

PROJEKTOWANIE MAGAZYNÓW

UKŁADY PRZENOŚNIKÓW TRANSPORTOWYCH (CZ. I)

Zagadnienia mechanizacji transportu wewnątrz magazynu towarzyszą nam już od bardzo wielu lat. Dzięki postępowi w technice sterowania tymi układami oraz rozwojowi napędów i sposobu jego przekazywania na nośniki logistyczne, przenośniki stały się wymagającym i interesującym zagadnieniem dla planistów. Jak przystąpić do planowania, co należy uwzględnić podczas procesu koncepcyjnego i jakich błędów unikać, spróbujemy naświetlić w poniższym opracowaniu.

Przegląd typów przenośników transportowych stosowanych w praktyce magazynowej

Ze względu na sposób przekazywania momentu obrotowego na nośniki transportowe (palety, pojemniki, kartony, kosze, wyroby gotowe itd.) w celu nadania im ruchu liniowego różniamy następujące typy przenośników:

- **Rolkowe**, gdzie napęd przekazywany jest za pomocą układu pasowego lub łańcuchowego na przekładnię zewnętrzną lub znajdującą się wewnątrz na rolki toczne, po których transportowane są nośniki dzięki oddziaływaniu tarcia na linii styku z rolką.
- **Pasowe**, najczęściej wykonane z miękkich tworzyw sztucznych lub materiału pokrytego wytrzymałymi na ścieranie polimerami, gdzie moment napędowy przekazywany jest przez przekładnię na całą długość odcinka.
- **Łańcuchowe**, które poprzez ruch łańcucha rozpiętego pomiędzy kołami zębatymi nadają ruch nośnikowi dzięki tarcia wzdłuż całej linii styku.
- **Płytkowe**, takie, które składają się z następujących po sobie wąskich płytek (lameli najczęściej wykonanych z tworzywa sztucznego), dzięki którym przenośnik służy do transportu gotowych wyrobów lub surowców, często bez dodatkowego opakowania.
- **Szynowe**, stanowiące specyficzny rodzaj przenośników, przy których nie ma bezpośredniego napędu, a jednostki transportowe osadzone są na platformach jezdnych wyposażonych w indywidualne napędy i poruszające się po układzie szynowym.
- **Podwieszane z różnorodnym typem podwieszono nośnika** (koszowe, workowe, teleskopowe, ramowe, specjalne itp.), do którego przekłada się lub zabierany jest automatycznie przedmiot podlegający transportowi.
- **Specjalnego przeznaczenia**, jak np. dla transportu blach lub rur, gdzie na układzie zbliżonym do łańcuchowego specjalne zabieraki lub lamele prowadzą elementy przeznaczone do transportu po trajektorii wyznaczonej przez ramy przenośnika.

AUTOR: Robert Lubandy

Absolwent Politechniki Śląskiej i Akademii Leona Koźmińskiego. Od prawie 24 lat związany zawodowo z logistyką. Jako dyrektor logistyki w zakładzie produkcyjnym branży metalowej odpowiadał za logistykę magazynową i nadzór nad produkcją. Potem był dyrektorem ds. sprzedaży rozwiązań automatyzacji magazynowej w Europie Wschodniej. W ciągu prawie sześciu lat zaprojektował ponad 200 magazynów i rozwiązań automatyzacji magazynowej w branżach FMCG, części zamiennych, lekarstw i produkcyjnej. Od 2008 r. działa samodzielnie z własną firmą na rynku usług konsultingowych w krajach Europy Wschodniej. Projektowanie i symulacje wspomagane komputerowo oraz projekty, w których bezpośrednio zarządzał dużymi zespołami pracowników, dają mu obszerną wiedzę praktyczną o logistyce. W 2012 i w 2021 r. laureat nagrody CONSTANTINUS AWARD przyznawanej przez Austriacką Izbę Gospodarczą za zajęcie pierwszego miejsca w kategorii Międzynarodowego Projektu Doradczego.



W naszej praktyce projektowej magazynów logistycznych najczęściej podejmujemy zagadnienia planowania przenośników dla palet, pojemników i kartonów, co ogranicza zakres stosowanych rozwiązań do pierwszych czterech typów. Dlatego też w dalszej części skupimy się na tego rodzaju rozwiązaniach.

Istnieje jednak pewien zakres uniwersalnych reguł i zaleceń stosowanych podczas projektowania, który jest prawdziwy dla wszystkich uprzednio wymienionych rodzajów przenośników.

Praktyczne zasady projektowania przenośników

Najczęściej w trakcie prac projektowych nad układem transportowym w magazynie klienta stajemy przed dylematem, który można przedstawić jako zależność ceny od przepustowości logistycznej. Nie należy tego zagadnienia jednak sprowadzać jedynie do długości linii przenośników. Przede wszystkim czynnikiem

cenotwórczym jest tutaj liczba tzw. elementów aktywnych, takich jak zwrotnice połączeń i buforów typu by-pass, a także zastosowanej techniki napędu, oraz typu elementów przenoszących napęd na jednostki transportowe.

Na zadawane często pytanie przez zamawiającego – „Ile kosztuje metr przenośnika?” – nie można znaleźć odpowiedzi wprost, gdyż istnieje co prawda koszt wytworzenia jednego metra przenośnika, ale cena projektu zależy będzie w dużej mierze od elementów wymienionych powyżej.

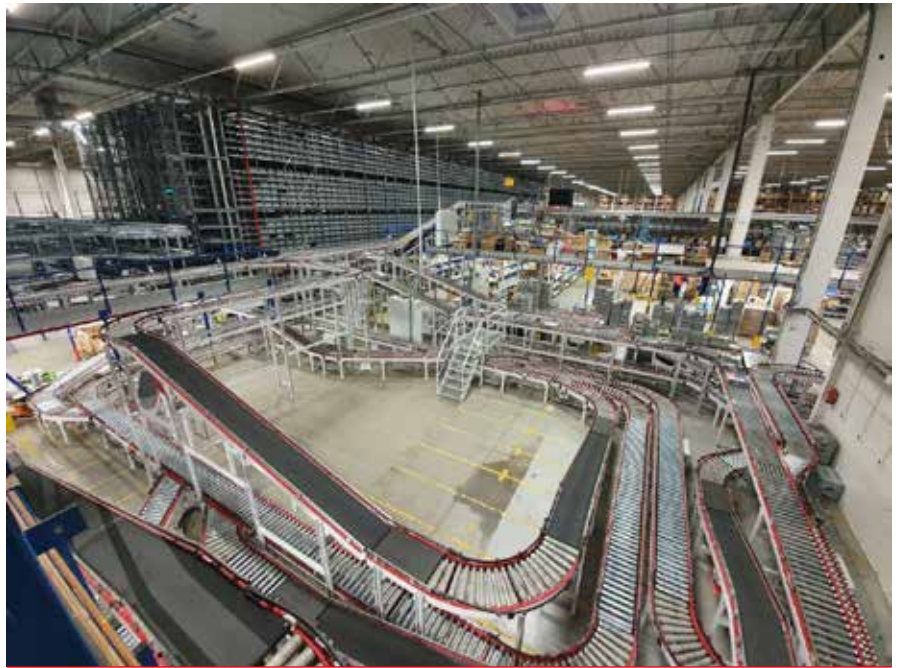
Jak zatem projektować układ przenośników, aby zapewnić optymalny stosunek wartości użytkowej systemu do jego ceny zakupu? Spróbujmy odpowiedzieć na to kluczowe pytanie stosując przykłady praktyczne z kilku wdrożonych projektów naszych klientów.

Długość przenośnika vs. zdolność przesyłowa (przepustowość logistyczna¹)

Zagadnienie długości układu jest związane z liczbą jednostek transportowych przesyłanych w jednostce czasu. Jeżeli na przykład posłużymy się pojemnikami o standardowych wymiarach 600 x 400 mm, to przy przepustowości do ok. 500–600 pojemników na godzinę można pokusić się o budowę układu bez tzw. pętli recyrkulacyjnych², a co za tym idzie – układ ten będzie z jednej strony charakteryzował się stosunkowo niskimi nakładami inwestycyjnymi, jednak będzie wymagał dobrej organizacji pracy zapobiegającej ewentualnym zatorom. Zatory mogą powstać w tym wypadku w wyniku niewłaściwego rozłożenia towaru w strefach kompletacyjnych³ lub w wyniku błędnie zaplanowanych stacji kompletacyjnych. Stacje zbyt krótkie nie spełnią w takim przypadku funkcji kompensacyjnej dla chwilowych spiętrzeń.

W układach przenośnikowych planowanych dla przepustowości większych niż np. 800–1000 pojemników na godzinę powinniśmy przewidzieć pętle recyrkulacji dla strefy lub całego obszaru. Brak takich pętli spowoduje w chwili spiętrzenia (dodatkowo 20–30%) zatory w miejscach o największym natężeniu i zaplanowany przepływ zostanie zredukowany do poziomu wynikającego z możliwości systemu do odblokowania zatoru. Te leżą jednak znacząco poniżej nominalnej przepustowości, gdyż wymagają ponownego „upłynnienia” systemu, który ma swoją inercję.

Podczas projektowania powinniśmy dla każdego systemu dokonać wstępnej kalkulacji maksymalnej liczby pojemników



Wielostrefowy węzeł łączący różne strefy funkcjonalne magazynu (materiały własne LLS)

będących jednocześnie w systemie. Ta liczba powinna gwarantować stały i płynny ruch na przenośniku. Najczęściej popełnianym błędem myślowym operatorów jest przekonanie, że wpuszczenie do systemu większej liczby pojemników zwiększy jego przepustowość. Zakłócają jednak w ten sposób płynność ruchu przez np. nadmierne recyrkulacje. Tylko ciągłość ruchu gwarantuje maksymalną wydajność systemu.

Inny zagadnieniem, któremu należy podczas projektowania poświęcić wiele uwagi, jest zapobieganie podwójnym przebiegom nośników po tych samych odcinkach (nie mylić z recyrkulacją). Tego typu błędy powstają, gdy np. próbujemy na antresoli przeprowadzić trzy ścieżki przenośnika, ale przejście na kolejny poziom zaplanowaliśmy w tym samym miejscu gdzie wejście. Zabieg taki często tłumaczy się oszczędnościami w zakupie systemu, jednak są one przyczyną znacznych zatorów w operacji, gdyż powodują zwielokrotnienia przebiegu na jednym odcinku przenośnika tzw. overflow.

Projektowanie stacji kompletacyjnych

Stacje kompletacyjne służą do wyprowadzenia właściwego nośnika w celu realizacji procesu kompletacji w systemie. Zatem według tej logiki wszystkie pozostałe pojemniki powinny ominąć daną stację.

Do kluczowych zadań projektantów w tym wypadku należy będzie zaprojektowanie stacji według następujących kryteriów:

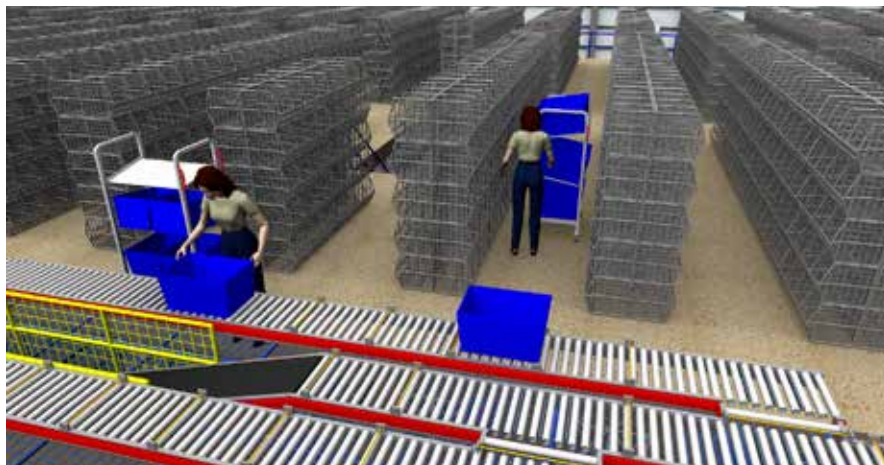
- **Długość stacji** – to długość strefy regałów, z których pobierane są towary przy określonej wydajności pracownika, która pozwoli mu na zebranie odpowiedniej liczby sztuk lub linii zamówień wynikającej z liczby pojemników przeznaczonych do tej stacji.

¹ W odróżnieniu od przepustowości mechanicznej, zdolność do przesłania odpowiedniej liczby nośników w rzeczywistych warunkach eksploatacji operacyjnej.

² Dodatkowa pętla przenośnika umożliwiająca powrót pojemnika do poprzedniej stacji, gdy ta była zajęta.

³ W układach magazynowych tego typu powinno dążyć się do rozkładu towarów według kategorii ABC rotacji w taki sposób, aby stacje miały podobne profile, co gwarantuje w miarę równe obciążenie podczas pracy.

- **Głębokość stacji** – to odległość, jaką musi pokonać pracownik odchodząc od przenośnika, aby dokonać kompletacji z regałów oddalonych od przenośnika, głębokość stacji jest ściśle związana z jej długością i obie wartości należy rozpatrywać zawsze w połączeniu ze sobą.
- **Odległość do kolejnej stacji** – wyznaczona odcinkiem przenośnika pomiędzy nimi, który powinien mieć odpowiednią długość pozwalającą na wprowadzenie pojemnika po kompletacji z poprzedniej stacji, buforowanie pojemników przed kolejną stacją i kompensowanie ewentualnych zjawisk związanych z pulsacją⁴.



Rys. 1. Przykład stacji kompletacyjnej w układzie przenośników bez recyrkulacji (materiały własne LLS)

Projektowanie odcinków transferu do kolejnej strefy

W projektach często nie można wyeliminować stref przenośnika, które nie mają dla funkcjonalności innego zadania niż transport z jednej strefy do kolejnej. Na tych odcinkach nie dokonuje się żadnych operacji kompletacji lub recyrkulacji. Zatem powinniśmy wybrać taki typ przenośnika, który charakteryzuje się najniższym kosztem wytworzenia i użytkowania. Mogą to zatem być na przykład długie odcinki przenośników pasowych z centralnym napędem. Szczególną uwagę należy jednak zwrócić podczas projektowania na to, by koniec takiego odcinka płynnie wpisywał się w funkcje kolejnej strefy.

Warto także rozważyć utworzenie na takich odcinkach stref nazywanych sekwencjonerami, tj. wyposażenie ich w stacje parkingowe umożliwiające następnie sekwencję pojemników udających się do kolejnej strefy.

Projektowanie elementów decyzyjnych (zwrotnice)

Każdy element decyzyjny w układzie przenośników ma określoną przepustowość mechaniczną i ta wartość będzie determinowała płynność ruchu na danym odcinku. Użycie elementu o zbyt małej przepustowości powodować będzie zatory. Ale istotne jest także zaprojektowanie takiego elementu na podstawie analizy przepływu w danym odcinku. W przypadku braku informacji o przyszłych przepływach można posiłkować się emulacjami



Zwrotnica rolkowa wielokierunkowa (materiały własne LLS)

wykonanymi w programach służących do projektowania układów przenośników.

Istotnymi parametrami przy projektowaniu i wyborze typu zwrotnicy będą:

- długość nośnika,
- masa nośnika i równomierność rozkładu tej masy podczas transportu⁵,
- prędkość liniowa odcinka przenośnika przed i po zwrotnicy,
- zakładana przepustowość logistyczna na danym odcinku z uwzględnieniem zatorów, pulsacji, recyrkulacji i innych zjawisk związanych z zapewnieniem płynności ruchu danego odcinka,
- możliwość realizacji innych funkcji podczas przyszłych faz rozwoju systemu, np. funkcja stopera lub sekwencjonowania.

Projektowanie przejść pomiędzy poziomami

W zależności od sposobu zagospodarowania przestrzeni magazynowej w projektach mogą pojawić się różnego rodzaju antresole

⁴ Zjawisko podobne do tych występujących podczas przesyłu gazu lub cieczy w rurociągach, w których projektuje się odpowiednie kompensatory pozwalające zmniejszyć wpływ zjawiska chwilowego spiętrzenia – w układach przenośnikowych pulsacja wywołana jest inercją systemu sterowania, zjawiskami związanymi z działaniem człowieka, zmiennymi warunkami tarcia i dynamiki pojemników o różnej masie.

⁵ Często powtarzanym błędem podczas projektowania jest założenie niewystarczającej liczby elementów aktywnych w zwrotnicy, co powoduje obniżenie jej ceny, jednocześnie generując problemy w operacyjnej pracy danego elementu.

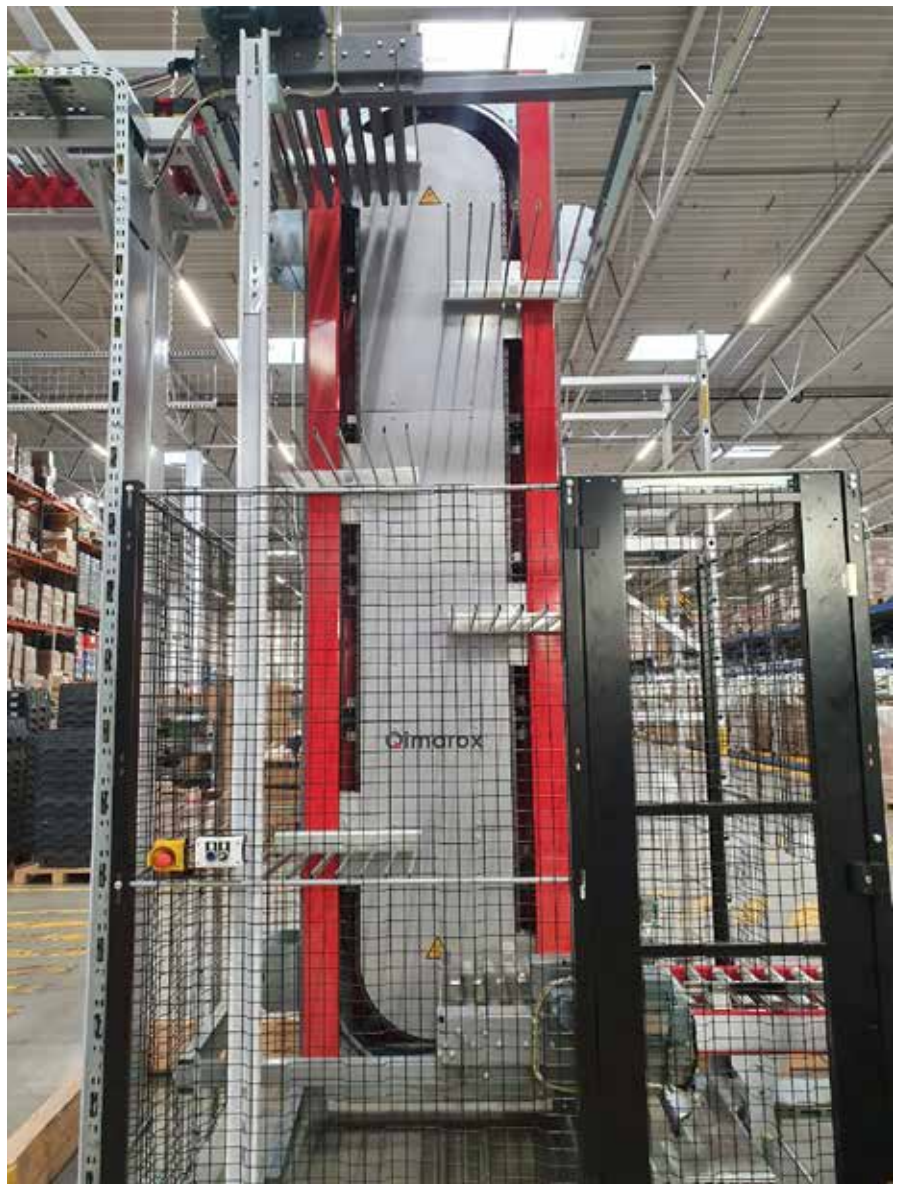
i piętra operacyjne, które wymagać będą podłączenia do całego układu przenośników. W celu realizacji zadania pokonania różnicy wysokości pomiędzy poziomami, wykorzystujemy w praktyce niektóre z poniżej podanych sposobów łączenia pięter lub standardowych elementów dostarczanych przez dostawców. Najbardziej rozpowszechnione w praktyce projektowej są:

- windy i podnośniki konsolowe, w których ruch odbywa się liniowo w pionie,
- układy rotacyjne, gdzie ruch kołowy urządzenia powoduje pokonanie różnicy wysokości,
- układy przenośników skośnych (uwaga na maksymalny kąt pochylenia!),
- układy łańcuchowe dla pokonania różnicy wysokości skośnie lub w kierunku pionowym,
- systemy pneumatyczne wykorzystujące strumień powietrza dla pokonania wysokości w zamkniętym korytarzu prowadzącym nośnik, np. pojemnik lub tubę.

Integracja stref magazynowych w układzie transportu wewnętrznego

W praktyce istnieją dwa sposoby integracji wydzielonych stref magazynowych do układu przenośników:

- *Push*, gdy na początku układu przenośników umieszcza się strefę największej rotacji lub gdy strefa ta wymaga podania nośników transportowych w pierwszej kolejności, np. układy automatycznej kompletacji.
- *Balance*, gdy strefy w magazynie mają podobne profile ABC rotacji produktów i kolejność podłączenia danej strefy determinowana jest jedynie topografią magazynu.



Podnośnik rotacyjny (materiały własne LLS)

Projektując system przenośników według wyżej wymienionych zasad musimy zawsze pamiętać o tym, że odcinki łączące dane strefy także mają swoje funkcje. Najczęściej są to funkcje buforowania i kompensacji zmiennego natężenia przepływu, sekwencjonowania nośników lub kierowania ich do recyrkulacji.



Rys. 2. Schemat linii przenośników według zasady push (materiały własne LLS)