

Tomasz Nowakowski, Paweł Zając
Zakład Logistyki i Systemów Transportowych Politechniki Wrocławskiej

Dualny charakter logistyki i eksploatacji systemów logistycznych

Rozwój techniki spowodował, że systemy logistyczne o dużym stopniu złożoności stały się stałym elementem otaczającej nas rzeczywistości – należą do głównych czynników efektywnej realizacji procesów fizycznego przepływu strumieni materiałowych we współczesnych systemach gospodarczych. Istotnie wpływają na tworzenie odpowiednio zintegrowanych łańcuchów transportowo-magazynowych. W odniesieniu do materiałów traktowanych jako surowce i półprodukty oraz towarów handlowych uformowanych w odpowiednie jednostki ładunkowe, podstawowymi ogniwami logistycznych łańcuchów budujących infrastrukturę są: środki manipulacji prostej – dźwignice, środki manipulacji złożonej – roboty i manipulatory, środki przemieszczenia – przenośniki, środki przewozowego transportu bliskiego – pojazdy robocze, środki składowania – magazyny, środki obsługowe komputerowo zintegrowanych procesów składowania i kompletacji, środki automatycznego sterowania, środki automatycznej identyfikacji (towarów i ładunków), środki elektronicznej wymiany informacji (o towarach i ładunkach).

Tak więc wyzwaniem współczesności stało się utrzymanie logistycznych systemów technicznych w odpowiednim stanie gotowości – tzn. w stanie zapewniającym poprawne działanie całego łańcucha dostaw przy istniejących ograniczeniach ekonomicznych.

Od strony technicznej, problemy utrzymania systemu technicznego w stanie gotowości są przedmiotem zainteresowania takich dyscyplin naukowych, jak teoria niezawodności oraz teoria eksploatacji.

W ostatnich latach powstała również nowa dyscyplina nauki „inżynieria logistyczna”, która formułuje podstawy dla rozwiązywania zagadnień logistyki oraz eksploatacji maszyn i urządzeń. Osiągnięcia inżynierii logistycznej wykorzystuje się w praktyce, np. w liniach lotniczych, armii Stanów Zjednoczo-

nych, agendach NASA oraz dużych koncernach przemysłowych. Inżynierię logistyczną wyklada się na uniwersytetach w Stanach Zjednoczonych oraz w krajach Unii Europejskiej. W Polsce działania edukacyjne w zakresie inżynierii logistycznej znajdują się na etapie uzgodnień programowych.

Przedmiot badań logistyki

Logistyczny system eksploatacji S_E jest zbiorem wyspecjalizowanych struktur kierowniczych (T) i służb technicznych (P) działających w ramach łańcucha dostaw, połączonych zbiorem powiązań (Z) i realizujących główne cele.

$$S_E = (T, P, Z)$$

Do podstawowych celów S_E zalicza się: utrzymanie maszyn i urządzeń technicznych w stanie gotowości, stworzenie warunków do poprawnego funkcjonowania urządzeń w ramach łańcucha dostaw.

Mianem logistyki utrzymania technicznych systemów logistycznych określa się zespół zintegrowanych działań wspomagających zarządzanie i czynności planistyczno-kontrolne oraz regulacyjne w procesie użytkowania tych systemów. Przyjmuje się przy tym, że te działania powinny zapewniać efektywne sterowanie zużyciem zasobów przedsiębiorstwa (rys. 1) [2].

Zadaniem systemu logistycznego w firmie (lub między przedsiębiorstwami w łańcuchu dostaw) jest stworzenie takich technologicznych i ekonomicznych podstaw funkcjonowania, aby odbiorca zgodnie ze swoimi oczekiwaniami mógł otrzy-

nać od dostawcy żądany produkt (towar lub usługę) w wymaganej ilości i rodzaju, we właściwym czasie i miejscu.

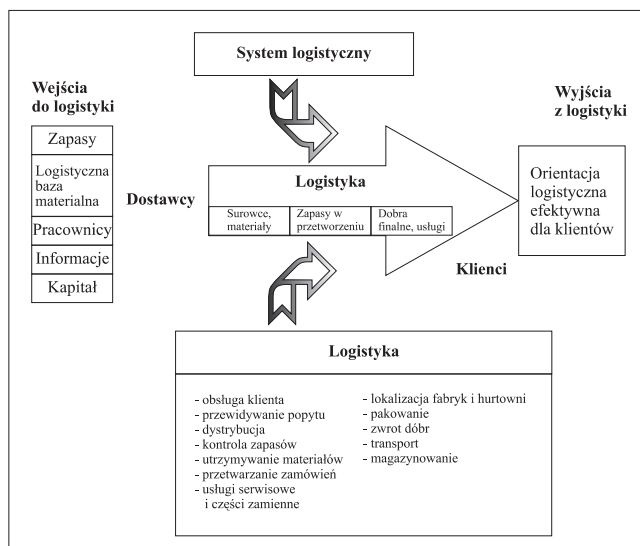
W ostatnich 20. latach dokonała się ewolucja w zakresie przejścia od tzw. towaru do produktu logistycznego znanego nierozłącznością cech fizykochemicznych i ekonomicznych. Produkt logistyczny charakteryzuje złożona struktura wewnętrzna, w której można wyróżnić trzy poziomy (rys. 2):

1. dotyczący fizycznej postaci produktu (cechy fizykochemiczne)
2. charakteryzujący towar jako ładunek o określonym kształcie, wadze, opakowaniu
3. dotyczący przemieszczania, magazynowania ładunków, ubezpieczenia, remontów, konserwacji.

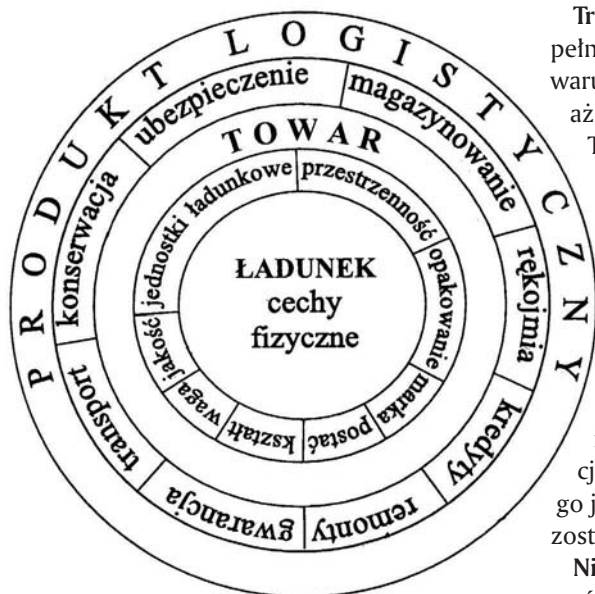
Poziom trzeci produktu logistycznego związany jest z problematyką eksploatacji systemów technicznych.

Przedmiot badań nauk eksploatacyjnych

Do nauk związanych z eksploatacją systemów technicznych zalicza się obok teorii eksploatacji, tribologię, teorię niezawodności, diagnostykę techniczną i teorię systemów.



Rys. 1. Elementy systemu logistycznego. [opracowanie własne na podstawie [4]]



Rys. 2. Struktura produktu logistycznego. [na podstawie [1]]

W stosowanej od 1993 r. normie PN-93 / N-50191 pt. „Słownik terminologiczny elektryki. Niezawodność; jakość usługi” (zgodnie z normami UE) eksploatacja oznacza zespół wszystkich działań technicznych i organizacyjnych, mających na celu umożliwienie obiektowi wypełnienie wymaganych funkcji, włącznie z koniecznym dostosowaniem do zmian warunków zewnętrznych. Przez warunki zewnętrzne rozumie się, np. wymagania dotyczące usługi i warunków środowiskowych.

Zdarzenie, które powoduje utratę zdolności obiektu do wypełniania wymaganych funkcji, nazywa się uszkodzeniem. Po wystąpieniu uszkodzenia obiekt znajduje się w stanie niezdatności. Stan niezdatności obiektu charakteryzuje się niezdolnością do wypełniania wymaganych funkcji, poza przypadkiem niezdolności występującej w czasie obsługi profilaktycznej lub niezdatności spowodowanej brakiem środków zewnętrznych lub innymi planowanymi działaniami.

Właściwościami obiektu związanymi z faktem powstawania uszkodzeń są m.in.:

- skuteczność (efektywność) działania
- trwałość
- niezawodność
- gotowość (dyspozycyjność)
- nieuszkodzalność
- obsługiwalność (podatność na obsługę).

Podstawowymi własnościami systemu technicznego są trwałość i niezawodność.

Trwałość to zdolność obiektu do wypełnienia wymaganej funkcji w danych warunkach użytkowania i obsługiowania aż do osiągnięcia stanu granicznego.

Trwałość oznacza więc, że zdadność obiektu może być przerywana przez uszkodzenia i przywracana poprzez naprawy. Stan graniczny może być określony przez zakończenie czasu użyteczności, nieprzydatność do dalszego użytkowania z przyczyn ekonomicznych, technicznych lub z powodu innych istotnych czynników. Jedną z definicji stanu granicznego obiektu określa go jako stan, po przekroczeniu którego zostają odrzucone założenia projektu

Niezawodność jest to zespół właściwości, które opisują gotowość obiektu i wpływające na nią: nieuszkodzalność, obsługiwalność i zapewnienie środków obsługi. Termin niezawodność powinien być używany tylko do ogólnego nieliczbowego opisu.

Gotowość oznacza zdolność obiektu do utrzymywania się w stanie umożliwiającym wypełnianie wymaganych funkcji w danych warunkach, w danej chwili lub w danym przedziale czasu, przy założeniu, że są dostarczone wymagane środki zewnętrzne. Zakłada się, że środki zewnętrzne inne niż środki obsługi nie wpływają na gotowość obiektu.

Nieuszkodzalność jest rozumiana jako zdolność obiektu do poprawnego działania nie przerwane uszkodzeniem. Oznacza więc zdolność obiektu do wypełniania wymaganych funkcji w danych warunkach, w danym przedziale czasu. Zakłada się, że na początku danego przedziału czasu obiekt jest w stanie zdadności – może poprawnie funkcjonować.

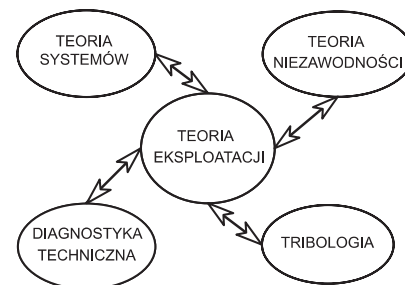
Obsługiwalność jest to zdolność obiektu do utrzymania lub odtworzenia w danych warunkach eksploatacji stanu, w którym może on wypełniać wymagane funkcje, przy założeniu, że obsługa jest przeprowadzona w ustalonych warunkach z zachowaniem ustalonych procedur i środków. Zapewnienie środków obsługi wiąże się ze zdolnością organizacji zajmującej się obsługą do zapewnienia w danych warunkach użytkowania i obsługiowania, na żądanie, środków potrzebnych do obsługi obiektu przy danej polityce obsługi.

Teoria eksploatacji jest powiązana z szeregiem innych nauk – rys. 3. Pełny model eksploatacji obiektu, oprócz

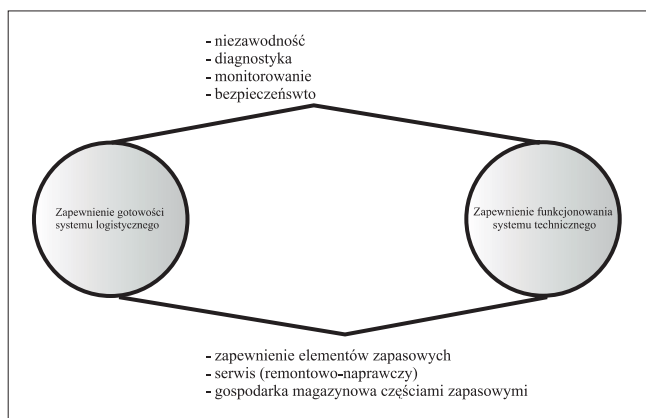
zagadnień technicznych, ekonomicznych i organizacyjnych uwzględnia także zagadnienia socjologiczne – udział ludzi w procesie użytkowania i obsługiowania.

W teorii eksploatacji korzysta się z pojęcia systemu różnie definiowanego w literaturze przedmiotu. Można system rozumieć jako pewną całość wchodzącą w skład większych całości i utworzoną z części (mniejszych całości), powiązanych w sposób nadający jej pewną strukturę, a wyodrębnionej z rzeczywistości ze względu na pewne funkcje realizowane przez te całości. Wspomniane wyodrębnienie systemu – równoznaczne z jego identyfikacją – polega na uwzględnieniu w jego analizie tych i tylko tych składników oraz tych i tylko tych powiązań, które ze względu na cel (rację istnienia, budowy) danego systemu są interesujące. Teoria systemów pozwala na budowanie modeli otaczającego nas świata, którego nie można zobaczyć całego naraz, w postaci jego przekrojów zawierających „wyfiltrowane” ze złożonej rzeczywistości to, co należy do tak a nie inaczej pomyślanego systemu, przy odrzuceniu tego, co do budowanego systemu nie należy. Zbiór tych systemów, które nie należą do rozpatrywanego systemu i których elementy nie są sprzężone strukturą tego systemu oraz posiadają takie właściwości, że oddziałują na ten system i mogą powodować zmiany jego stanów poprzez zmianę swoich oddziaływań.

Teoria niezawodności zajmuje się modelami opisującymi proces uszkodzenia się obiektu w czasie eksploatacji oraz modelami usuwania lub zapobiegania powstawania uszkodzeń. Modele stosowane w teorii niezawodności są najczęściej modelami probabilistycznymi.



Rys. 3. Powiązanie teorii eksploatacji z innymi naukami. [Opracowanie własne na podstawie [3]]



Rys. 4. Dualny charakter logistyki i eksploatacji. [opracowanie własne]

Tribologia jest to nauka i wiedza o procesach zachodzących w ruchomym styku ciał stałych. Procesy te są określone przemianami wielkości funkcjonalnych: ruchu, pracy i materiału. Można je zaszeregować do jednej z trzech grup:

- procesy zachodzące w styku elementów układu tribomechanicznego – odkształcenia i fizykochemiczne oddziaływanie powierzchni
- mechanizmy rozpraszania energii i materiału w procesach tarcia i zużywania
- profilaktyka tarcia i zużywania – procesy i sposoby smarowania.

W zakres tribologii wchodzi badania nad tarcieniem, zużyciem i smarowaniem zespołów ruchomych w celu poznania tych procesów i umożliwienia racjonalnego sterowania nimi. Tribologia jest więc fundamentalną wiedzą dla konstrukcji i eksploatacji ruchomych węzłów maszyn, takich jak: łożyska, prowadnice, przekładnie, sprzęgła, hamulce itp., ze względu na ich sprawność, niezawodność i trwałość.

W ogólnym sensie diagnostyka jest nauką o procesach i metodach uzyskiwania informacji o obiekcie i jego otoczeniu (a w nim również o człowieku) oraz o relacjach (oddziaływaniach) zachodzących między nimi. Natomiast diagnostyka techniczna maszyn jest wybranym obszarem tej nauki dotyczącej środków i sposobów rozpoznawania stanu działającej maszyny na podstawie obserwacji skutków jej działania, tzn. na podstawie badań prowadzonych technikami bezinwazyjnymi (bez demontażu) celem uzyskania oceny stanu maszyny.

Głównym celem diagnostyki technicznej jest rozpoznawanie stanu systemów technicznych. Obecnie do rozwoju

diagnostyki technicznej przyczynia się w głównym stopniu:

- rozwój elastycznych systemów produkcji i diagnostyki opartych na układach wielomaszynowych, w których do bezobsługowej pracy niezbędne jest wprowadzenie m.in. układów nadzorująco–diagnostycznych, zastępujących operatora – człowieka
- korzyści ekonomiczne wynikające z możli-

wości oceny bieżącego stanu technicznego maszyn i urządzeń, wcześniejszego przygotowania się do ich naprawy i odnowy, zapobiegania postojom, zapewnienia wymaganego poziomu bezpieczeństwa pracy itp.

W zakresie utrzymania w stanie zdolności urządzeń techniki logistycznej korzysta się z pojęć:

Monitorowanie (*monitoring*) jest to śledzenie (obserwowanie) ilościowych i jakościowych zmian pewnych wielkości fizycznych dotyczących stanu maszyny (grupy maszyn) lub przebiegu procesu bez podejmowania jakichkolwiek decyzji czy reakcji.

Nadzorowanie (ang. *supervising*, niem. *Überwachung*) jest to zbieranie przetwarzanie i przesyłanie ilościowych jakościowych zmian pewnych i wielkości fizycznych, zawierających informacje o cechach obiektów technicznych lub przebiegu procesu, w celu wykrywania stanów wymagających interwencji, a następnie oddziaływanie w celu uzyskania pożądanego stanu lub, jeśli jest to niemożliwe, w celu uzyskania stanu charakteryzującego się minimalizacją skutków (uszkodzeń). Nadzorowanie mieści się więc w kategoriach sterowania.

Diagnozowanie jest to wykrywanie nieprawidłowości (diagnostyka awaryjna) lub zwiększonego prawdopodobieństwa wystąpienia nieprawidłowości (diagnostyka prewencyjna) w działaniu urządzenia lub przebiegu procesu. Układ diagnostyczny określa przyczynę i miejsce (źródło) nieprawidłowości. Wyniki uzyskane w procesie diagnozowania wspomagają decyzje dotyczące dalszego

użytkowania maszyny (np. korekta ustawień i parametrów pracy, bieżąca naprawa, remont czy konserwacja).

Układ nadzorująco–diagnostyczny jest to układ sterujący, spełniający funkcję automatycznego nadzoru, tj. czuwania nad poprawnością pracy urządzenia lub przebiegu procesu, a także określający przyczynę i miejsce nieprawidłowości.

W systemach techniki logistycznej zagadnienia nowoczesnej diagnostyki eksploatacyjnej w najszerszym zakresie wiążą się obecnie z **maszynami dźwigowymi**, natomiast zagadnienia diagnostyki serwisowej z **układami wielomaszynowymi** (np. optymalnego składowania, zrobotyzowanego konfekcjonowania). Tzw. telediagnostyka nowoczesnych maszyn i urządzeń stosowanych w systemach zaawansowanej techniki logistycznej to obecnie jedna z głównych obszarów jej rozwoju [2].

Podsumowanie i wnioski

Ogólne tendencje rozwojowe logistyki eksploatacji są odpowiedzią na przejawiające się trendy gospodarcze. Znamienne są stałym wzrostem wydajności i niezawodności systemów logistycznych, bezpieczeństwa ich pracy, a także koncentracji realizowanych operacji procesowych. Dualny charakter logistyki i eksploatacji systemów technicznych wyraża się wzajemnym sprzężeniem zwrotnym (rys. 4) systemów zapewniających prawidłowe funkcjonowanie systemów technicznych oraz systemów zapewniających gotowość systemów logistycznych. Do ważnych zagadnień naukowych należy ocena i modelowanie tych relacji przy założeniu losowego charakteru pojawiających się uszkodzeń lub błędów w analizowanych procesach.

Literatura

- 1] Gołębska E., „Kompedium wiedzy o logistyce”, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa-Poznań 2001
- 2] Korzeń Z., „Logistyczne systemy transportu bliskiego i magazynowania”, T. 2, IliM, Poznań 1999
- 3] Nowakowski T., „Prognozowanie niezawodności obiektów mechanicznych”, Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej, Wrocław, 1999
- 4] Nowicka-Skowron M., „Efektywność systemów logistycznych”, Polskie Wydawnictwo Ekonomiczne, Warszawa, 2000.