U_9
	Grupa natężenia pracy dźwignicy									
Q1			A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8
Q2		A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	
Q3	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8		
Q4	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8			

Źródło: Opracowanie własne na podstawie [5]

Klasa wykorzystania mechanizmu dźwignicowego (tab. 4.6) to efektywny czas pracy ustalany na podstawie badań eksploatacyjnych lub doświadczeń z eksploatacji podobnych mechanizmów. Może być również ustalony według założonej liczby lat eksploatacji.

Klasa obciążenia mechanizmu określana jest na podstawie współczynnika obciążenia mechanizmu K_m będącego funkcją obciążenia i czasu pracy. Klasy obciążenia mechanizmu i odpowiadające im nominalne wartości współczynnika obciążenia zestawiono w tabeli 4.7.

Grupa natężenia pracy mechanizmów – w zależności od klasy wykorzystania mechanizmów i klasy obciążenia wyróżnia się siedem grup natężenia pracy mechanizmu dźwignicy – tabela 4.8.

Tabela 4.6. Zestawienie klas wykorzystania mechanizmu dźwignicy

Klasa wykorzystania mechanizmu	Rodzaj pracy mechanizmu	Efektywny czas pracy [h]
T ₀	nieregularna	200
T ₁		400
T ₂		800
T ₃		1600
T ₄	regularna rzadka	3200
T ₅	regularna z przerwami	6300
T ₆	nieregularna intensywna	12500
T ₇	intensywna	25000
T ₈		50000
T ₉		100000

Źródło: Opracowanie własne na podstawie [5]

Tab. 4.7. Klasy obciążenia mechanizmu dźwignicy

Klasa obciążenia mechanizmu	Nominalna wartość współczynnika obciążenia K_m	Charakterystyka obciążenia mechanizmów
L1	0,125	Maksymalne obciążenie w ciągu bardzo małej części czasu pracy, w pozostałym czasie obciążenia znacznie mniejsze od maksymalnego
L2	0,25	Maksymalne obciążenie w ciągu dużej części czasu pracy, w pozostałym czasie obciążenia zbliżone do połowy maksymalnego.
L3	0,50	Maksymalne obciążenie w ciągu dużej części czasu pracy, w pozostałym czasie obciążenia większe od połowy maksymalnego
L4	1,00	Maksymalne obciążenie w ciągu całego czasu pracy lub zbliżone do maksymalnego

Źródło: Opracowanie własne na podstawie [5]

Tab. 4.8. Macierz grup natężenia pracy mechanizmu dźwignicy

Klasa obciążenia	Klasa wykorzystania dźwignicy									
	T ₀	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	T ₅	T ₆	T ₇	T ₈	T ₉
	Grupa natężenia pracy dźwignicy									
Q1			M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8
Q2		M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	
Q3	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8		
Q4	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8			

Źródło: Opracowanie własne na podstawie [5]

Grupę pracy dźwignicy jako całości określa grupa właściwa dla głównego mechanizmu podnoszenia ładunku. Przykłady zaszeregowania wybranych maszyn dźwignicowych i ich mechanizmów do określonych grup natężenia pracy zestawiono w tabeli 4.9. i tabeli 4.10.

Tabela 4.9. Tabela natężenia pracy wybranych maszyn dźwignicowych

Typ maszyn dźwignicowych	Określenie pracy	Grupa natężenia pracy	Grupa natężenia pracy mechanizmów		
			Unoszenie	Jazda wciągarki	Jazda suwnicy
Suwnice z napędem ręcznym	—	A1	M1	M1	M1
Suwnice warsztatowe montażowe	—	A1	M2	M1	M2
Suwnice warsztatowe	Regularna rzadka	A2	M3	M2	M3
	Regularna z przerwami	A3	M4	M3	M4
	Intensywna	A4	M5	M3	M5
Suwnice hakowe na składowiskach	Regularna rzadka	A3	M3	M2	M4
Suwnice chwytakowe na składowiskach	Intensywna	A6	M6	M6	M6
Suwnice portowe przeładunkowe	—	A7	M8	M6	M7
Suwnice kontenerowe	—	A5	M6	M6	M6

Źródło: Opracowanie własne na podstawie [5]

Tabela 4.10. Tabela natężenia pracy żurawi

Typ przeznaczenie żurawi i ich mechanizmów	Grupa natężenia pracy	Grupa natężenia pracy mechanizmów				
		Unoszenie	Obrót	Zmiana wysięgu	Jazda wciągarki	Jazda żurawia
Żurawie do pracy nieregularnej	A1	M1	M2	M1	M1	M2
Żurawie na składowiskach materiałów	A2	M2	M4	M1	M1	M2
Żurawie stoczniove remontowe	A4	M4	M5	M3	M3	M3
Żurawie portowe kontenerowe	A4	M4	M4	M3	M4	M2
Żurawie chwytkowe	A4	M6	M6	M5	M6	M3

Źródło: Opracowanie własne na podstawie [5]

4.4. Obciążenie maszyn dźwignicowych

Największy ciężar ładunku Q , przenoszony w czasie normalnej pracy dźwigni nazywany jest udźwigniem wtedy gdy ciężar G_o urządzeń chwytających ładunek przytwierdzonych do elementu unoszącego np. liny, łańcucha spełnia warunek:

$$G_o < 0,1 Q. \quad (4.1)$$

Jeżeli ciężar urządzeń chwytanych jest znaczny w stosunku do ciężaru ładunku Q , tj. gdy $G_o > 0,1 Q$, to ciężar własny urządzeń chwytanych wlicza się do udźwigu. W każdym takim przypadku ciężar podnoszony jest określany zależnością:

$$Q_p = Q + G_o. \quad (4.2)$$

Wielkości udźwignów ustalone są według zalecanego ciągu liczb normalnych R10 i R 20. Maksymalne wysięgi żurawi różnych typów określa się najczęściej wg szeregu R10. Momenty obciążenia będące iloczynem udźwignów od 10 do 80 [kN] i wysięgów od 10 do 50 [m] podano w tab. 4.11. Minimalne wysięgi żurawi wynoszą około $\frac{1}{4}$ wysięgu maksymalnego i równają się odpowiednio: 2,5; 3,15; 4; 5; 6,3; 8; 10; 12,5 [m].

Tabela 4.11. Momenty obciążenia żurawia w funkcji udźwigu i wysięgu [5]

Udźwig [kN]	Maksymalny wysięg żurawia [m]							
	10	12,5	16	20	25	31,5	40	50
10	100	125	160	200	250	320	400	500
12,5	125	160	200	250	320	400	500	630
16	160	200	250	320	400	500	630	800
20	200	250	320	400	500	630	800	1000
25	250	320	400	500	630	800	1000	1250
32	320	400	500	630	800	1000	1250	1600
40	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000
50	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500
63	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3200
80	800	1000	1250	1600	2000	2500	3200	4000

Prędkości robocze ustalonych ruchów podnoszenia i jazdy (wózków, pomostów, mostów i bram) w jednostkach [m/min] oraz średnie prędkości zmiany wysięgu w [m/s] i ustalone prędkości obrotu w [obr/min] określone są według ciągu R10. Średnice bębnow, kół jezdnych i tarcz hamulcowych określone są zwykle według szeregu R10 do średnicy 630 [mm] i według szeregu R20 od średnicy 710 [mm] wzwyż. Szereg podstawowych rozpiętości pomostów suwnic jest wynikiem dodawania modułu budowlanego (o wartości 3 [m]) określającego rozpiętość hal przemysłowych. Rozpiętości bram żurawi portowych określa się przez dodawanie wymiaru 4,4 [m] do tzw. skrajni kolejowej.



Rys. 4.8. Mechanizmy podnoszenia [31] wyposażone w: a – wciągnik linowy elektryczny przejezdny, b – wciągnik linowy elektryczny do montażu na łapach, c – wciągnik elektryczny łańcuchowy przejezdny, d – wciągnik linowy elektryczny przejezdny dwubelkowy

Typowy mechanizm podnoszenia złożony jest z silnika elektrycznego, sprzęgieł, hamulca, przekładni mechanicznej, bębna linowego, wielokrążka i zblocza hakowego, do którego zaczepiony jest ładunek. Podstawowe typy mechanizmów podnoszenia przedstawiono na rys. 4.8.

Mechanizm podnoszenia jest projektowany pod kątem wymagań (rys. 4.9):

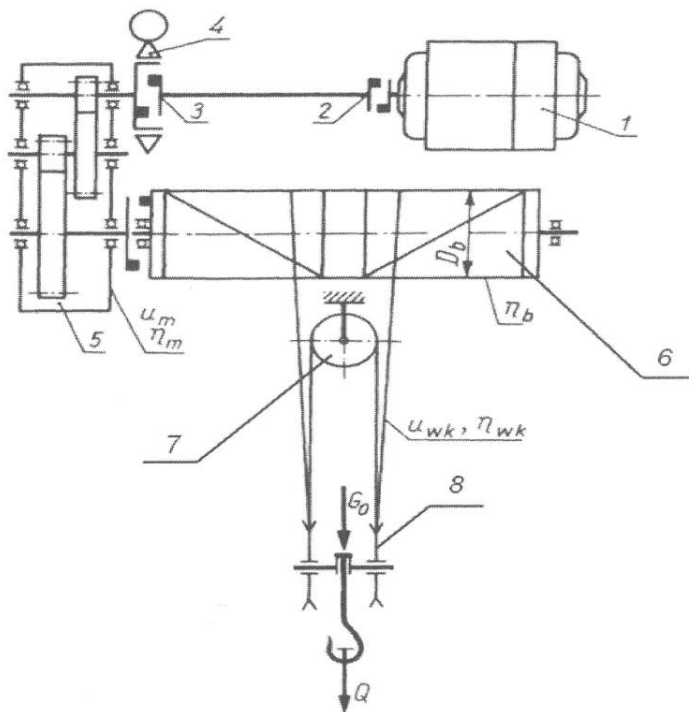
- udźwigu Q ,
- prędkości podnoszenia v ,
- wysokości podnoszenia H ,
- warunków pracy – określona grupa natężenia pracy lub klasa dźwignicy.

Podczas obliczeń, dla danego udźwigu Q dobierane są: hak, zblocze, wielokrążek a następnie bęben, przekładnia mechaniczna, hamulec i silnik napędowy.

Przełożenie wielokrążka u_{wk} jest zależne od układu linowego:

- dla układu dwupasmowego $u_{wk} = 1$,
- dla układu czteropasmowego $u_{wk} = 2$ (jak na rys.4.9)
- dla układu sześciopasmowego $u_{wk} = 3$

Poniższy schemat obliczeniowy opracowano na podstawie [6].



Rys. 4.9. Schemat mechanizmu podnoszenia [6]: 1 – silnik elektryczny, 2, 3 – sprzęgło, 4 – hamulec, 5 – przekładnia mechaniczna, 6 – bęben linowy, 7 – krążek, 8 – zblocze hakowe

Maksymalną siłę S w linie oblicza się ze wzoru:

$$S = \frac{(Q + G_o) \cdot g}{2 \cdot u_{wk} \cdot \eta_{wk}} \quad [t] \quad (4.3)$$

Gdzie: G_o – masa haka i zblocza [t],

Q – masa podnoszonego ładunku [t],

u_{wk} – przełożenie wielokrążka [-],

η_{wk} – sprawność wielokrążka [-].

Na podstawie siły napięcia liny i przyjętego współczynnika bezpieczeństwa dobiera się odpowiednią linę. W dalszej kolejności do liny dobiera się bęben, określa się jego profil i skok rowka linowego oraz wyznacza długość i średnicę bębna.

Wymagana długość czynna bębna przy nawijaniu jednowarstwowym obliczana jest ze wzoru (4.4) zaś przy wielowarstwowym – ze wzoru (4.5):

$$L_b = (z + z_o) \cdot s = \left(\frac{H \cdot u_{wk}}{\pi \cdot D_b} + z_o \right) \cdot s \quad [m] \quad (4.4)$$

$$L_b = \frac{(z + z_o)}{w_i} \cdot s = \left(\frac{H \cdot u_{wk}}{\pi \cdot D_b} + z_o \right) \cdot \frac{s}{w_i} \quad [m] \quad (4.5)$$

gdzie: w_i – liczba warstw liny nawijanej na bęben.
 z – liczba zwojów czynnych liny na bębnie [-],
 z_o – liczba zwojów biernych mocujących linę na bębnie [-],
 s – skok linii śrubowej liny na bębnie [m],
 D_b – średnica bębna [m],
 H – wysokość podnoszenia [m].

Prędkość obrotowa bębna wyznaczana jest z zależności:

$$n_b = \frac{v \cdot u_{wk}}{\pi \cdot D_b} \quad [obr/min], \quad (4.6)$$

zaś przełożenie przekładni mechanicznej:

$$u_m = \frac{n_s}{n_b} \quad (4.7)$$

gdzie: n_s – znamionowa prędkość obrotowa silnika elektrycznego [obr/min],
 n_b – prędkość obrotowa bębna [obr/min].

Całkowite przełożenie mechanizmu podnoszenia jest iloczynem przełożeń:

$$u = u_m \cdot u_{wk} \quad (4.8)$$

Moc silnika elektrycznego określana jest jako suma mocy silnika dla ruchu ustalonego i dodatkowej mocy koniecznej w czasie rozruchu:

$$N = \frac{(Q + G_o) \cdot g \cdot v}{\eta} + \delta \cdot \frac{(Q + G_o) \cdot v^2}{t_r \cdot \eta} \quad [W] \quad (4.9)$$

gdzie: δ – współczynnik zwiększenia mocy w czasie rozruchu, $\delta = 1,1 - 1,2$,
 t_r – czas rozruchu [s],
 η – sprawność całkowita układu napędowego.

Dla ruchu ustalonego moc wyznacza się z pierwszego człony wzoru (4.9).

Moment obrotowy na bębnie, potrzebny do doboru sprzęgła łączącego wał bębna z przekładnią wyznaczany jest z zależności:

$$M_b = 2 \cdot S \cdot \frac{D_b}{2 \cdot \eta_b} = (Q + G_o) \cdot g \cdot \frac{D_b}{2 \cdot u_{wk} \cdot \eta_{wk} \cdot \eta_b} \quad [Nm] \quad (4.10)$$

Moment obrotowy na wale silnika M_s :

$$M_s = \frac{M_b}{u_m \cdot \eta_m} = \frac{(Q + G_o) \cdot g \cdot D_b}{2 \cdot u_m \cdot u_{wk} \cdot \eta_{wk} \cdot \eta_b \cdot \eta_m} = \frac{(Q + G_o) \cdot g \cdot D_b}{2 \cdot u \cdot \eta} \quad (4.11)$$

Obliczona wartość momentu obrotowego na wale silnika wykorzystywana jest przy doborze silnika elektrycznego oraz przy doborze sprzęgła montowanego na wale silnika.

Moment hamowania mechanizmu podnoszenia wyznacza się z uwzględnieniem konieczności utrzymania przez hamulec ładunku w dowolnym położeniu:

$$M_h = \frac{(Q + G_o) \cdot g \cdot D_b \cdot z_h \cdot \eta_h}{2 \cdot u} \quad [Nm] \quad (4.12)$$

Gdzie: z_h – współczynnik pewności hamulca,

η_h – sprawność układu podczas hamowania.

Współczynnik pewności hamowania z_h przyjmuje wartości:

- $z_h = 1,75$ dla typowych hakowych mechanizmów podnoszenia,
- $z_h = 2$ dla wciągarek chwytakowych,
- $z_h = 2,5$ dla wciągarek stosowanych w hutnictwie.

Wzór (4.12) można zapisać także w postaci:

$$M_h = \frac{(Q + G_o) \cdot g \cdot D_b}{2 \cdot u_m \cdot u_{wk}} \cdot \left(2 - \frac{1}{\eta}\right) \quad [Nm] \quad (4.13)$$

Wartość momentu hamowania jest wykorzystywana podczas obliczeń i doboru mechanizmu dźwigniowego.

4.5. Ocena wydajności pracy dźwignic

Dla dźwignic, tj. maszyn pracujących ruchem cyklicznym (przerywanym), wydajność teoretyczna W_o obliczana jest ze wzoru:

$$W_o = Q_p \cdot i = \frac{3600 \cdot Q_p}{T_d} \quad [t/h] \quad (4.14)$$

Masa podnoszona Q_p jest sumą masy ładunku i urządzeń chwytnych:

$$Q_p = Q + Q_o \quad (4.15)$$

Natomiast czas jednego cyklu pracy T_d obliczamy z wyrażenia:

$$T_d = T_p + T_m = T_m + \Sigma \frac{l}{v} \quad [s] \quad (4.16)$$

We wzorach (4.14 – 4.16) zastosowano symbole, które oznaczają odpowiednio:

- Q – masa ładunku [t],
- Q_p – masa podnoszona [t],
- Q_o – masa urządzeń chwytnych [t],
- i – ilość cykli roboczych na godzinę,
- T_d – czas jednego cyklu pracy dźwignicy [s],
- T_p – suma czasów przemieszczenia ładunku w jednym cyklu [s],
- l – długość częściowych dróg przemieszczenia [m],
- v – prędkość przemieszczania na odpowiedniej części drogi [m/s],
- T_m – suma czasów manipulacji ładunkowych w cyklu [s].

Wydajność dźwignic wzrasta gdy krótsze są: czasy manipulacji ładunkowych (zawieszania i zdejmowania ciężaru), drogi przemieszczania oraz czym większe są prędkości przemieszczania ładunków. Wydajność techniczna W_t [t/h] zależy od stopnia wykorzystania udźwigu i wyrażana jest wzorem:

$$W_t = W_o \cdot k_1 \quad (4.17)$$

Gdzie: k_1 – stopień wykorzystania udźwigu zależny od klasy obciążenia dźwignicy, $k_1 = (0,3 \div 1)$

Wydajność praktyczna W_p [t/h] uwarunkowana jest efektywnością obsługi ładunków:

$$W_p = W_t \cdot k_2 \quad (4.18)$$

gdzie: k_2 – współczynnik nierównomierności obsługi ładunków zależny od grupy natężenia pracy, $k_2 = (0,4 \div 1)$.

Wydajność roczna W_r [t/h] uwzględnia stopień wykorzystania czasu pracy, zmniejszający wydajność praktyczną skutkiem przerw w pracy spowodowanych przestojami, postojami i remontami.

$$W_r = W_p \cdot n_h \cdot n_z \cdot k_3 \quad (4.19)$$

gdzie: n_h – ilość godzin pracy na jedną zmianę,

n_z – ilość zmian w ciągu roku,

k_3 – współczynnik wykorzystania czasu pracy:

dla pracy jednozmianowej $k_3 = 0,8$,

dla pracy dwuzmianowej $k_3 = 0,75$,

dla pracy trójzmianowej $k_3 = 0,7$.

Danymi wejściowymi do obliczeń cyklu pracy T_d maszyny dźwignicowej są:

- v_m – prędkość przemieszczania się mostu suwnicy wzdłuż hali [m/s],
- v_w – prędkość ruchu wózka po torach mostu [m/s],
- v_p – prędkość opuszczania lub podnoszenia haka [m/s],
- H_p – wysokość podnoszenia ładunku [m].

Czas manipulacyjny jest sumą czasów:

$$T_m = t_{01} + t_{02} \quad (4.20)$$

gdzie: t_{01} – czas zawieszania ładunku na hak [s],
 t_{02} – czas zdejmowania ładunku z haka [s].

Czas przemieszczania T_p :

$$T_p = t_p + t_{jw} + t_{jm} \quad (4.21)$$

gdzie: t_p – czasu podnoszenia (opuszczania) [s],
 t_{jw} – czasu jazdy wózka [s],
 t_{jm} – czasu jazdy mostu [s].

Jeżeli przyjmie się średni czas jazdy lub podnoszenia/opuszczania w ruchu ustalonym (odniesionym do całej długości jazdy lub też do wysokości podnoszenia), wówczas wartości poszczególnych czasów cyklu oblicza się:

$$t_p = \frac{4 \cdot H}{v_p}, \quad t_{jw} = \frac{2 \cdot L_{jw}}{v_w}, \quad t_{jm} = \frac{2 \cdot L_{jm}}{v_m} \quad [s] \quad (4.22)$$

Ostatecznie cykl pracy jest równy:

$$T_d = T_m + T_p = t_{01} + t_{02} + t_p + t_{jw} + t_{jm} \quad [s] \quad (4.23)$$

W przypadku żurawi dźwigowych mechanizm podnoszenia w ciągu jednego cyklu zwykle jest włączany czterokrotnie a mechanizm jazdy oraz obrotu i zmiany wysięgu – dwukrotnie.

Czas procesu obrotu t_o obliczany jest ze wzoru:

$$t_o = \frac{2 \cdot \varphi_o}{\omega_o} \quad [s] \quad (4.24)$$

Gdzie: ω_o – prędkość kątowna obrotu [rad/s],

φ_o – kąt obrotu ramienia żurawia.

Dla procesu zmiany wysięgu:

$$t_w = \frac{2 \cdot \varphi_w}{\omega_w} \quad [s] \quad (4.25)$$

Gdzie: ω_w – prędkość kątowna zmiany wysięgu [rad/s].

4.6. Zawiesia

Zawiesia to pomocniczy osprzęt służący do zawieszania i podtrzymywania ładunku podczas transportu. Zbudowane są z ciągłych linowych, pasowych lub łańcuchowych zakończonych znormalizowanymi elementami. Ich zadaniem jest pewne i szybkie mocowanie oraz zdejmowanie ładunków z uwzględnieniem ich masy, kształtu i gabarytów. Zawiesia wykonuje się w wersji pojedynczej lub jako zawiesia wielocięgnowe. Podstawowym parametrem jest dopuszczalne

obciążenie robocze DOR (ang. WLL), czyli dopuszczalna maksymalna masa zawieszonoego ładunku (w tonach). Określa się także długość zawiesia L i kąt rozwarcia cięgien α lub kąt odchylenia cięgien od pionu β ($\alpha = 2\beta$).

Przy określaniu dopuszczalnego obciążenia roboczego DOR zawiesi wielocięgowych ogólnego przeznaczenia przyjmuje się zasadę, że obciążenie to ustala się dla dwóch kątów rozwarcia cięgien:

- $\alpha = 90^\circ$ w przedziale $\alpha = (0 \div 90^\circ)$,
- $\alpha = 120^\circ$ w przedziale $\alpha = (90 \div 120^\circ)$.

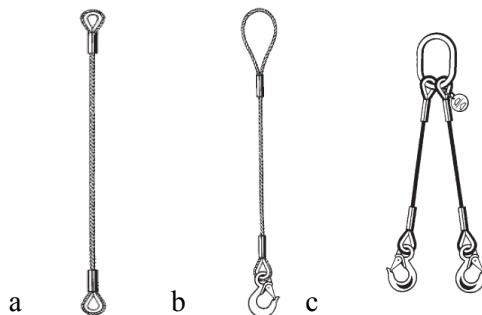
W praktyce dopuszczalne obciążenie robocze zawiesi cięgowych DOR wyznacza się na podstawie dopuszczalnego obciążenia DOR_{poj} pojedynczego cięgna i współczynnika korekcyjnego m , zależnego od rodzaju zawiesia oraz kąta rozwarcia cięgien α :

$$DOR = m DOR_{poj} \quad (4.26)$$

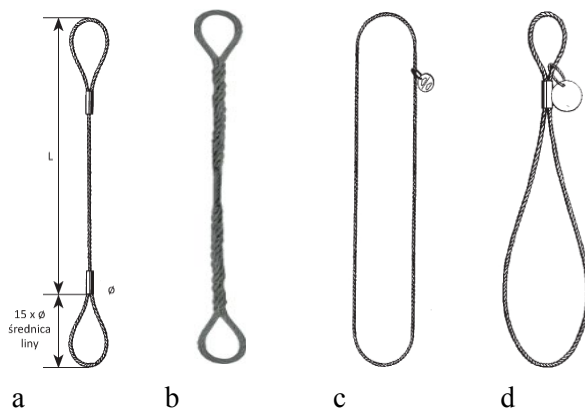
4.6.1. Zawiesia linowe

Wszystkie zawiesia linowe wykonywane i sprawdzane są według normy DIN 3088 i PN-EN 13414-1+A2. Udźwig i wytrzymałość okuć oraz zacisków linowych są obliczone i dobierane do parametrów wytrzymałościowych zawiesi. Zawiesia miękkie (rys. 4.11) wykonywane są według norm DIN 3088, PN-EN 13414-1+A2 oraz PN-EN 13414-3+A1.

Zawiesia linowe wykonywane są jako zawiesia kablowe i miękkie, dodatkowo każda z tych podlega podziałowi ze względu na kształt zakończenia. Przykładowe rodzaje zawiesi linowych kablowych i miękkich przedstawiono na rys. 4.10 i 4.11.



Rys. 4.10. Przykłady zawiesi linowych kablowych [41] a – zawiesie jednocięgnowe, pętla twarda zaciskana tuleją, b – zawiesie jednocięgnowe zakończone kauszą oraz hakiem z zabezpieczeniem, c – zawiesie dwucięgnowe, osprzęt zakończeniowy: kausza oraz hak z zabezpieczeniem

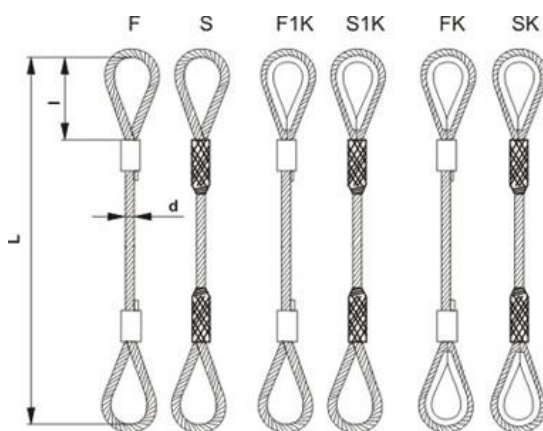


Rys. 4.11. Przykłady zawiesi miękkich [41]: a – jednociegnowe, pętla miękka zaciskana tuleją, b – wysokoelastyczne zawiesie linowe w wykonaniu kablowym (wielolinowym) z uszami zaplatanym, c – zawiesie linowe o obwodzie zamkniętym typ „Grummet”, splotka wg PN-EN 10264-2, d – dwupętlowe, zaprasowane zgodnie z PN-EN 13414-1+A2, mała pętla – długość w świetle 20-krotność średnicy liny

Wysokoelastyczne zawiesia linowe (rys. 4.11b) odznaczają się następującymi zaletami:

- maksymalny udźwig do 5000 [t],
- łatwość transportu ze względu na możliwość zwinięcia,
- łatwość użytkowania dzięki elastycznej konstrukcji także przy dużych średnicach,
- zawiesia przeznaczone do pracy podczas, której zawiesie narażone jest na zagięcia.

Dopuszczalne obciążenia *DOR* zawiesi pojedynczych i wielociegnowych zależne są od średnicy pojedynczego zawiesia oraz od jego klasy, ich wartości zestawiono w tabelach 4.12 i 4.13.



Rys. 4.12. Zawiesia jednocienne z rónnymi koñcówkami i odpowiadajcymi im oznaczeniami [13]

Tabela 4.12. Dopuszczalne obciążenia robocze zawiesi jednocięgowych (rys. 4.12)

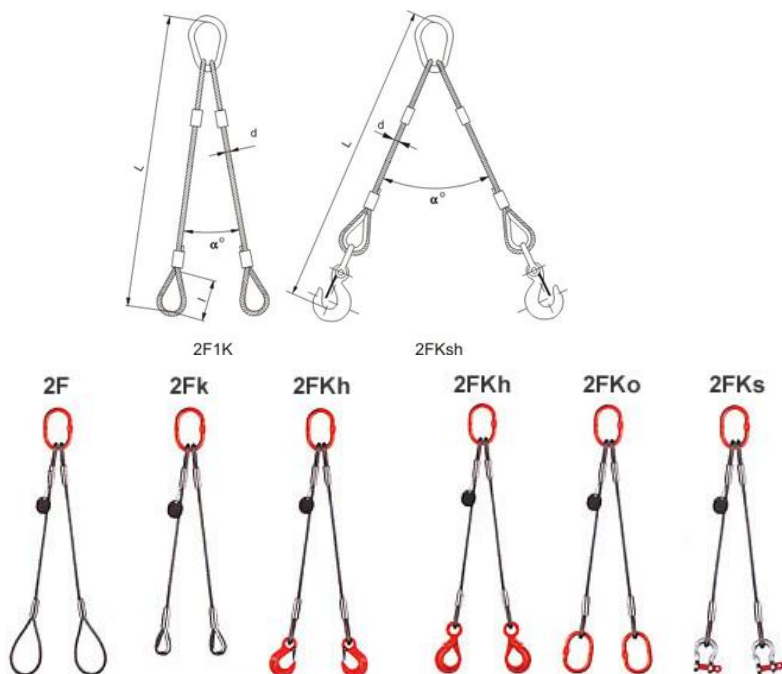
Dopuszczalne obciążenie robocze (DOR), [t] przy zawieszaniu		Średnica <i>d</i> zawiesi zaciskanych tulejami, [mm]	
Bez obwiązywania	Z obwiązywaniem	Klasa	
		W	T
0,63	0,5	8	8
0,8	0,63	9	10
1,0	0,8	10	11
1,2	1,0	11	12
1,6	1,2	12	13
2,0	1,6	14	14
2,5	2,0	16	16
3,2	2,5	18	18
4,0	3,2	20	22
5,0	4,0	22	24
6,3	5,0	25	26
8,0	6,3	28	30
10,0	8,0	32	32
12,5	10,0	34	36
16,0	12,5	40	45

Opracowanie własne na podstawie [13]

Tabela 4.13. Dopuszczalne obciążenia robocze zawiesi dwucięgowych (rys. 4.13)

Dopuszczalne obciążenie robocze (DOR), [t] przy zawieszaniu		Średnica <i>d</i> zawiesi zaciskanych tulejami, [mm]	
$0^\circ < \alpha < 90^\circ$	$90^\circ < \alpha < 120^\circ$	Klasa	
		W	T
0,8	0,63	9	8
1,2	1,0	10	11
2,0	1,6	11	12
3,2	2,5	16	16
5,0	4,0	20	22
6,3	5,0	22	24
8,0	6,3	25	26
10,0	8,0	28	30
12,5	10,0	32	32
16,0	12,5	36	36

Opracowanie własne na podstawie [13]

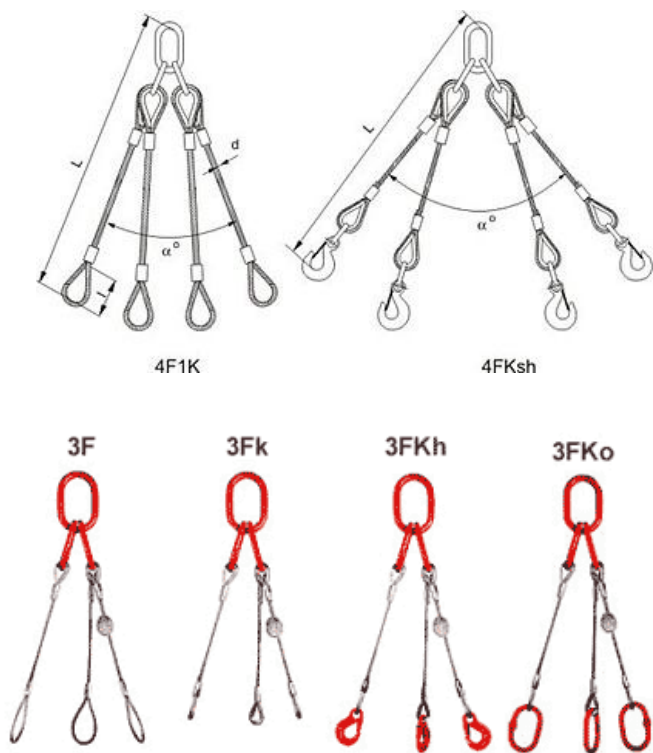


Rys. 4.13. Zawiesia dwucienne z rónnymi końcówkami i odpowiadającymi im oznaczeniami [13]

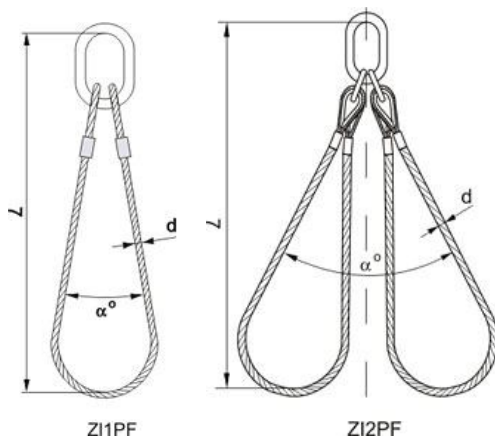
Tabela 4.14. Dopuszczalne obciążenia robocze zawiesi wielocięnowych (rys. 4.14)

Dopuszczalne obciążenie robocze (<i>DOR</i>), [t] przy zawieszaniu		Średnica <i>d</i> zawiesi zaciskanych tulejami, [mm]	
$0^\circ < \alpha < 90^\circ$	$90^\circ < \alpha < 120^\circ$	Klasa	
		W	T
1,2	1,0	8	8
2,0	1,6	10	11
3,2	2,5	12	13
5,0	4,0	16	16
6,3	5,0	18	18
8,0	6,3	20	22
10,0	8,0	22	24
12,5	10,0	25	26
16,0	12,5	28	30
20,0	16,0	32	32

Opracowanie własne na podstawie [13]



Rys. 4.14. Zawiesia wielocięgnowe z różnymi końcówkami i odpowiadającymi im oznaczeniami [13]



Rys. 4.15. Zawiesie pętlicowe i dwupętlicowe [13]

Tabela 4.15. Dopuszczalne obciążenia robocze zawiesi pętlicowych (rys. 4.15)

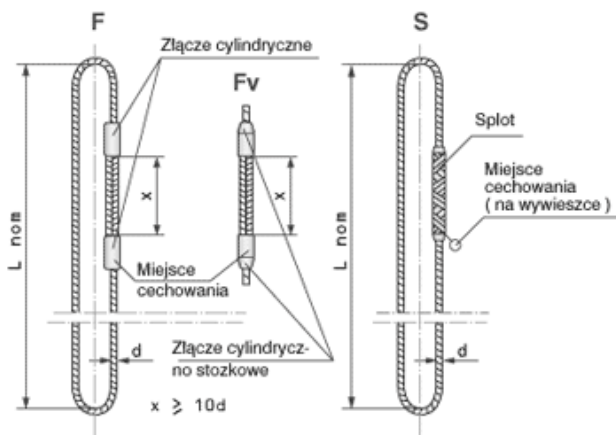
Dopuszczalne obciążenie robocze (DOR), [t] przy zawieszaniu		Średnica d zawiesi zaciskanych [mm]
$0^\circ < \alpha < 90^\circ$	$90^\circ < \alpha < 120^\circ$	
0,8	0,63	8
1,2	0,8	10
1,6	1,2	11
2,0	1,6	13
2,5	2,0	14
3,2	2,5	16
4,0	3,2	28
5,0	4,0	20
6,3	5,0	22
8,0	6,3	25
10,0	8,0	28
12,5	10,0	32
16,0	12,5	34

Opracowanie własne na podstawie [13]

Tabela 4.16. Dopuszczalne obciążenia robocze zawiesi dwupętlicowych (rys. 4.15)

Dopuszczalne obciążenie robocze (DOR), [t] przy zawieszaniu		Średnica d zawiesi zaciskanych [mm]
$0^\circ < \alpha < 90^\circ$	$90^\circ < \alpha < 120^\circ$	
1,6	1,2	8
2,0	1,6	10
2,5	2,0	11
3,2	2,5	12
4,0	3,2	13
5,0	4,0	14
6,3	5,0	16
8,0	6,3	18
10,0	8,0	20
12,5	10,0	22
16,0	12,5	25
20,0	16,0	28

Opracowanie własne na podstawie [13]



Rys. 4.16. Zawiesia linowe o obwodzie zamkniętym [13]

Tabela 4.17. Dopuszczalne obciążenia robocze zawiesi linowych o obwodzie zamkniętym

Dopuszczalne obciążenie robocze (DOR), [t] przy zawieszaniu		Średnica d zawiesi zaciskanych tulejami, (Fi Fv), [mm]	
Bez obwiązywania	Z obwiązywaniem	Klasa	
		W	T
1,2	1,0	8	8
1,6	1,2	9	10
2,0	1,6	10	11
2,5	2,0	11	12
3,2	2,5	12	13
4,0	3,2	14	14
5,0	4,0	16	16
6,3	5,0	18	18
8,0	6,3	20	22
10,0	8,0	22	24
12,5	10,0	25	26
16,0	12,5	28	30
20,0	16,0	32	32
25,0	20,0	34	36

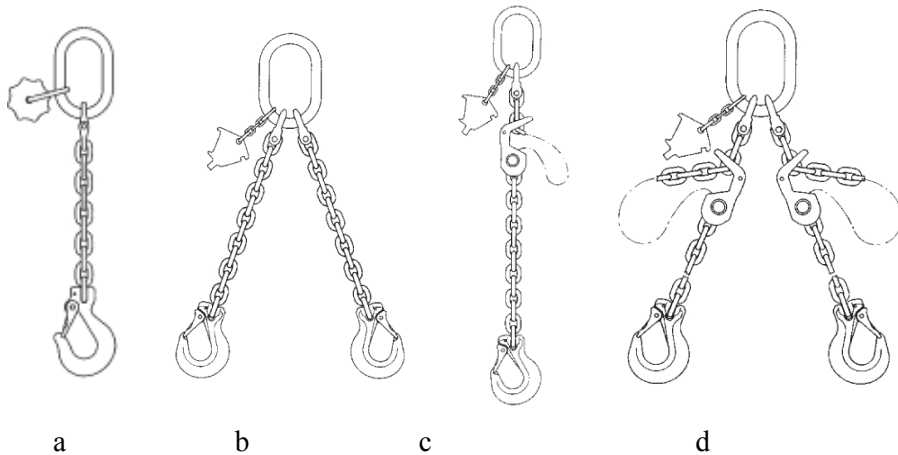
Opracowanie własne na podstawie [13]

4.6.2. Zawiesia łańcuchowe

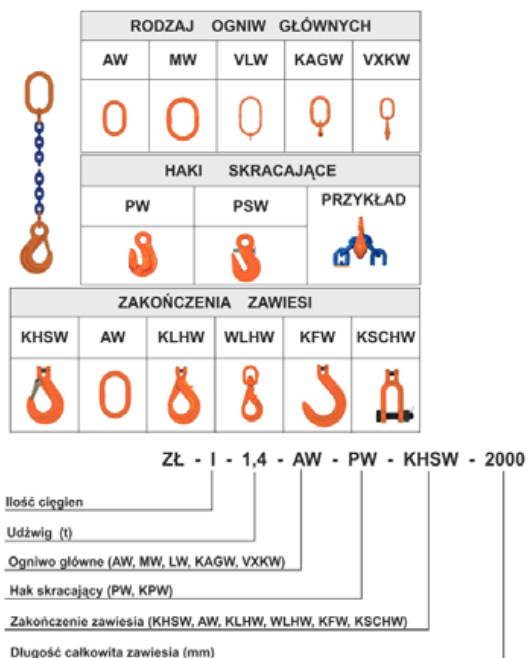
Zawiesia łańcuchowe produkowane są i sprawdzane wytrzymałościowo według normy DIN 3088 i PN-EN 13414-1+A2. Błyszka cechowa zamocowana na łańcuchu zawiera dane dotyczące producenta i wytrzymałości, służy także do kontroli zużycia łańcucha (rys. 4.17). Zawiesia łańcuchowe (rys. 4.18 c,d) produkowane w specjalnej klasie VIP charakteryzują się wyższym do 33% udźwigniem niż łańcuchy standardowe w klasie jakości 8.



Rys. 4.17. Zastosowanie błyszki cechowej do sprawdzania zużycia [41]: a – sprawdzenie średnicy, b – kontrola rozciągnięcia, c – kontrola długości ogniwa




Rys. 4.18. Zawiesia łańcuchowe z hakiem ładunkowym z zabezpieczeniem [41]: a, b – pojedyncze dwułańcuchowe typu GHS, c, d – zawiesia łańcuchowe typu VIP jedno i dwułańcuchowe z elementem do wielokrotnego skracania z hakiem ładunkowym zamkniętym typu VIP-Cobra




Rys. 4.19. Elementy konstrukcyjne zawiesia łańcuchowego pojedynczego i przykład jego oznaczenia [49]

Tabela 4.18. Udźwig zawiesia łańcuchowego pojedynczego

Udźwig [t]		Średnica łańcucha [mm]
Układ 1	Układ 2	
1	0,8	5
1,4	1,12	6
1,9	1,5	7
2,5	2,0	8
4,0	3,15	10
6,7	5,3	13
10	8,0	16
14,0	10,0	19
19,0	15,0	22
26,5	21,2	26



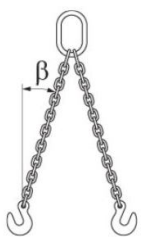
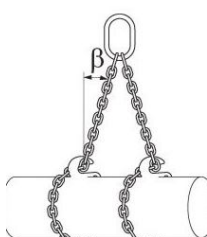
Układ 2



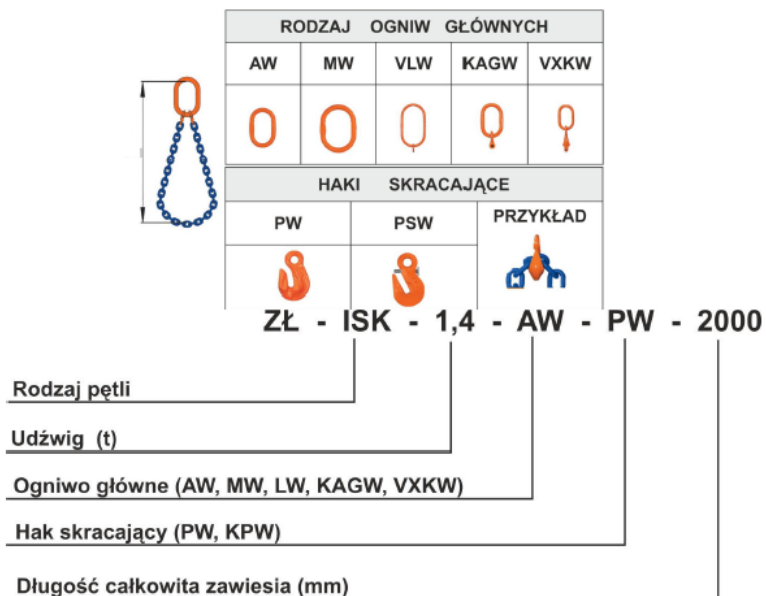
Układ 1

Opracowanie własne na podstawie [49]

Tabela 4.19. Udźwig zawiesia dwułańcuchowego

Udźwig [t]				Średnica łańcucha [mm]
Układ 1		Układ 2		
β $0^\circ - 45^\circ$	β $45^\circ - 60^\circ$	β $0^\circ - 45^\circ$	β $45^\circ - 60^\circ$	
1,4	1	1,12	0,8	5
2,0	1,4	1,6	1,12	6
2,65	1,9	2,12	1,5	7
3,55	2,5	2,8	2,0	8
5,6	4,0	4,25	3,15	10
9,5	6,7	7,5	5,3	13
14,0	10,0	11,2	8,0	16
20,0	14,0	16,0	11,2	19
26,5	19,0	21,2	15,0	22
37,5	26,5	30,0	21,2	26
				

Opracowanie własne na podstawie [49]

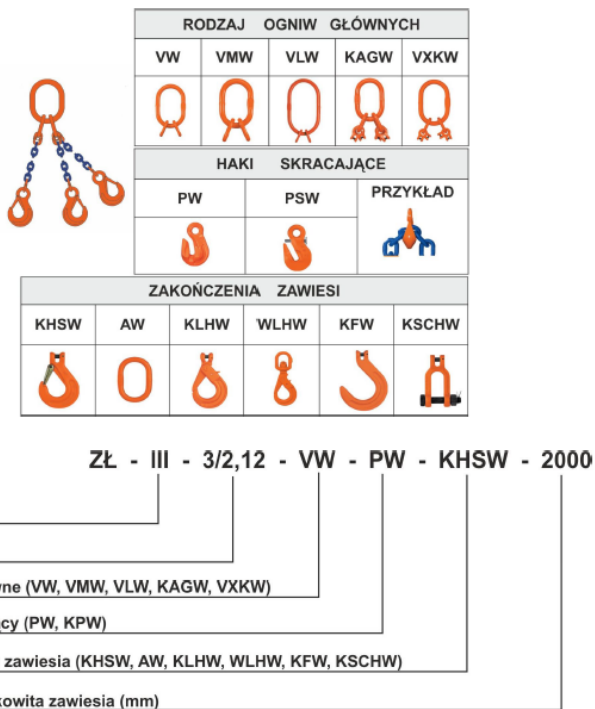


Rys. 4.20. Elementy konstrukcyjne zawiesia łańcuchowego pętlicowego i przykład jego oznaczenia [49]

Tabela 4.20. Udźwig zawiesia łańcuchowego pętlicowego

Udźwig [t]	Średnica łańcucha [mm]
1,4	5
2,0	6
2,65	7
3,55	8
5,6	10
9,0	13
14,0	16
20,0	19
26,5	22
37,5	26

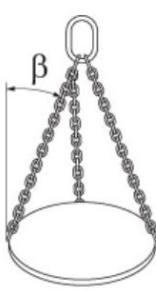
Opracowanie własne na podstawie [49]



Rys. 4.21. Elementy konstrukcyjne zawiesia trójłańcuchowego i przykład jego oznaczenia [49]

Tabela. 4.21. Udźwig zawiesia trójłańcuchowego

Układ		Średnica łańcucha [mm]
β 0° - 45°	β 45° - 60°	
2,0	1,5	5
3,0	2,12	6
4,0	2,8	7
5,3	3,75	8
8,0	6,0	10
14,0	10,0	13
21,2	15,0	16
30,0	21,2	19
40,0	28,0	22
56,0	40,0	26



Opracowanie własne na podstawie [49]

4.7. Oprzyrządowanie dodatkowe

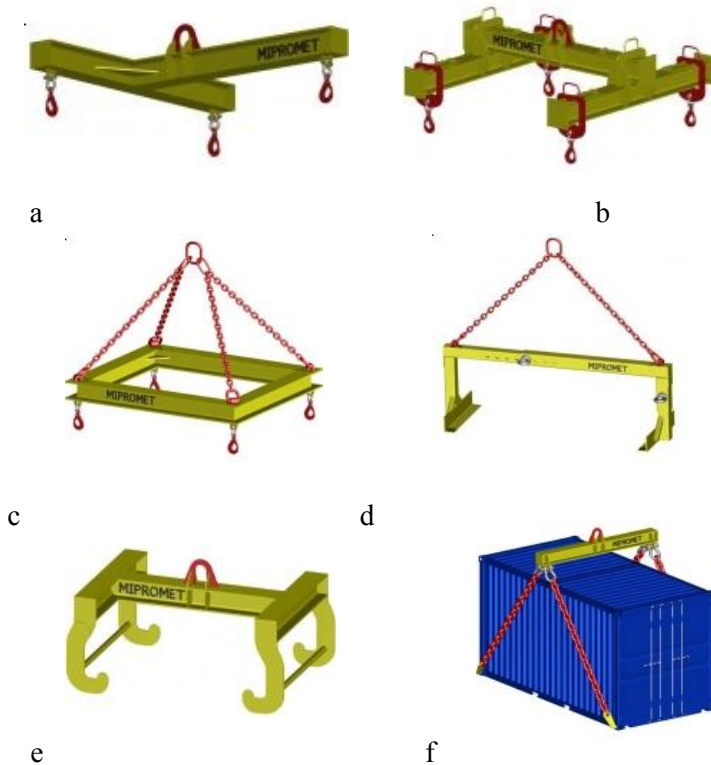
Trawersy są to urządzenia pomocnicze do podnoszenia długich i ciężkich elementów wymagających zastosowania kilku punktów podparcia. Najbardziej rozpowszechnione są trawersy uniwersalne (rys. 4.22). Mają one kształt belki o przekroju dwuteowym, na której obu końcach znajdują się uchwyty do mocowania ładunku.

Elementy przemieszczane przy użyciu niewłaściwie rozmieszczonych zawiesi, powodują niebezpieczne drgania i wstrząsy generujące naprężenia, które mogą doprowadzić do zerwania podzespołów nośnych, a w konsekwencji do uszkodzenia elementu podnoszonego. Do przewożenia ładunków o określonym kształcie i ciężarze wykorzystywane są trawersy specjalistyczne posiadające wielopunktowe miejsca mocowania zawiesi lub liniowe obszary mocowania ładunku (rys. 4.23).



Rys. 4.22. Trawers uniwersalny [39]

Niekiedy element przewożony musi znajdować się w określonej pozycji, której nie mogą zapewnić trawersy specjalistyczne. Należy wówczas zastosować trawersy obrotowe (rys. 4.24) służące do bezpiecznego i łatwego obracania ciężkich elementów bez ryzyka uszkodzenia. Obracany element może zostać zatrzymany w dowolnej pozycji, co umożliwia niekiedy łatwy i bezpieczny montaż dodatkowych elementów w zawieszanej konstrukcji. Nośność trawersów obrotowych zawiera się w zakresie 1÷150 [kg]. Rozpiętość trawersów obrotowych może być stała lub regulowana w zależności od potrzeb użytkownika. Urządzenia te nie wymagają żadnych modernizacji suwnicy, zasilane są z poziomu 0 z gniazda sieciowego 400 [V] i mogą być podwieszane pod dowolną suwnicą. Trawers może być wyposażony w łańcuchy nośne lub w pasy nośne z regulacją długości.



Rys. 4.23. Trawery specjalistyczne [31]: a – typ THRR, b – typ TT, c – typ TCZ, d – trawers TPB do podnoszenia pakietów blach, e – trawers TPS do podnoszenia skrzyń, f – trawers TPK do podnoszenia kontenerów



Rys. 4.24. Trawery obrotowe firmy Rotomax [46]

Chwytki magnetyczne (rys. 4.25) i elektromagnetyczne są stosowane do przenoszenia przedmiotów z materiałów ferromagnetycznych. Chwytki są wyposażone w uchwyt, który można zamocować np. do haka wciągnika. Mogą one zastępować inne urządzenia podnoszące np. trawersy. Wadą chwytaków magnetycznych i elektromagnetycznych jest ich duża masa własna, dlatego masę tę należy doliczyć do udźwigu urządzenia transportowanego. Chwytki magnetyczne wykorzystują pole magnetyczne stałych magnesów neodymowych wbudowanych w korpus chwytaka. Elementy zbyt cienkie podczas transportu mogą być przyciągane słabo ponieważ pole magnetyczne chwytaka nie jest w pełni wykorzystane. Bardzo cienką blachę nasycą niewielka część pola magnetycznego, a pozostała część strumienia magnetycznego przenika poza blachę do otoczenia. W takim przypadku obwód magnetyczny chwytaka nie jest optymalnie zamknięty. Ponadto cienkie elementy wyginają się i ich powierzchnia styku z chwytakiem staje się liniowa, przez co siła udźwigu gwałtownie się zmniejsza. Najlepszą wydajność udźwigu uzyskuje się dla odpowiednio grubych elementów, które zamykają obwód magnetyczny wykorzystując cały strumień magnetyczny chwytaka.

Chwytki elektromagnetyczne zasilane są prądem stałym o napięciu znamionowym $U=110\div 600$ [V] za pomocą ruchomego przewodu, który jest samoczynnie nawijany na dodatkowy bęben. Chwytki te znajdują zastosowanie przede wszystkim w zakładach hutniczych i na składowiskach złomu.



Rys. 4.25. Chwytki magnetyczne [39]

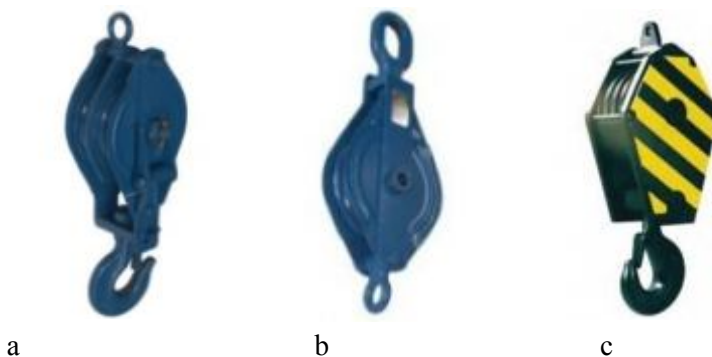
Tab. 4.21. Wybrane cechy chwytaków magnetycznych [39]

Typ chwytaka	Udźwig [kg]	Siła zrywająca [N]	Masa [kg]
CHM-1,0T	1000	3500	40
CHM-2,0T	2000	7000	100

Mocowanie haków bezpośrednio do liny lub łańcucha jest bardzo trudne i w praktyce rzadko stosowane. Wykorzystuje się tu elementu pośredniczące rolkowe zamknięte w obudowie (rys. 4.26):

- sprzęgi – w przypadku zawieszenia haka na jednej linii,
- zblocza – w przypadku zawieszenia haka na co najmniej dwóch liniach.

Zblocze hakowe wyposażone jest w zespół krążków ciągnowych, ułożyskowanych na osi na łożyskach tocznych, po których prowadzone jest zawiesie. Hak w zbloczu mocowany jest na poprzeczce hakowej lub trawersie hakowej za pośrednictwem łożyska tocznego oporowego.



Rys. 4.26. Sprzęgi i zblocza [31]: a – sprzęg rozbieralny z hakiem PKA, b – sprzęg rozbieralny z uchem ZKE, c – zblocze dźwigniowe trójkrążkowe z hakiem S3

Uchwyty specjalne (rys. 4.27) dostosowane są do przenoszenia wszelkiego typu wyrobów, półfabrykatów i urządzeń o dowolnych gabarytach i kształtach. Najczęściej spotykane uchwyty to:

- uchwyty do palet – podwieszane pod żurawiem samochodowym zastępują wózek widłowy,
- uchwyty do kręgów betonowych – służące do podnoszenia i przenoszenia kręgów betonowych, wyposażone w ogniwo, dające możliwość zamocowania do różnych urządzeń unoszących,
- zawiesia z płynną regulacją szerokości,
- zawiesia samozakleszczające do transportu blach w pionie – służące do transportu międzystanowiskowego blach o różnej grubości, kształcie i powierzchni bocznej; zapewniające szybki i pewny zacisk na materiale oraz natychmiastowe zwolnienie po ustawieniu materiału na właściwym stanowisku roboczym,
- uchwyty w kształcie kleszczy – do belek o profilu teowym, tworzące układ dźwigniowy wywierający nacisk na chwytny ładunek; wykorzystują siłę tarcia odpowiedzialną za utrzymanie ładunku.



Rys. 4.27. Zawiesia specjalne [39]: a – do szpul, b – do ceowników, c – zawiesie samozakleszczające się do transportu blach w pionie, d – do dwuteowników i szyn, e – do palet, f – do kręgów betonowych, g – automatyczny do rur betonowych, h – zawiesie samozakleszczające się do transportu blach w pozycji poziomej, i – uchwyt typu PSI

5. Normy techniczne w transporcie

- PN-EN 1459:2001 Wózki jezdniowe, bezpieczeństwo. Wózki jezdniowe napędzane ze zmiennym wysięgiem.
- PN-EN 1525:1999 Wózki jezdniowe. Bezpieczeństwo. Wózki bez operatora i ich układy.
- PN-EN 1526:2000 Wózki jezdniowe. Bezpieczeństwo. Dodatkowe wymagania dotyczące funkcji automatycznych w wózkach.
- PN-EN 1551:2002 Wózki jezdniowe, bezpieczeństwo. Wózki jezdniowe napędzane o udźwigu powyżej 10000 kg.
- PN-EN 1726-1:2001 Wózki jezdniowe, bezpieczeństwo. Wózki jezdniowe napędzane o udźwigu do 10000 kg oraz ciągniki o sile uciągu do 20000 N łącznie. Część 1: Wymagania ogólne.
- PN-EN 1726-1:2001/A1:2004 Wózki jezdniowe, bezpieczeństwo. Wózki jezdniowe napędzane o udźwigu do 10000 kg oraz ciągniki o sile uciągu do 20000 N łącznie. Część 1: Wymagania ogólne (Zmiana A1).
- PN-EN 1726-2:2002 Wózki jezdniowe, bezpieczeństwo. Wózki jezdniowe napędzane o udźwigu do 10000 kg oraz ciągniki o sile uciągu do 20000 N łącznie. Część 2: Dodatkowe wymagania dla wózków z operatorem podnoszonym wraz z ładunkiem oraz dla wózków specjalnie zaprojektowanych do jazdy z podniesionym ładunkiem.
- PN-EN 1755:2002 Wózki jezdniowe, bezpieczeństwo. Praca w atmosferach potencjalnie wybuchowych. Użytkowanie w gazie palnym, oparach, mgłę i pyle.
- PN-EN 1757-1:2003 Wózki jezdniowe, bezpieczeństwo. Wózki jezdniowe ręczne. Część 1: Wózki podnośnikowe
- PN-EN 1757-2:2003 Wózki jezdniowe, bezpieczeństwo. Wózki jezdniowe ręczne. Część 2: Wózki unoszące widłowe
- PN-EN 1757-3:2004 Wózki jezdniowe, bezpieczeństwo. Wózki jezdniowe ręczne. Część 3: Wózki platformowe
- PN-EN 1757-4:2004 Wózki jezdniowe, bezpieczeństwo. Wózki jezdniowe ręczne. Część 4: Wózki nożycowe unoszące
- PN-EN 528: Układnice regałowe. Układ szyn jezdnych dla układnic poruszających się w korytarzach międzyregalowych
- PN-M-4500:1996 Dźwignice. Podział i symbole klasyfikacyjne
- PN-91/M-06503 Dźwignice. Sposoby określania natężenia pracy dźwignic
- PN-91/M-06503 Dźwignice. Grupy natężenia pracy dźwignic i ich mechanizmów
- PN-ISO-4306-1, 2, 3:1999 Dźwignice terminologia. Terminologia ogólna. Żurawie samojezdne. Żurawie wieżowe
- PN-EN 12999:2005 Dźwignice. Żurawie przeładunkowe

- PN-ISO-4301-1, 2, 3, 4, 5:1998 Dźwignice. Klasyfikacja. Postanowienia ogólne. Żurawie samojezdne. Żurawie wieżowe. Żurawie szynowe. Suwnice pomostowe i bramowe.
- PN-M-84602:1975 Dźwignice. Koła jezdne z obrzeżami osadzone na osi, napędzane, na łożyskach ślizgowych.
- PN-77/M-45371 Dźwignice. Krażki linowe do lin stalowych. Główne wymiary
- PN-63/M-84591 Dźwignice. Bębny linowe do lin stalowych. Podział i symbole.
- PN-M-84700:1982 Dźwignice. Zawiesia ciągnowe i chwytne – zaczepowe. Określenia, podział i dopuszczalne obciążenia robocze.
- PN-EN 1492-1:2004/AC:2007 Zawiesia włókienne. Bezpieczeństwo, cz. 1: Zawiesia pasowe płaskie tkane z włókien syntetycznych, ogólnego przeznaczenia.
- PN-M-84500:1974: Dźwignice. Haki. Podział.
- PN-M-80207:1999: Liny stalowe T6x19+A
- PN-M-80208:1999: Liny stalowe T6x37+A

Literatura

- [1] Fijałkowski J.: *Transport wewnętrzny w systemach logistycznych*. Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa 2003.
- [2] Jonak J., Nieoczym A.: *Logistyka w obszarze produkcji i magazynowania*. Wydawnictwo Politechniki Lubelskiej, Lublin 2014.
- [3] Korzeń Z.: *Logistyczne systemy transportu bliskiego i magazynowania*. Wyższa Szkoła Logistyki, Poznań 1999.
- [4] Nieoczym A.: *Transport wewnętrzny i zewnętrzny – wybrane problemy*. Wydawnictwo Wyższej Szkoły Zarządzania i Administracji Lublin 2011.
- [5] Raczyk R.: *Środki transportu bliskiego i magazynowania*. Wydawnictwo Politechniki Poznańskiej, Poznań 2013.
- [6] PN-91/M-06503. Natężenie pracy dźwignic
- [7] <http://dexion.com/>
- [8] <http://kamag.com/>
- [9] <http://kress.com/>
- [10] <http://lwpllogistics.pl>
- [11] <http://mipromet.pl/>
- [12] <http://pl.viastore.com>
- [13] <http://windexholding.pl>
- [14] www.alog.pl
- [15] www.aporter.pl
- [16] www.bct.gdynia.pl
- [17] www.cassioli.pl
- [18] www.combilift.com/
- [19] www.crawford.pl
- [20] www.denipro.pl
- [21] www.erowa.com
- [22] www.europasystems.pl
- [23] www.forkliftcenter.com
- [24] www.guss-ex.com.pl
- [25] www.haberkorn.pl
- [26] www.jungheinrich.pl
- [27] www.lke-group.com
- [28] www.logistyczny.com
- [29] www.mag-ias.com
- [30] www.mecalux.pl
- [31] www.mipromet.pl/pl/trawersy_c11.html
- [32] www.mzpack.pl
- [33] www.nassau.pl
- [34] www.olejnik.pl

- [35] www.optimalsystem.com.pl
- [36] www.panda-bydgoszcz.pl
- [37] www.portgdanski.pl
- [38] www.profilex.com/
- [39] www.promag.pl
- [40] www.regalux.pl
- [41] www.rywal.com.pl
- [42] www.scheuerle.com/
- [43] www.still.pl
- [44] www.sutco.pl/index.php?id=145
- [45] www.toyota-forklifts.pl
- [46] www.vetter-krane.de/html/praktikus_ps-261.html?lng=en
- [47] www.wandalex.pl
- [48] www.widlowe-wozki.eu
- [49] www.zbud.com.pl

Informacje z zasobów internetowych uzyskano w dn. 11.12.2014 roku