

Justyna Berlińska<sup>1</sup>

## Modelowanie procesów logistycznych w aspekcie utrzymania ruchu

### Wstęp

Dynamicznie zmienne otoczenie przedsiębiorstw oraz ciągła walka konkurencyjna wymusza znajdowanie rozwiązań najlepiej wpisujących się w potrzeby rynku. Analiza łańcuchów logistycznych polega dziś na kompleksowej organizacji przepływu materiałów i wyrobów gotowych przy efektywnym wykorzystaniu wszelkich posiadanych zasobów, celem utrzymania zdolności zadaniowej i funkcjonalnej.

Każdy przestój na linii produkcyjnej, zaistnienie nieprzewidzianego zdarzenia, pociąga za sobą zwiększenie kosztów i możliwość niedotrzymania terminu. Zagwarantowanie niezawodności sprzętu produkcyjnego polega na monitorowaniu stanu technicznego maszyn, urządzeń i zaplecza oraz diagnozowanie sytuacji zagrażających wystąpieniu opóźnień i przestojów wynikających z nieprawidłowego funkcjonowania.

Modelowanie procesów logistycznych polega etapowaniu kolejnych czynności, zakończonych stworzeniem modelu systemu. Dzięki analizie możliwych dróg postępowania dokonuje się wyboru wariantu, który w konkretnych warunkach i ograniczeniach może przyjąć wartości optymalne.

Celem artykułu jest przeanalizowanie funkcjonowania działu utrzymania ruchu w przedsiębiorstwie produkcyjnym branży okrętowej w ramach Total Productive Management i stworzenie modelu procesów biznesowych odwzorowującego procesy wykonywane w ramach przeglądów, napraw oraz utrzymywania ciągłości działania parku technologicznego.

### Modelowanie procesów biznesowych

Procesy biznesowe to działania organizacji, które skupiają się na realizacji strategii.

Dokładny ich opis to podstawa do tworzenia modeli, które dają możliwość głębszego poznania

struktury i dynamiki organizacji. Wszelkie procesy wchodzące w skład łańcuchów logistycznych powinny odzwierciedlać zadania i zakresy odpowiedzialności przyjęte w danej organizacji. Dzięki analizie możliwy jest wgląd w strukturę przedsiębiorstwa i zrozumienie przepływu zasobów.

Funkcją modelu biznesowego jest wskazanie roli podmiotu w łańcuchu wartości, w którym uczestniczy. Model biznesowy służy jako baza do wprowadzania zmian. Wskazuje, w jaki sposób należy postępować, aby jak najlepiej, w jak najkrótszym czasie i w możliwie najbardziej powtarzalny (proceduralny) sposób osiągnąć postanowione cele<sup>2</sup>. Aby orientacja na procesy była skutecznie wprowadzona należy postrzegać przedsiębiorstwo, jako całość i doskonalić powiązane działania z różnych obszarów funkcjonalnych.

Do szczegółowego opisu procesów zachodzących w opisywanym przykładzie zastosowano notację BPMS (Business Process Management System). Notacja jest autorską metodą wykorzystywaną w systemie Adonis. Modelowanie realizowane jest w trzech etapach. Pierwszym z nich jest identyfikacja procesów głównych określających specyfikę przedsiębiorstwa. Drugi etap polega na ich dekompozycji na podprocesy. Etapem końcowym jest tworzenie map poprawczych polegających za zaproponowaniu zmian koniecznych do prawidłowego funkcjonowania procesów<sup>3</sup>.

Odwzorowanie nie polega tylko na identyfikowaniu procesów gospodarczych i ich optymalizacji, ale także na umiejętności dokumentowania decyzji organizacyjnych. Wadliwe bądź nieoptymalne procesy mogą powodować spadek efektywności i wyników przedsiębiorstwa.

Wizualizacja procesów pozwala lepiej zrozumieć sposób działania procesów i ich umiejscowienie w systemie. Daje możliwość zwiększenia wydajności pracowników poprzez lepszą komunikację i identyfikację przepływu informacji. Wpływa na zwiększenie produktywności oraz adaptacji do dynamicznie zmieniającego się otoczenia wewnętrznego i zewnętrznego przedsiębiorstwa.

<sup>1</sup> Dr inż. Justyna Berlińska, Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie.

## Rola i zadania działu utrzymania ruchu

Nieprzerwana praca linii produkcyjnej wymaga zagwarantowania niezawodności sprzętu produkcyjnego. Wiąże się z umiejętnością przewidywania uszkodzeń oraz ze sprawnym przywracaniem urządzeń do użytku po zaistniałej awarii. Kontrolę nad stanem technicznym maszyn, urządzeń i zaplecza sprawują służby utrzymania ruchu. Jest to codzienna, systematyczna praca wykonywana dla zapewnienia należytej sprawności infrastruktury technicznej, a co za tym idzie odpowiedniej jakości produktu, poziomu obsługi klienta, ochronę środowiska naturalnego.

Do zadań służb utrzymania ruchu należy analiza przyczyn awarii oraz podejmowanie działań prewencyjnych w celu zagwarantowania ciągłości pracy maszyn i urządzeń, a także planowanie napraw i remontów, nadzór nad usuwaniem awarii oraz modernizacją maszyn i urządzeń, zarządzanie stanem magazynowym części zamiennych, nadzór nad dokumentacją techniczną, analiza i kontrola wydatków.

Działania na zasadzie reakcji, czyli naprawa po zaistniałej awarii wiąże się z wysokimi kosztami oraz niskim poziomem jakości, dlatego przedsiębiorstwa stosują jedną z wymienionych poniżej metodyk1.

- Time Based Maintenance (TBM) gdzie obsługa zależna jest od czasu, czyli wykonywanie remontów i inspekcji odbywa się w ściśle określonych odstępach czasowych,

- Condition Based Maintenance (CBM) model remontowy zakładający, że możliwość wystąpienia awarii nie jest bezpośrednio zależna od wieku urządzenia, ale także od sposobów jego produkcji i eksploatacji. Model ten uruchamia działania w momencie, gdy zostaną stwierdzone warunki wskazujące na potrzebę ich wykonania.

- TPM (Total Productive Maintenance) – całościowe utrzymanie ruchu zorientowane na produktywność. Definiuje się jako obsługę konserwacyjną maszyn i urządzeń realizowaną wewnątrz całego przedsiębiorstwa przez operatorów i personel odpowiedzialny za utrzymanie ruchu.

- Reliability Centered Maintenance to procedura polegająca na określaniu niezbędnych działań utrzymania w sprawności eksploatacyjnej urządzenia lub maszyny z uwzględnieniem warunków użytkowania. Pod uwagę brane jest ich znaczenie dla przebiegu procesu produkcyjnego i jakości wyrobu. Uwzględniana jest także kwestia warunków pracy, stanu technicznego oraz historia eksploatacji maszyny.

Wśród opisanych modeli coraz częściej zastosowanie znajduje TPM wiążąca się z lean management. Opiera się o zasadę trzech zer dotyczących awarii braków i wypadków przy pracy. Następuje tu ścisłe powiązanie pracy i przepływu danych między maszyną i człowiekiem. Zwiększanie efektywności pracowników następuje poprzez poszerzenie ich umiejętności i wiedzy – co przekłada się na zwiększenie odpowiedzialności. Jeżeli chodzi o maszyny, to pracowników powinny koncentrować się na utrzymaniu ich w stanie wysokiej dostępności tak, aby dział utrzymania ruchu otrzymywał od operatorów informacje o stanie całego parku w celu zaplanowania działań.

Działy utrzymania ruchu wyposażane są obecnie w programy komputerowe pozwalające na optymalizację działań w celu zapewnienia ciągłości działania. Dotyczą między innymi ewidencji maszyn, ich napraw i kosztów. Zawierają narzędzia do analiz niezawodnościowych, ryzyka, wydajności, rentowności.

Maszyny i urządzenia powinny podlegać okresowo wykonywanym czynnościom wynikającym z dokumentacji techniczno-ruchowej, ale także z logiki i doświadczenia operatorów opisanym harmonogramem przeglądów. Bardzo ważnym jest staranne i systematyczne prowadzenie rejestru maszyn i urządzeń, gdzie oprócz numeru identyfikacyjnego znajdują się informacje dotyczące licznika roboczogodzin, terminu ostatniego i następnego badania UDT czy innych wymaganych diagnostyk.

W przypadku sytuacji kryzysowej (awaria, wypadek) powinna następować jednoznaczna identyfikacja osoby odpowiedzialnej za stan maszyn i urządzeń. Wiadomym powinno być gdzie znajdują się DTR, instrukcje, schematy, deklaracje zgodności.

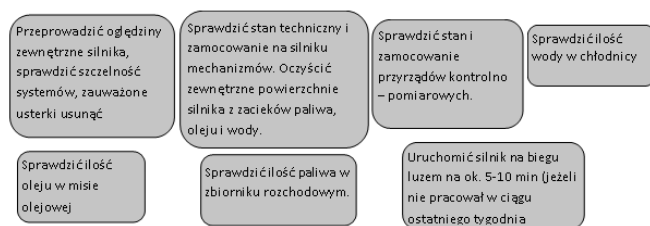
Utrzymanie ruchu obejmuje trzy podprocesy: przygotowanie maszyn do pracy, naprawę oraz konserwację. Przygotowanie maszyn do pracy umożliwia sprawne przejście już gotowej i przystosowanej do pracy przy danej produkcji maszyny przez pracownika. Naprawa występuje tylko w przypadku zaistnienia awarii maszyny i jest dokonywana osobiście przez konserwatora lub w szczególnie skomplikowanych przypadkach przez serwisanta.

Konserwacja następuje według planu konserwacji i w oparciu o analizę harmonogramu produkcji. Przy jej przeprowadzeniu konserwator korzysta z własnej wiedzy i doświadczenia jako determinantów jej prawidłowego wykonania.

## Przejście z dokumentacji tradycyjnej do modelowania procesów w notacji Business Process Management System

Analizowane przedsiębiorstwo zgodnie z wymaganiami prawnymi oraz określonymi przez producentów w dokumentacji techniczno – ruchowej poddaje urządzenia i maszyny przeglądowi technicznemu. Przeglądy mogą być wykonywane w ujęciu okresowym lub ze względu na przepracowaną ilość godzin. Ze względu na fakt, iż park maszynowy wykorzystywany jest bardzo intensywnie przeglądy wykonywane są w kilku klasach.

Przykładowo silnik łodzi motorowej obejmuje pięć wariantów czasowych. Czynności wykonywane powinny być według schematu (rys.1). Pierwszy z nich dotyczy przeglądu codziennego polegającego na przeprowadzeniu oględzin zewnętrznych i sprawdzeniu szczelności systemów. Kolejnym jest przegląd po każdym 50 godzinach pracy. Polega na sprawdzeniu oleju w pompie wtryskowej, nasmarowaniu łożysk, usunięciu zanieczyszczeń z odstoju paliwa, oczyszczeniu filtra powietrza oraz sprawdzeniu naciągu paska klinowego. Trzeci wariant wykonywany po każdym 200 godzinach pracy uzupełnia poprzedni o wymianę oleju oraz filtrów w silniku i pompie wtryskowej, a także oczyszczeniu osadnika paliwa oraz odpowietrznika. Przegląd po 500 godzinach uzupełnia przegląd drugi sprawdzenie i wyregulowanie luzów zaworowych i wtryskiwaczy. Ostatni wariant polega na wykonaniu przeglądu po 2000 godzinach pracy. Obejmuje wszelkie dotychczas opisane czynności, a także oczyszczenie układu chłodzenia oraz sprawdzenie szczelności pomp.



Rys. 1. Zakres czynności wykonywanych podczas przeglądu silnika

Czynności takich wykonywanych jest wiele. Na każdym wydziale powinny znajdować się zestawienia list kontrolnych przeglądów czasowych. Przykładowy arkusz zawiera rys 2.

Lista kontrolna	Rodzaj Przeglądów	Przeładnia redukcyjno-nasarczna	System paliwowy i olejowy	System PPOZ	Linia waha	Urządzenie sterowne	Instalacja elektryczna	Prostowniki
Codzienne								
Przeprowadzić oględziny zewnętrzne		X		X	1		X	X
Sprawdzić stan techniczny i zamocowanie do silnika		X						
Sprawdzić oraz obrotów zaworów, granicy oraz zasuw			X					
Sprawdzić szczelność na wszystkich połączeniach			X					
Zmierzyć stany zapasów paliwa i olejów			X					
Sprawdzić poziom oleju w przekładni		X						
Typodniowy								
Wymienić olej w przekładni		X			2			
Sprawdzić stan chłodnicy w oleju przekładni		X						
Sprawdzić zawór sterujący		X						
Sprawdzić obrotowe pompy ręczne			X					
Sprawdzić obecność i stan gumowych uszczelnień				X				
Sprawdzić czy nie ma poślizgu na tarczach ciernych sprzęgła		X						
Miesięczny								
Odłożyć do przeglądu jedno łożysko					X			
Sprawdzić stan i zamocowanie uzmierni							X	X
Sprawdzić bezpieczniki								
Kwartalny								
Sprawdzić i odczytać sondy i wskaźniki pomiaru			X					
Sprawdzić stan techniczny zaworów					X			
Roczny								
Wymienić olej w łożyskach oporowych					X			
Oczyszczyć i zamalować miejsca skorodowane			X					

Rys. 2. Przykład wydziałowej listy kontrolnej

Planowanie zadań utrzymania ruchu wymaga wykonania wielu procedur oraz sprawdzania terminów ich realizacji. Listy kontrolne przy stanowiskach pracy informują operatorów o konieczności wykonywania badań. Jednak całościowe zarządzanie całym procesem w zakresie utrzymywania gotowości do pracy należy do kompetencji kierowników działu UR. To zarządzanie nie polega tylko na zatrudnianiu mechaników potrzebnych do przeprowadzania przeglądów, ale na systematycznej kontroli postępów prac.

Zadaniem osoby kontrolującej jest sprawdzenie poprawności wykonania poszczególnych zadań oraz stworzenie stosownej dokumentacji. Funkcje kontrolne sprawują działy UR, ale także ochrony pożarowej oraz BHP.

Nowoczesne podejście dotyczy modelowania procesów i przewidywania możliwych dróg postępowania. Zastosowanie modelu biznesowego pozwoli na uzyskanie pełnego obrazu, sklasyfikowanie czynności oraz da możliwość analizowania przebiegów i skazywania dróg optymalizacji.

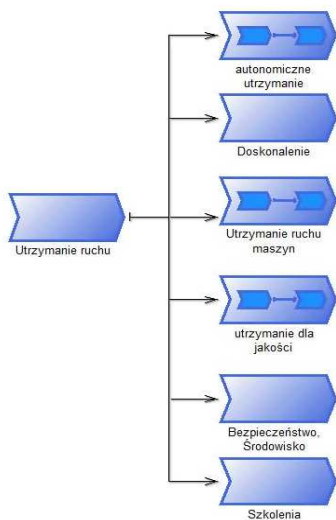
Modelowanie procesów odbywa się w sposób hierarchiczny począwszy od zobrazowania całego zadania, a następnie dekompozycji na obszary składające się z procesów.

Dzięki analizie komputerowej możliwe jest dobranie parametrów i zapytań do analizowanych sytuacji.

Istnieje wiele narzędzi komputerowych wspomagających tworzenie modeli biznesowych. Dla potrzeb analizowanego przedsiębiorstwa zastosowano notację BPMS (Business Process Management System) wykorzystywaną w programie Adonis.

W analizowanym przedsiębiorstwie zaproponowano całościowe utrzymanie ruchu zorientowane na produktywność Total Productive Maintenance. Zidentyfikowano procesy charakterystyczne dla każdego z zadań, co przedstawia rys. 3. Pozwala to na analizowanie wariantów realizacji zadań oraz wizualizację

przepływu dokumentów w procesie dzięki przeglądowi referencji. System dba o spójność danych wymuszając aktualizacje informacji na wszystkich poziomach. Model został uzupełniony o dane ilościowe takie jak czasy wykonania, identyfikację osób odpowiedzialnych za wykonanie czynności, stan maszyn i urządzeń, ilość dni roboczych w roku, czas pracy, które posłużą do dalszych analiz i symulacji. Zostały również określone poziomy ryzyka i zadania kontrole.



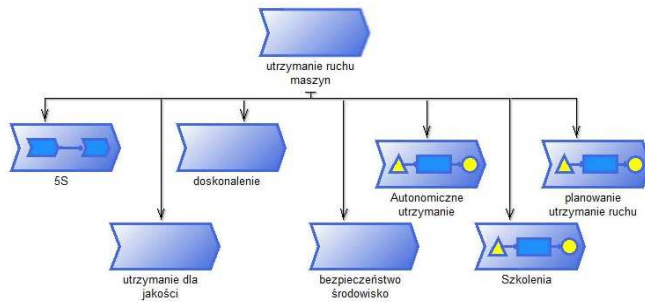
Rys. 3. Główny poziom działań dla Total Productive Management

Mapa pokazuje procesy na różnych poziomach. Przedstawia, jakie procesy występują w wyznaczonym obszarze działalności oraz zależności pomiędzy nimi wraz z przepływami wartości. Pozwala tworzyć warianty procesów oraz wizualizować przepływ dokumentów w procesie dzięki przeglądowi referencji.

Rozbicie zadań na szczegółowe procesy daje możliwość analizy i określenie wpływu konkretnego zadania w całym procesie podejmowania decyzji.

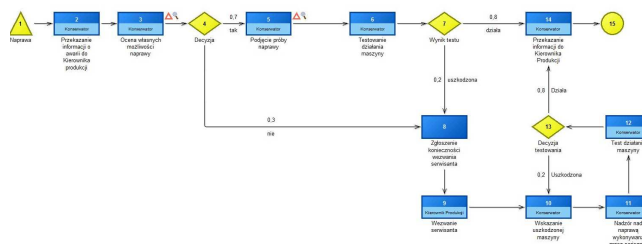
Każda z ikon przedstawionych na rysunkach zawiera ciąg zadań do wykonania wraz ze specyfikacją wykorzystywanych zasobów. Przykładowo Utrzymanie maszyn ruchu składa się z siedmiu podzadań (rys 4).

Daje to możliwość stworzenia rozbudowanej sieci z czego ikona modelu staje się hiperlinkiem do obiektu zawierającego konkretne działania do wykonania dla konkretnego wariantu przeglądu.



Rys. 4. Mapa procesów - poziom dla utrzymania ruchu maszyn i urządzeń

Sieć połączeń jest na tyle szczegółową iż trudno ją zaprezentować w formie graficznej z poziomu edytora tekstu. Dlatego na rys 5 zaprezentowano fragment modelu odpowiedzialnego za naprawę dla którego przeprowadzono analizę pod kątem długości przebiegu poszczególnych dróg postępowania.



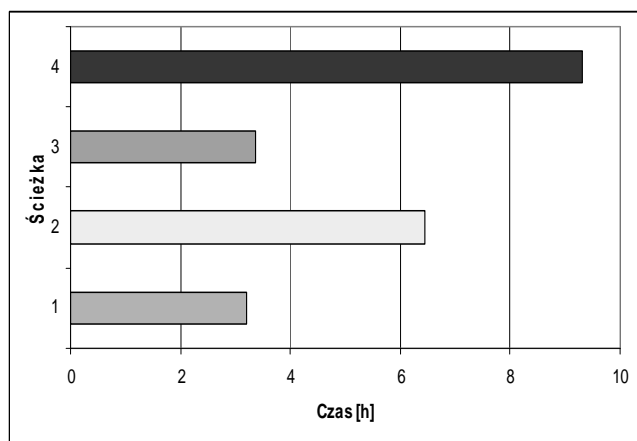
Rys. 5. Mapa procesu dla zadania Naprawa

W wyniku analizy poszczególnych wariantów postępowania uzyskano czasy wykonywania czynności ze wskazaniem zasobów odpowiedzialnych za ich wykonanie. Analizowane przedsiębiorstwo zatrudnia operatora, który jest odpowiedzialny za naprawę maszyny w przypadku jej awarii. Operator dokonuje mniejszych napraw natomiast w bardziej skomplikowanych przypadkach wzywany jest serwisant, przez co postój maszyny się wydłuża. To z kolei ma negatywny wpływ na przebieg procesu produkcyjnego oraz generuje dodatkowe straty w wyniku przestoju.

Podstawowe analizy z przebiegów czasowych wskazują obszary w których należałoby przeprowadzić działania wpływające na eliminację niepotrzebnych przestojów maszyn. Jednym z zaproponowanych działań przeciwdziałających niepotrzebnym przestojom maszyn może być zapewnienie operatorom szeregu bardziej specjalistycznych szkoleń związanych z konserwacją i naprawą maszyny. Zaowocowałoby sprawniejszym funkcjonowaniem całego przedsiębiorstwa.

Z przeprowadzonych dalszych analiz również wynika fakt zatrudnienia dodatkowych wykwalifikowanych osób.

Analizę przeprowadzono w programie Adonis, który jest narzędziem oferującym całościowe wsparcie dla zarządzania procesami. Wyniki analizy poszczególnych przebiegów ścieżki zamieszczone na rys 6.



Rys. 6. Przebieg czasowy dla wariantów rozwiązań zadania Naprawa maszyn

Tworzenie modelu jest procesem czasochłonnym, wymaga wiedzy na temat funkcjonowania procesów i przepływu informacji. Jednak możliwości generacji analizy, raportów i statystyk są ogromne. Dają możliwość automatycznej generacji list kontrolnych, protokołów i wizualizacje zadań według wskazanych kryteriów. Rozbicie zadań na szczegółowe procesy daje możliwość analizy i określenie wpływu konkretnego zadania w całym procesie podejmowania decyzji.

Dzięki wykonaniu i analizie modeli identyfikowane zostają procesy gospodarcze, określane są możliwości ich optymalizacji, ale jest to także forma dokumentowania decyzji organizacyjnych. Wizualizacja procesów pozwala lepiej zrozumieć sposób działania procesów i ich umiejscowienie w systemie. Daje możliwość zwiększenia wydajności pracowników poprzez lepszą komunikację i identyfikację przepływu informacji. Wpływa na zwiększenie produktywności oraz adaptacji do dynamicznie zmieniających się potrzeb klientów. Zaproponowane zmiany spowodowały zwiększenie kontroli nad utrzymaniem ruchu w danym przedsiębiorstwie. Wyszukiwanie informacji stało się sprawniejsze. Wprowadzenie modeli procesów biznesowych daje sposobność rejestracji usterek i zdarzeń awaryjnych. Istnieje możliwość definiowania ekip naprawczych, które będą informowane o terminie przeglądów oraz o wystąpieniu awarii. Pracownicy jak

i kierownictwo mają pełną historię zapisów związanych z powstaniem usterki oraz reakcji na nią. Zawarte w modelu informacje o stanie maszyn dają możliwość dokonywania analiz pod kątem ilości i częstości wystąpienia ewentualnych awarii lub usterek.

## Wnioski

Awaria maszyn ma negatywny wpływ na przebieg procesu logistycznego w postaci przestojów maszyn realizujących kolejne operacje technologiczne, a także na pracowników obsługujących dane stanowiska.

Modelowanie procesów biznesowych pozwala na opisywanie działań w zakresie prognozowania, monitorowania i reagowania na zakłócenia w celu uzyskania wysokiego poziomu niezawodności maszyn i urządzeń i osiągnięcia zakładanych planów produkcyjnych.

Przedstawienie modelu przedsiębiorstwa za pomocą notacji BPMS pozwala na wizualizację procesów związanych z utrzymaniem ruchu w sposób zwięzły i zrozumiały. Daje możliwość stworzenia kompletnego modelu procesów biznesowych przedsiębiorstwa oraz jego analizy. Dzięki temu przedsiębiorstwo ma możliwość wykrycia obszarów, które w późniejszym czasie mogą w sposób negatywny wpłynąć na przebieg procesu produkcyjnego.

Analiza zaprezentowanego modelu możliwym pozwala na wyodrębnienie działań, ich ustandaryzowane i skazanie ścieżek doskonalenia procesów.

Dzięki sprawnie przeprowadzonemu modelowaniu uzyskać można wysoką sprawność maszyn i urządzeń poprzez eliminację awarii i defektów. Zaangażowanie wszystkich działów w planowanie, projektowanie, wykorzystanie i obsługę konserwacyjną powoduje przedłużenie żywotności parku maszynowego oraz maksymalizację efektywności posiadanego wyposażenia, poprzez identyfikację procesów i odpowiedzialności.

## Streszczenie

Celem procesów logistycznych w przedsiębiorstwach jest efektywna i skuteczna koordynacja funkcjonowania.

Modelowanie systemów jest metodą, która w sposób całościowy pozwala na uzyskanie, w konkretnych warunkach, oczekiwanego i optymalnego efektu. W artykule przeanalizowano funkcjonowanie

działu utrzymania ruchu w przedsiębiorstwie produkcyjnym branży okrętowej w ramach Total Productive Maintenance. Stworzono model procesów biznesowych w notacji Business Process Management System odwzorowujący procesy wykonywane w zakresie utrzymywania ciągłości działania parku technologicznego.

### **Abstract**

---

*The aim of logistic processes in enterprises is an effective and efficient coordination of activities.*

*Systems modeling is a method that allows to obtain, under specified conditions, the expected optimum effect. The article examines the functioning of the maintenance department in a manufacturing company in the shipping industry Productive Total Maintenance. Developed model business processes mapping processes in maintaining the continuity of the technology park. Process model shows the path, identifies the responsibilities and minimizes the risk in the rapidly changing business environment.*

### **Literatura**

---

1. Dursiewicz M., *Zarządzanie Jakością wg nowych serii ISO 9000*, 3/2008
2. Legutko S., *Trendy rozwoju utrzymania ruchu urządzeń i maszyn*, Eksploatacja i niezawodność, 2/2009
3. Schmidt P., Frączkowski K., *Modelowanie procesów w ramach systemów SOA*, XXI Kongres IPMA, Kraków 2007
4. Kurasz J., *Kontrola maszyn i urządzeń. Przeglądy, naprawy, dostosowanie do wymogów UDT i PIP*, 11/2005
5. Wolski M., Dąbski W., Stasiak A.: *Modelowanie systemów informatycznych UML*, Wydawnictwo Naukowe PWN, 2009